T.C.

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PENICILLIUM DIGITATUM (CECT 2954), *PENICILLIUM ITALICUM* (CECT 2294) VE *PENICILLIUM NOTATUM* (NRRL 807) KÜFLERİNE KARŞI BAZI ESANSİYEL YAĞLARIN ANTİFUNGAL AKTİVİTELERİNİN BELİRLENMESİ

AHSEN ÖZDEMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Burhan ŞEN

EDİRNE-2025

Ahsen Özdemir'in hazırladığı **"*Penicillium digitatum* (CECT 2954), *Penicillium italicum* (CECT 2294) Ve *Penicillium notatum* (NRRL 807) Küflerine Karşı Bazı Esansiyel Yağların Antifungal Aktivitelerinin Belirlenmesi"** başlıklı bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından **BİYOLOJİ** Anabilim Dalında bir **Yüksek lisans tezi** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	İmza
Prof. Dr. Burhan ŞEN	……
Prof. Dr. Ahmet ASAN	……
Dr. Öğr. Üyesi Gülay GİRAY	……

Tez Savunma Tarihi: 04/07/2025

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

İmza

Prof. Dr. Burhan ŞEN

Tez Danışmanı ……

İmza

Dr. Öğr. Üyesi Gülçin ÖZCAN ATEŞ

İkinci Tez Danışmanı ……

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

……

Doç. Dr. Filiz UMAROĞULLARI

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

T. Ü. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

DOĞRULUK BEYANI

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında, tüm verilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini, kullanılan verilerde tahrifat yapılmadığını, tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını, kullanılan tüm literatür bilgilerinin bilimsel normlara uygun bir şekilde kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını ve bu tezin tamamı ya da herhangi bir bölümünün daha önceden Trakya Üniversitesi ya da farklı bir üniversitede tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim..

04 / 07 / 2025

Ahsen Özdemir

Yüksek Lisans Tezi

Penicillium digitatum (CECT 2954), *Penicillium italicum* (CECT 2294) Ve *Penicillium notatum* (NRRL 807) Küflerine Karşı Bazı Esansiyel Yağların Antifungal Aktivitelerinin Belirlenmesi

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı

ÖZET

Bu çalışmada, tarımsal ürünlerin depolama sürecinde yaygın olarak karşılaşılan *Penicillium digitatum* (CECT 2954), *Penicillium italicum* (CECT 2294) ve *Penicillium notatum* (NRRL 807) türlerine karşı, ticari olarak temin edilen 138 adet sabit ve esansiyel bitki yağının antifungal etkileri değerlendirilmiştir.

Agar difüzyon, mikrodilüsyon ve radyal büyüme inhibisyonu yöntemleri kullanılarak yürütülen analizler sonucunda, toplam 12 yağın bu türlerden en az birine karşı antifungal aktivite gösterdiği tespit edilmiştir.

Özellikle kekik yağı (80), tüm test edilen türlere karşı 1 µL/mL konsantrasyonda hem fungisidal hem de uzun süreli inhibitör etki göstermiştir. Limon ve nane yağları ise fungistatik etki göstermiş ve zamanla etkilerinde azalma gözlemlenmiştir. Ayrıca bazı yağların yalnızca belirli *Penicillium* türlerine karşı sınırlı etkili olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bulgular, literatürle büyük ölçüde örtüşmekte olup bazı yeni katkılar da sunmaktadır.

Sonuçlar, kekik yağı başta olmak üzere bazı esansiyel yağların doğal antifungal ajanlar olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir. Ancak bu yağların uçucu bileşik içerikleri nedeniyle etkinliklerinin zamanla azalabildiği göz önünde bulundurularak, taşıyıcı sistemler ve kontrollü salınım gibi ileri teknolojilere ihtiyaç duyulmaktadır.

Yıl : 2025

Sayfa Sayısı : 64

Anahtar Kelimeler : *Penicillum*, depo küfü, esansiyel yağ, antifungal aktivite, agar kuyu difüzyon, Minimum İnhibitör Konsantrasyon (MİK), Minimum Fungisidal Konsantrasyon (MFK).

Master's Thesis

Determination of Antifungal Activities of Some Essential Oils Against *Penicillium digitatum* (CECT 2954), *Penicillium italicum* (CECT 2294) and *Penicillium notatum* (NRRL 807)

Trakya University Institute of Natural and Applied Sciences

Department of Biology

ABSTRACT

In this study, the antifungal effects of 138 commercially obtained fixed and essential plant oils were evaluated against *Penicillium digitatum* (CECT 2954), *Penicillium italicum* (CECT 2294), and *Penicillium notatum* (NRRL 807), which are commonly encountered during the storage of agricultural products.

As a result of the analyses conducted using agar diffusion, microdilution, and radial growth inhibition methods, a total of 12 oils were found to exhibit antifungal activity against at least one of these species.

In particular, thyme oil (80) demonstrated both fungicidal and long-lasting inhibitory effects at a concentration of 1 µL/mL against all tested species. Lemon and peppermint oils, on the other hand, exhibited fungistatic effects, with a noticeable decline in efficacy over time. Additionally, some oils were found to be only moderately effective against specific Penicillium species. The findings largely align with the existing literature, while also providing some novel contributions.

The results indicate that certain essential oils, particularly thyme oil, can be considered as natural antifungal agents. However, considering that their efficacy may decrease over time due to the volatility of their active compounds, advanced technologies such as carrier systems and controlled release are needed.

Year : 2025

Number of Pages : 64

Keywords : *Penicillium*, storage microfungus, essential oil, antifungal activity, agar well diffusion, Minimum Inhibitory Concentration (MIC), Minimum Fungicidal Concentration (MFC).

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca yardımlarını ve tecrübelerini benimle paylaşan, ilgi ve desteğini gördüğüm değerli danışman hocam Prof. Dr. Burhan ŞEN'e (Trakya Üniversitesi) ve tez sürecinde akademik birikimlerini ve desteklerini esirgemeyen çalışmamın gelişimine önemli katkılarda bulunan değerli ikinci danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Gülçin ÖZCAN ATEŞ'e (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi) en içten teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalışmalarım boyunca bana destek olan Goulsoum OUZEIR yardımları ve motivasyonları için teşekkür ederim.

Yüksek lisans sürecim boyunca bana her zaman inanan, yanımda olan ve manevi desteklerini esirgemeyen canım annem Gülsen ORHAN'a, kıymetli teyzelerime ve nişanlım Akın ŞENGÜL'e sonsuz teşekkür ederim.

Ahsen ÖZDEMİR

İÇİNDEKİLER

ÖZET iv
ABSTRACT vi
TEŞEKKÜR viii
İÇİNDEKİLER ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ xi
ŞEKİLLER DİZİNİ xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ xv
BÖLÜM 1 1
GİRİŞ 1
BÖLÜM 2 4
GENEL BİLGİLER 4
2.1. *Penicillium* ve Depo Küfü Olarak Önemi 4
2.2. Bitki Sabit ve Esansiyel Yağları 6
2.3. Esansiyel Yağlar ve Gıda Korumada Kullanımı 8
BÖLÜM 3 11
KAYNAK ÖZETİ 11
BÖLÜM 4 14
MATERYAL VE METOD 14
4.1. Materyal 14
4.2. Metot 19

4.2.1. Spor Solüsyonlarının Hazırlanması 19
4.2.2. Agar Kuyu Difüzyon Yöntemi 21
4.2.3. Minimum İnhibitör Konsantrasyonun (MİK) ve Minimum Fungisidal Konsantrasyonun (MFK) Belirlenmesi 23
4.2.4. *Penicillium* Suşlarının Miselyum Radyal Büyümesi Üzerine Etkisi: 25
4.3. İstatistiksel Analizler 26
BÖLÜM 5 27
BULGULAR 27
BÖLÜM 6 39
SONUÇLAR VE TARTIŞMA 39
BÖLÜM 7 42
KAYNAKLAR 42
ÖZGEÇMİŞ 49

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

atm:	Atmosfer
CLSI:	The Clinical and Laboratory Standards Institute
DMSO:	Dimetilsülfoksit
EO:	Esansiyel yağlar
FAO:	Gıda ve Tarım Örgütü
FDA	ABD Gıda ve İlaç Dairesi
FO:	Bitki sabit yağları
g:	Gram
Kob:	Koloni oluşturan birim
MFK:	Minimum Fungisidal Konsantrasyon
MİK:	Minimum İnhibitör Konsantrasyon
mL:	Mililitre
mm:	Milimetre
O:	Ortalama
PDA:	Potato Dextrose Agar
Ppm:	Parts per million/milyonda bir birime
RPMI:	Roswell Park Memorial Institute
sd:	Standart sapma
Tween 80:	Polioksietilen Sorbitan Monooleat

v/v	Hacim/hacim
µL:	Mikrolitre
µg:	Mikrogram

Simgeler

%:	Yüzde
ºC:	Santigrat Derece

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.1. *Penicillium* izolatlarının PDA besiyerinde yedinci gün koloni üstü ve altı morfoloileri. Sırasıyla; *Penicillium italicum* (93), *P.digitatum* (42), *P. notatum*(6). 20

Şekil 4.2. Gelişen sporların Drigalski özesi ile kazınmasının ardından spor içeren solüsyonun steril boş kaplara alınması.....21

Şekil 4.3. McFarland densitometre ile 0.5 McFarland standardında inokülüm süspansiyonunun hazırlanması.....22

Şekil 4.4. a) Besiyerine 6 mm çapında kuyucukların açılması. b) Her bir kuyucuğa 20 µL FO veya EO uygulanması. 23

Şekil 4.5. *Penicillium italicum* (9) izolatına karşı 7, 15, 22 ve 36 numaralı esansiyel yağların; *P. digitatum* (6) izolatına karşı ise 44, 69, 70 ve 80 numaralı esansiyel yağların 96 kuyucuklu düz tabanlı mikroplakalar da minimum inhibitör konsantrasyon (MİK) görüntüleri. 24

Şekil 4.6. *Penicillium digitatum* (6), *P. italicum* (10) ve *P. notatum* (2) izolatlarının, 80 numaralı esansiyel yağın damlatma ekim yöntemiyle PDA besiyerine ekim görüntüsü. 25

Şekil 5.1. Agar kuyu difüzyon yöntemiyle elde edilen *Penicillium italicum* (93), *P. digitatum* (42) ve *P. notatum* (6) izolatlarında pozitif kontrol olarak kullanılan amfoterisin B'nin koloni altı ve üstü zon görüntüleri…….28

Şekil 5.2. Agar kuyu difüzyon yöntemiyle elde edilen *Penicillium italicum* (93), *P. digitatum* (42) ve *P. notatum* (6) izolatlarının ardıç katranı (7) esansiyel yağına karşı koloni altı ve üstü zon görüntüleri. 28

Şekil 5.3. Agar kuyu difüzyon yöntemiyle elde edilen *Penicillium italicum* (93), *P. digitatum* (42) ve *P. notatum* (6) izolatlarının limon (86,87) esansiyel yağlarına karşı koloni altı ve üstü zon görüntüleri. 29

Şekil 5.4. Agar kuyu difüzyon yöntemiyle elde edilen *Penicillium italicum* (93), izolatının kekik (80) ve nane (96,97) esansiyel yağlarına karşı koloni altı ve üstü zon görüntüleri. 29

Şekil 5.5. Agar kuyu difüzyon yöntemiyle elde edilen *Penicillium italicum* (93), *P. digitatum* (42) ve *P. notatum* (6) izolatlarının menekşe (93), nane (96, 97) esansiyel yağlarına karşı koloni altı ve üstü zon görüntüleri. 30

Şekil 5.6. Agar kuyu difüzyon yöntemiyle elde edilen *Penicillium italicum* (93) ve *P. notatum* (6) izolatlarının nane (127) esansiyel yağına karşı koloni altı ve üstü zon görüntüleri. 31

Şekil 5.7. Agar kuyu difüzyon yöntemiyle elde edilen *P. notatum* izolatının avokado (15) esansiyel yağına karşı koloni altı ve üstü zon görüntüleri. 32

Şekil 5.8. Kekik yağının (80) *Penicillium notatum* (NRRL 807) küfüne karşı 21. gün sonunda radyal inhibisyonu.....36

Şekil 5.9. Kekik yağının (80) *Penicillium digitatum* (CECT 2954) küfüne karşı 21. gün sonunda radyal inhibisyonu.....37

Şekil 5.10. Kekik yağının (80) *Penicillium italicum* (CECT 2294) küfüne karşı 21. gün sonunda radyal inhibisyonu.....37

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Bazı kontaminant *Penicillium* türlerinin gelişimini önleyen esansiyel yağ çeşitleri. 6

Çizelge 2.2. Esansiyel yağ içeren bitki parçaları (Tongnuanchan & Benjakul, 2014). 7

Çizelge 2.3. Esansiyel yağların antifungal özellikleriyle ilgili yapılan çalışmalar (Mutlu-Ingok, Devecioglu, Dikmetas, Karbancioglu-Guler, & Capanoglu, 2020)..... 9

Çizelge 4.1. Çalışmada antifungal aktivitesi araştırılan bitki sabit ve esansiyel yağları……..15

Çizelge 5.1. Antifungal aktiviteye sahip bitki sabit ve esansiyel yağlar……..……33

Çizelge 5.2. MİK ve MFK değerleri µL/mL..... 34

Çizelge 5.3. İnkübasyonun 5., 14. ve 21. Günlerinde radyal büyümenin inhibisyonu (%) 35

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Hızla artan dünya nüfusu, gıda talebinde ciddi bir yükselişe neden olmuş ve bu durum tarımsal üretimin artırılmasını zorunlu kılmıştır. Tarımsal üretimdeki bu artış, bitkisel ürünlerin verimliliğini korumak ve artırmak amacıyla hastalıklar, zararlılar ve yabancı otlarla mücadelede kimyasal maddelerin kullanımını yaygınlaştırmıştır. Ancak bu kimyasalların bilinçli ya da bilinçsiz şekilde kullanımı, çevresel kirlilik ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır (Çavuşoğlu, Kasım, & Kasım, 2021).

Tarım ürünlerinin hasat sonrası dönemde karşılaştığı en önemli sorunlardan biri mikrobiyal bozulmalardır. Bu bozulmaların başlıca etkenlerinden biri olan küf mantarları, ürünlerin raf ömrünü kısaltmakta, kaliteyi düşürmekte ve önemli ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Özellikle meyve ve sebzelerde görülen fungal enfeksiyonlar, gıda güvenliği açısından da önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Gıda ve Tarım Örgütü'ne (FAO) göre, gıdalarda oluşan; küfler ve toksik metabolitleri dünya çapında tarımsal gıda maddelerinde yaklaşık %25 kayba neden olmaktadır. (Bhunia, 2018)

Özellikle turunçgil meyvelerinde yaygın olarak görülen *Penicillium digitatum* (Pers.) Sacc. 1881 ve *P. italicum* Wehmer 1894, hem üretici hem de tüketici açısından büyük sorun oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra, gıdalarda ve iç ortamlarda rastlanabilen *P. notatum* Westling 1910, da alerjik ve toksijenik etkileriyle dikkat çekmektedir.

Küflerin ürettiği ikincil metabolitler olan mikotoksinlerin insan sağlığı üzerinde olumsuz etkisi de bulunmaktadır (Çavuşoğlu, Kasım, & Kasım, 2021). Bu türlerin kontrolünde yaygın olarak kullanılan kimyasal fungisitler, zamanla direnç gelişimi,

kalıntı bırakma ve çevreye zarar verme gibi nedenlerle eleştirilmektedir. Söz konusu olumsuzluklar, günümüzde insan ve çevre sağlığını tehdit etmeyen, daha güvenli ve sürdürülebilir alternatif çözümlere olan gereksinimi artırmıştır.

Bu bağlamda, insan ve çevre sağlığını tehdit etmeyen, tarımsal üretimde sürdürülebilirliği sağlamak ve hasat sonrası kayıpları en aza indirmek amacıyla alternatif ve çevre dostu yöntemlerin araştırılması büyük önem taşımaktadır. Bu durum ise, alternatif doğal bileşiklere olan ilgiyi arttırmış ve özellikle bitkisel kaynaklı ekstraktlar ile esansiyel yağlar son yıllarda yapılan araştırmalarda ön plana çıkmaktadır (Özcan, Yılar, Belgüzar, & Önen, 2013).

Esansiyel yağlar, literatürde uçucu ve eteri yağlar olarak da adlandırılmakta olup, Orta Çağ'dan beri hem hastalıkların tedavisi hem de gıdaların korunması ve tatlandırılması amacıyla kullanılmaktadır. Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de yüzyıllardan beri halk arasında, tıbbi ve aromatik bitkilerin ve bunlardan elde edilen esansiyel yağların ve ekstraktların kullanımını tekrar ön plana çıkarmıştır. Özellikle son yıllarda sentetik katkı maddelerinin olası tehlikelerine dair artan farkındalık, tüketicilerin doğal kaynaklı bileşenlere yönelimini teşvik etmiş; bu da esansiyel yağların gıda, meşrubat, ilaç, sanitasyon, parfümeri, kozmetik ve tarım vs. sektörlerinde kullanımı önemli ölçüde arttırmıştır. Bundan dolayı doğal katkı maddelerinin önemi her geçen gün artmaktadır (Bayaz , 2014).

Esansiyel yağların; antibakteriyel, antifungal, antiviral, antimutajenik ve antioksidan özelliklerine yönelik araştırma sonuçları genel olarak olumludur. Bu nedenle bitkilerden elde edilen uçucu yağ ve ekstrakt kullanımının etkili çözüm yollarından biri olabileceği kabul görmektedir. Bitki esansiyel yağlarının genelinde mutajenik etkinin görülmemesinden dolayı, bu yağların birçok sentetik gıda katkı maddesinin yerine kullanılabilecek doğal ve güvenilir bir seçenek sunduğu kabul edilmektedir (Bayaz , 2014).

Bu çalışmada, meyve ve sebzelerde hasattan sonra oluşan fungal enfeksiyonlara sebep olan *Penicillium digitatum* (CECT 2954), *Penicillium italicum* (CECT 2294) ve *Penicillium notatum* (NRRL 807) küflerine karşı, online alışveriş ve aktarlardan temin edilen bitki sabit yağları (FO) ve esansiyel yağların (EO) antifungal aktivitesinin tespit edilmesinin üç adımda gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır:

i. Temin edilen 138 bitki sabit yağı (FO) ve esansiyel yağın (EO) antifungal aktiviteye sahip olup olmadığının agar kuyu difüzyon yöntemiyle belirlenmiştir.
ii. Antifungal aktiviteye sahip olduğu belirlenen FO ve EO'ların minimum inhibitör konsantrasyonlarının (MİK) ve minimum fungisidal konsantrasyonlarının belirlenmiştir.
iii. MİK ve MFK değeri belirlenen FO ve EO'ların test edilen küflerin radyal büyümesine olan etkisinin tespit edilmiştir.

BÖLÜM 2

GENEL BİLGİLER

2.1. *Penicillium* ve Depo Küfü Olarak Önemi

Penicillium türlerinin birçoğu toprak mikrofunguslarıdır. Bununla birlikte çürüyen meyvelerde, sebzelerde ve tohumlarda bulmaktadırlar. Dolayısıyla ekolojik nişlerde çürüme sürecinde önemli rol oynamaktadırlar (Felšöciová, Vukovic, Jeżowski, & Kačániová, 2020). *Penicillium* türleri, genellikle depo koşullarında karşılaşılan küf grubu içerisinde yer almaktadır. Gelişen küf türleri, oranları ve bunların sentezlediği mikotoksin çeşitleri ile miktarları; ürünün fiziksel yapısı, kimyasal bileşimi, içerdiği nem düzeyi ve bulunduğu çevresel iklim koşullarına bağlı olarak farklılık göstermektedir.

Penicillium cinsinin bazı üyeleri patulin ve sitrinin, rokfortin C veya ketoglobosinler gibi diğer birçok toksik metabolitinde başlıca üreticileridir (Felšöciová, Vukovic, Jeżowski, & Kačániová, 2020). Üreticisi olduğu diğer önemli mikotoksinler ise sırasıyla; izlanditoksin, ksantomegnin, luteosikrin, okratosin A, penisilik asit, PR-toksin, rubratoksin (A, B), rugulosin, siklopiazonikasit, sitrinin, sitreoviridin, sterigmatosistin ve viomellein'dir. Bu nedenle tarımsal ve gıda ürünlerde *Penicillium* gelişimi istenmeyen bir durum olup, sadece ürünlerde ekonomik kayıplara değil aynı zamanda gıda maddelerinde istenmeyen duyusal özellikler ve sağlık tehlikesine neden olabilmektedir (Zulu, ve diğerleri, 2023).

Ekonomik açıdan dünyada önemli meyve ürünlerinden olan turunçgiller, taze tüketim için tüketiciye ulaşmadan önce depolanan bir üründür. Bu ürünler depolama sürecinde fitopatojenlere ve fizyolojik bozulmalara karşı duyarlıdır. Yeşil ve mavi küfler

olan *Penicillium digitatum* ve *Penicillium italicum* ise narenciye ürünlerinde depolama dönemimde en önemli ve zararları olan türlerdir (Caccioni, Guizzardi, Biondi , Renda, & Ruberto, 1998); (Tao, Jia, & Zhou, 2014); (Trabelsi, Hamdane, Said, & Abdrrabba, 2016). *Penicillium digitatum* parazitik bir mikrofungus olup, özellikle hasat sonrası hasarlı meyvelerde kontaminasyona neden olur ve hasarlı meyvelerde olgunlaşmayı hızlandıran etilen üretimini artırır (Trabelsi, Hamdane, Said, & Abdrrabba, 2016); (Bangulzai, ve diğerleri, 2022). *Penicillium italicum* ise düşük sıcaklıklarda bile gelişen bir küf olup, sağlam meyvede zarar verebilir (Trabelsi, Hamdane, Said, & Abdrrabba, 2016).

Penicillium notatum (geçerli ismi *P. chrysogenum*) mantarı genellikle yüksek nemli ortamlarda bulunur ve penisilin ve diğer birkaç değerli antibiyotik kaynağıdır (Shaaban, Elnaggar, Khalil , & Singab, 2023). Her ne kadar bu tür yaygın bir mikotoksin üreticisi olmasa da bazı suşlarının oksalik asit, roquefortin C gibi toksik bileşikleri sentezleyebildiği bildirilmiştir (Tunail, 2000). *P. chrysogenum* genellikle mavi-yeşil renk üretir, bazen ek sarı pigment görüntüsü ile iyi bilinen bir alerjen ve bitki patojenidir (Li, ve diğerleri, 2023). Özellikle ekmek, meyve ve sebzelerde ürünün bozulmasına neden olur. Gıdalarda gözlenen bu bozulma hem ekonomik kayba ve insanlarda sağlık riskine yol açabilir. Son yıllarda, *P. chrysogenum*'dan çok çeşitli doğal ürünler bildirilmiştir. Bunlar; alkaloidler, poliketidler, terpenoidler, pironlar, komarinler ve steroidlerdir (Jakovljević , Milićević , Stojanović , Solujić , & Vrvić , 2014); (Lopes, ve diğerleri, 2013) (Özçakmak & Dervişoğlu, 2011)

Meyve ve sebzelerde hasattan sonra oluşan fungal hastalıkların kontrolünde sentetik fungusitler kullanılmaktadır. Bu patojenlerin kontrol edilmesi ve meyvelerin bozulması önlemek için benzimidazoller, aromatik hidrokarbonlar ve sterol biyosentez inhibitörleri gibi fungisitler kullanılmaktadır. Kullanılan kimyasal bu fungisitler hasat sonrası depolama sırasında fungal patojenleri karşı meyveleri korusa da fungal patojenler kullanılan bu maddelere karşı direnç (antifungal direnci) geliştirebilir. Direnç gelişimine bağlı olarak daha yüksek dozlarda fungisit madde kullanımı olur ve dolayısıyla daha yüksek düzeyde toksik kalıntı kalmasına ve çevre kirliliğine neden olabilir. Daha yüksek toksik kalıntı ise, meyvelerin hemen tüketimi düşünüldüğünde insan sağlığı için ciddi sağlık riski oluşturmaktadır. Bu nedenle kimyasal toksit fungisitlere alternatif, güvenli, doğal ve biyolojik olarak parçalanabilen ürünlerin araştırılmasına ihtiyaç vardır. Bu amaçla son yıllarda bitkiler tarafından sentezlenen ve zararlı mikroorganizmalara karşı

savunma sistemini harekete geçirerek hastalıkların kontrolünü sağlayan esansiyel yağlar Çizelge 2.1 kullanılmaya başlanmıştır (Daferera, Ziogas, & Polissiou, 2000); (Yahyazadeh, Omidbaigi, Zare, & Taheri, 2008); (Tao, Jia, & Zhou, 2014).

Çizelge 2.1. Bazı kontaminant *Penicillium* türlerinin gelişimini önleyen esansiyel yağ çeşitleri.

***Penicillium* Türleri**	**Esansiyel yağlar ve etkili bileşikler**
P. italicum	*Salvia officinalis* (Pinto, Salgueiro, Cavaleiro, Palmeira, & Gonçalves, 2007) Thymol, 2-allylphenol, carvacrol, limonene, citral ve citronellal (Scora & Scora, 1998)
P. digatatum	Kekik otu, kekik ve karanfil (Daferera, Ziogas, & Polissiou, 2000); (Yahyazadeh, Omidbaigi, Zare, & Taheri, 2008) Thymol, 2-allylphenol, carvacrol, limonene, citral ve citronellal (Scora & Scora, 1998)
P. chrysogenum	*Thymus rariflorus* ve *T. serpyllum* Greyfurt, limon Defne yaprağı, buhur, kakule (Özçakmak & Dervişoğlu, 2011)
P. notatum	Carvacrol, cinnamaldehyde ve isothiocyanate (Özçakmak & Dervişoğlu, 2011)

2.2. Bitki Sabit ve Esansiyel Yağları

Son yıllarda oldukça aktif ve başarılı bir pazar haline gelen bitkisel (esansiyel ve sabit) yağlar endüstrisinde elde edilen ürünler gıda, tarım, kozmetik olmak üzere birçok farklı endüstride uygulama alanı bulmuştur. Bitkilerden elde edilen "doğal ürün" olmaları nedeniyle birçok kimyasal maddeye alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır (Ramsey, ve diğerleri, 2020).

Esansiyel yağlar genellikle bitkinin farklı kısımlarında (tohum, meyve, yaprak, dal, sap vb.) (Çizelge 2.2.) buhar distilasyonu ile edilir (Ramsey, ve diğerleri, 2020). Sabit yağlar (FO) ise genellikle organik çözücülerde çözünür olan reçineler ve mumlar gibi lipofilik bileşenler içeren uçucu olmayan yağdır (Daga, Vaishnav, Dalmia, & Tumaney, 2022). Bununla birlikte, esansiyel yağlarla ilgili çalışmalar mevcut iken (Ramsey, ve

diğerleri, 2020), sabit yağlar ile ilgili çalışmalar daha azdır ve keşfedilmemiştir (Daga, Vaishnav, Dalmia, & Tumaney, 2022).

Çizelge 2.2. Esansiyel yağ içeren bitki parçaları (Tongnuanchan & Benjakul, 2014).

Bitki Kısımları	**Alındığı bitkiler**
Yapraklar	Adaçayı, bakla kekik, biberiye, cajuput, çam, çay ağacı (tea tree), defne (laurel), fesleğen, kaffir lime, kekik (hem oregano hem de thyme türleri), lantana, lemon myrtle, lemon teatree, limon otu, may chang, melaleuca, nane (peppermint ve spearmint dahil), niaouli, okaliptüs, patchouli, petitgrain, sitronella, tarçın, tarhun ve wintergreen
Tohumlar	Anason, badem, hindistan cevizi, kakule, kimyon, havuç kereviz, kişniş, kimyon, maydanoz, rezene
Kabuk (bark)	Amyris, atlas sedir ağacı, himalaya sedir ağacı, kafur, gül ağacı, sandal ağacı, myrtle (mersin), guaiac ağacı
Taneler	Ardıç, yenibahar,
Reçine	Buhur (Frankincense), mür (myrrh)
Çiçekler	Ajowan, adaçayı, baccharises, gül, helichrysum (immortelle olarak da bilinir), hyssop, karanfil, kimyon, lavanta, manuka, marjoram sylvestris (yabanî mercanköşk), mercanköşk (marjoram), mavi solucan otu, neroli, papatya, palmarosa, paçuli (patchouli), portakal, rhododendron anthopogon, rosalina, sardunya, tarargon (tarhunla karıştırılmamalı), yasemin ve ylang ylang
Kabuk (peel)	Bergamot, greyfurt, kaffir misket limonu, limon, misket limonu, portakal, tangerin, mandarin
Kök	Angelica, kediotu, plai, spikenard, vetiver, zencefil, zerdeçal
Meyveler	Hindistan cevizi, karabiber, xanthoxylum

Esansiyel yağlar (EO) farklı kimyasal bileşenleri içeren karmaşık yapıdaki karışımlardır (Ramsey, ve diğerleri, 2020). Bir EO'da iyi analitik bir ekipman ile 400 madde tanımlanabilir. Hatta de Groot ve Schmidt (2016) 91 EO'da 4350 kimyasal bulunduğunu belirtmişlerdir (De Groot & Schmidt, 2016). FO ve EO'ların kimyasal

bileşimi ise üreticiler ve hatta aynı üreticinin ürettiği ürünler içinde de değişiklik gösterir. Bitkilerden elde edilen FO ve EO'ların kimyasal bileşimini bir seri faktör etkileyebilir. Bu faktörler arasında bitkinin yetiştiği bölge ve çevre koşulları, bitkinin toplandığı dönem, bitkinin yetiştiği toprak yapısı, bitkiye uygulanan zirai işlemler, işlem yapılıncaya kadar depolandığı yer ve koşulları, yağın elde edilme yöntemi, yağın bileşenlerinin analiz edildiği ekipman ve koşulları vb. yer almaktadır (Ramsey, ve diğerleri, 2020). Özellikle EO'ların bileşiminin yer alan bileşenler biyolojik aktiviteleri etkilediğinden dolayı gaz kromatografisi-kütle spektrometrisi (GC-MS) (kalitatif ve kantitatif) analizi ile bileşimlerinin belirlenmesi çok önemlidir (Daferera, Ziogas, & Polissiou, 2000).

Bitkilerden elde edilen FO ve EO'lar farklı biyolojik aktivitelere sahip olup, bu özelliklerinden dolayı alternatif ilaç, doğal terapi, farmakoloji, farmasötik botanik, tıbbi ve klinik mikrobiyoloji, fitopatoloji ve gıda koruma gibi farklı alanlarda kullanılmaktadır. FO ve EO'ların antialerjik, anti-aterosklerotik, antibakteriyel, antifungal, anti-inflamatuar, antikarsinojenik, antimutajenik ve antiviral gibi çeşitli biyolojik aktiviteleri vardır (Daferera, Ziogas, & Polissiou, 2000); (Felšöciová, Vukovic, Jeżowski, & Kačániová, 2020).

2.3. Esansiyel Yağlar ve Gıda Korumada Kullanımı

Gıda ürünlerinde mikroorganizma kontaminasyonu ve mikroorganizmaların ürettiği gıda kaynaklı hastalıklara ve intoksikasyonlara neden olmaktadır. Bu durum gıda endüstrisi için ciddi bir sorundur. Ayrıca gıda kontaminasyonu gıdaların bozulmasına yol açarak ekonomik kayıplara da neden olmaktadır. Bu nedenle gıda ürünlerinin hasat sonrası depolama sürecinde mikrobiyal kontaminasyonu ve mikroorganizmaların ürettiği toksinlerin üretimini engellemek amacıyla farklı sentetik kimyasal koruyucu maddeler kullanılmaktadır. Fakat kullanılan bu sentetik kimyasal koruyucuların sağlık üzerine olumsuz etkileri bulunmaktadır. Ayrıca çevresel sürdürebilirlik üzerine zararlı etkileri bulanmaktadır. Ek olarak çevresel kaynaklı mikroorganizmalarda antibiyotik-antifungal direnç gelişmesine neden olmaktadır.

Tüm bu etkiler nedeniyle bu koruyucu maddelerin kullanımı ile ilgili günümüzde tüketicilerin tepkisine yol açmaktadır. Sentetik kimyasal koruyucu bu maddelere alternatif olarak araştırmacılar doğal kaynaklardan bitkilerden elde edilen ekstraktlar ve

yağların kullanımı araştırmışlardır (Çizelge 2.3) (Bhavaniramya, Vishnupriya, Al-Aboody, Vijayakumar, & Baskaran, 2019); (Maurya, Prasad, Das, & Dwivedy, 2021).

Çizelge 2.3. Esansiyel yağların antifungal özellikleriyle ilgili yapılan çalışmalar (Mutlu-Ingok, Devecioglu, Dikmetas, Karbancioglu-Guler, & Capanoglu, 2020).

Esansiyel Yağ	**Mantar Kültürü**	**Yöntem**	**MİK/İnhibisyon[1]**
Carum carvi	*Aspergillus flavus*, *Botrytis cinerea*, *Penicillium italicum*, *Penicillium expansum*, *Penicillium commune*, *Rhizopus stolonifer*, *Rhizopus lyococcus*	Agar kaplama tekniği	500 ppm'de %100 inhibisyon
Citrus aurantifolia (mirim kireci)	*Botrytis cinerea*, *Penicillium digitatum*, *Trichoderma viride*	Mikro seyreltme	625 ila >2500 µg/mL
Citrus latifolia (tahiti limonu)	*Botrytis cinerea*, *Penicillium digitatum*, *Trichoderma viride*	Mikro seyreltme	625 ila >2500 µg/mL
Citrus limon (9icilya limonu)	*Botrytis cinerea*, *Penicillium digitatum*, *Trichoderma viride*	Mikro seyreltme	312 ila >2500 µg/mL
Citrus limonia (cravo lime)	*Botrytis cinerea*, *Penicillium digitatum*, *Trichoderma viride*	Mikro seyreltme	312 ila >2500 µg/mL
Kimyon otu	*Aspergillus ochraceus*, *Penicillium citrinum*, *Penicillium chrysogenum*, *Fusarium verticillioides*	Et suyu mikro seyreltme	1000–2000 µg/mL
Satureja khusiztanica	*Aspergillus niger*, *Botrytis cinerea*, *Penicillium digitatum*, *Rhizopus stolonifer*	Et suyu makrodilüsyonu	600–1200 µL/L

Çizelge 2.3. Esansiyel yağların antifungal özellikleriyle ilgili yapılan çalışmalar (devamı)

Esansiyel Yağ	**Mantar Kültürü**	**Yöntem**	**MİK/İnhibisyon[1]**
Timus leptobotyrs	*Geotrichum citri-aurantii*, *Penicillium digitatum*, *Penicillium italicum*	Agar seyreltme	<500 µL/L
Timus riatarum	*Geotrichum citri-aurantii*, *Penicillium digitatum*, *Penicillium italicum*	Agar seyreltme	<500–1000 µL/L
Thymus satureidos subsp. *psödomastikina*	*Geotrichum citri-aurantii*, *Penicillium digitatum*, *Penicillium italicum*	Agar seyreltme	<500–1000 µL/L
Zencefil otu	*Aspergillus flavus*, *Aspergillus fumigates*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus ochraceus*, *Penicillium citrinum*, *Penicillium chrysogenum*, *Fusarium verticillioides*	Mikro seyreltme	1250–2500 µg/mL

ABD Gıda ve İlaç Dairesi (Food and Drug Administration, FDA) gıda muhafazasında EO'ların kullanımı genel olarak güvenli kategori (generally recognized as safe, GRAS) olarak kabul etmiştir (Bhavaniramya, Vishnupriya, Al-Aboody, Vijayakumar, & Baskaran, 2019); (Maurya, Prasad, Das, & Dwivedy, 2021).

FO ve EO'ların geniş spektrumlu antibakteriyel, antifungal ve antimikotoksijenik aktiviteler sahip olduğundan dolayı, çiğ ya da pişmiş gıda ve tarım ürünlerinde gıdaların korunması ve raf ömrünün uzatılması ile ilgili ise literatürde birçok çalışma yapılmıştır (Hyldgaard, Mygind, & Meyer, 2012); (Mancini, ve diğerleri, 2014); (Tongnuanchan & Benjakul, 2014); (Elshafie & Camele, 2016); (Dwivedy, Prakash, Chanotiya, Bisht, & Dubey, 2017); (Kumar, ve diğerleri, 2018); (Bhavaniramya, Vishnupriya, Al-Aboody, Vijayakumar, & Baskaran, 2019); (Kumar, ve diğerleri, 2020); (Maurya, Prasad, Das, & Dwivedy, 2021).

BÖLÜM 3

KAYNAK ÖZETİ

Doğal kaynaklardan elde edilen esansiyel ve sabit yağların antimikrobiyal özellikleri son yıllarda giderek artan ilgi görmektedir. Bu bileşiklerin gıda koruma, farmasötik ve tarımsal uygulamalarda sentetik kimyasallara alternatif olarak değerlendirilmesi, özellikle depo küfleri gibi mikotoksin üreten mikroorganizmaların kontrolünde önemli bir yaklaşım haline gelmiştir.

Yahyazadeh ve arkadaşları (2008) Çeşitli bitkisel esansiyel yağların *Penicillium* türleri üzerindeki antifungal etkileri in vitro koşullarda değerlendirilmiştir., *Eugenia caryophyllata* (karanfil) ve *Thymus vulgaris* (kekik) esansiyel yağlarının, *Penicillium digitatum* miselyum büyümesini hem temas hem de buhar fazında tamamen inhibe ettiğini bildirmiştir. Özellikle 600 µL/L konsantrasyonda bu etki maksimum düzeye ulaşırken, *Salvia officinalis* (adaçayı) ve *Foeniculum vulgare* (rezene) yağlarının miselyum büyümesini artırdığı tespit edilmiştir.

Vitoratos ve arkadaşları (2013), yapılan in vitro ve in vivo deneyler sonucunda, 0,13 µL/mL konsantrasyonda kekik yağı varlığında *P. italicum* ve *P. digitatum*'un misel gelişiminin tamamen engellendiğini ve esansiyel yağların hasat sonrası fungal patojenlerin kontrolünde potansiyel taşıdığını ortaya koymuştur.

Tao ve arkadaşları (2014), *Citrus reticulata* esansiyel yağının *P. italicum* için ≥2,50 µL/mL, *P. digitatum* için ise ≥40,0 µL/mL konsantrasyonlarında miselyal büyümeyi tamamen inhibe ettiğini belirtmiş; ayrıca bu etkinin konsantrasyona bağlı olarak değiştiğini ifade etmişlerdir.

Trabelsi ve arkadaşları (2016), *Citrus aurantium var. amara* bitkisinden elde edilen esansiyel yağların, *P. italicum* ve *P. digitatum* izolatlarına karşı 6,25 – 50 mg/mL aralığında MİK değerleri ile antifungal aktivite gösterdiğini saptamışlardır. Ana bileşenlerden limonenin bazı durumlarda fungal büyümeyi artırıcı etkisi olduğu belirtilmiştir.

Mutlu-İngök ve arkadaşları (2020), çeşitli esansiyel yağların farklı fungal türler üzerindeki antifungal etkilerini değerlendirmiştir. *Carum carvi* (çörekotu) yağı, *Penicillium italicum* da dahil olmak üzere pek çok küf türüne karşı 500 ppm'de %100 inhibisyon sağlamıştır. Yine çalışmada *Citrus* türleri (*aurantifolia*, *latifolia*, *limon*, *limonia*) ile *Penicillium digitatum* ve diğer türler üzerinde mikro seyreltme yöntemine dayalı olarak 312–2500 µg/mL aralığında MİK değerleri raporlanmıştır. Ayrıca *Thymus* türleri (*leptobotrys*, *riatarum*, *satureioides*) ile *P. digitatum* ve *P. italicum* üzerine <500–1000 µL/L konsantrasyonlarında yüksek antifungal aktivite gösterilmiştir. Bu bulgular, özellikle kekik benzeri bitkilerin güçlü antifungal potansiyeline sahip olduğunu desteklemektedir.

Felšöciová ve arkadaşları (2020), on farklı esansiyel yağın çeşitli *Penicillium* türlerine karşı antifungal aktivitesini incelemiş; *Carum carvi* esansiyel yağının en güçlü inhibitör etkiyi gösterdiğini belirtmişlerdir. Diğer yağlar da türlere bağlı olarak farklı düzeylerde antifungal etki sergilemiştir.

Bangulzai ve arkadaşları (2022), narenciye ürünlerine zeytin, sarımsak, karanfil, neem, hint yağı ve susam yağı uygulayarak *P. digitatum* kontaminasyonunu test etmişlerdir. En etkili inhibitörün tüm konsantrasyonlarda %60,40 – %84,40 aralığında etkinlik gösteren karanfil yağı olduğu rapor edilmiştir.

Son olarak Karaton Kuzgun (2023), defne yaprağı esansiyel yağının balık filetolarında mikrobiyolojik kaliteyi artırarak raf ömrünü uzattığını, %1 konsantrasyonda uygulandığında istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.05$) sonuçlar elde edildiğini ortaya koymuştur.

Yukarıda özetlenen çalışmalar, esansiyel yağların antifungal potansiyelini ortaya koymakta ve bu doğal bileşiklerin, gıda koruma başta olmak üzere birçok alanda uygulanabilirliğini desteklemektedir. Bu bağlamda yürütülen bu tez çalışması, çeşitli

ticari bitkisel yağların *Penicillium digitatum*, *P. italicum* ve *P. notatum* küflerine karşı etkinliklerinin belirlenmesi açısından literatüre katkı sunmayı hedeflemiştir

BÖLÜM 4

MATERYAL VE METOD

4.1. Materyal

Çalışmada üç *Penicillium* suşu kullanıldı: *Penicillium digitatum* CECT 2954, *Penicillium italicum* CECT 2294 ve *Penicillium notatum* NRRL 807. Bu çalışmada kullanılan *Penicillium* suşları, Trakya Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Mikrobiyoloji Laboratuvarı'ndan sağlanmıştır. Bu çalışmada kullanılan küf türleri, *Penicillium* cinsine aittir ve isimlendirmelerinde güncel taksonomik kaynaklar esas alınmıştır.

Penisilin üretimiyle bilinen *Penicillium chrysogenum* (eşanlamlısı: *Penicillium notatum*), 1910 yılında Thom tarafından tanımlanmıştır.

Narenciye meyvelerinde yeşil küf çürüklüğüne neden olan *Penicillium digitatum*, ilk olarak Persoon tarafından tanımlanmış ve 1881 yılında Saccardo tarafından bugünkü adıyla sınıflandırılmıştır (*Penicillium digitatum* (Pers.) Sacc.).

Benzer şekilde, narenciyede mavi küf çürüklüğü etmeni olan *Penicillium italicum*, 1894 yılında Wehmer tarafından tanımlanmıştır. Tüm tür adları, MycoBank ve Index Fungorum gibi güvenilir mikolojik veri tabanları kullanılarak doğrulanmıştır.

Penicillium suşlarına karşı antifungal aktivitesi belirlenecek bitki sabit yağları (FO) ve esansiyel yağları (EO) online alışveriş ve aktarlardan temin edilmiş olup, Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Çalışmada antifungal aktivitesi araştırılan bitki sabit ve esansiyel yağları.

EO kodu	Ticari Adı	İçerik	Üretici Firma
1	Acı badem yağı	*Oleum amygdalus amara*	A
2	Acı Elma(ada çayı) yağı	*Oleum salvia triloba*	A
3	Acıbiber yağı	*Capsicum annuum oleum, helianthus annuus seed oleum*	B
4	Adıyaman nanesi	*Mentha pulegium, orange oil, lemon oil*	C
5	Anason yağı	*Oleum anise* (sabit yağı)	D
6	Anason yağı	*Oleum pimpinella anisum*	A
7	Ardıç katranı	*Pix juniperus oxicedrus*	A
8	Ardıç uçucu yağı	*Oleum juniperus communis*	A
9	Aspir yağı	*Carthamus tinctorious*	E
10	Aspir yağı	*Oleum carthamus tinctorius*	F
11	Aspir yağı	*Oleum carthamus tinctorius*	A
12	At kestanesi yağı	*Aesculus hippocastanum seed extract*	G
13	At kestanesi yağı	*Oleum aesculus hippocastanum*	A
14	At kestanesi yağı	*Horse chestnut oil*	H
15	Avakado yağı	-	K
16	Avakado yağı	*Oleum persea gratissima*	A
17	Aynı sefa yağı		L
18	Aynı sefa yağı	*Calendula officinalis flower oil*	F
19	Aynı sefa yağı	*Calendula officinalis flower oil*	M
20	Aynı sefa yağı	*Oleum calendula officinalis*	A
21	Badem yağı	*Prunus amygdalus dulcis oil*	E
22	Bergamut yağı	*Esence bergamide*	A
23	Biberiye yağı	*Oleum rosmarinus*	A
24	Buğday özü yağı	*Oleum triticum*	A
25	Buğday yağı	-	K
26	Ceviz yağı	-	K
27	Ceviz yağı	*Oleum juglans regia*	A
28	Çam terebentin esansı	*Oleum terebbintinae*	A
29	Çam terebentin yağı	*Turpentine*	E
30	Çam yağı	*Pinus palustris* (esansiyel yağ)	N
31	Çam yağı	*Oleum pinus sylvestris*	A
32	Çay ağacı yağı	*Oleum melaleuca alternifolia*	A

Çizelge 4.1. Çalışmada antifungal aktivitesi araştırılan bitki sabit ve esansiyel yağları(devamı).

EO kodu	Ticari Adı	İçerik	Üretici Firma
33	Çilek yağı	*Oleum fragaria vesca*	A
34	Çin yağı	*Menthe-chn oil*	A
35	Çörekotu yağı	-	O
36	Çörekotu yağı	*Nigella sativa seed oil*	P
37	Çörekotu yağı	*Oleum nigella sativa*	A
38	Çuha çiçeği yağı	*Oleum primula elatior*	A
39	Defne gar (tohumu) yağı		L
40	Defne gar (tohumu) yağı	*Oleum semen lauri*	A
41	Defne uçucu yağı	*Laurium oil*	A
42	Defne tohumu yağı		R
43	Fesleğen yağı	*Basil oil* (sabit yağ)	F
44	Fesleğen yağı	*Oleum Ocimum basilicum*	A
45	Fındık yağı	*Oleum corylus avellana*	A
46	Gül yağı	*Oleum rosa*	A
47	Hardal tohumu yağı	*Sinapsis alba*	S
48	Hardal yağı	*Oleum sinapis*	A
49	Haşhaş yağı	*Oleum papaveris*	A
50	Havlıcan yağı	*Oleum galangal* (uçucu yağ)	D
51	Havuç yağı	*Daucus carota sativa seed oil*	P
52	Havuç yağı	*Oleum daucus carotae*	A
53	Hindistan cevizi yağı	*Oleum cocos nucifera*	A
54	Hint yağı	*Ricinus communis seed oil, tocopheryl acetate*	T
55	Hint yağı	*Oleum ricinus communis*	A
56	Hodan yağı	*Oleum borago officinalis*	A
57	Isırgan tohumu yağı	*Oleum urtica sp*	U
58	Isırgan tohumu yağı	*Oleum semen urticae*	A
59	İğde yağı	*Elaegnus angustifolia oil*	A
60	Jojoba yağı	*Oleum simmondsia chinesis*	A
61	Kabak çekirdeği yağı	*Cucurbita pepo seed oil*	P
62	Kabak çekirdeği yağı	-	K
63	Kabak çekirdeği yağı	*Oleum semen cucurbitae* (sabit yağ)	F
64	Kabak çekirdeği yağı	*Oleum cucurbita*	A
65	Kakao yağı	*Oleum cacao*	A

Çizelge 4.1. Çalışmada antifungal aktivitesi araştırılan bitki sabit ve esansiyel yağları(devamı).

EO kodu	Ticari Adı	İçerik	Üretici Firma
66	Kantaron yağı	*Oleum centaurium minus*	A
67	Karabaş otu yağı	*Lavandula cariensis oil*	F
68	Karabaş otu yağı	*Oleum lavandula cariensis*	A
69	Karabaş yağı	*Lavandula oil* (uçucu yağ)	D
70	Karabiber yağı	*Black pepper oil* (sabit yağ)	F
71	Karabiber yağı	*Oleum piperis nigrum*	A
72	Karanfil yağı		L
73	Karanfil yağı	*Oleum eugenia caryophyllata*	K
74	Kayısı çekirdeği yağı	*Prunus armeniaca kernel oil*	P
75	Kayısı çekirdeği yağı	-	K
76	Kayısı çekirdeği yağı	*Apricot seed oil*	F
77	Kayısı çekirdeği yağı	*Oleum semen armeniacae*	A
78	Kayısı yağı	*Apricot kernel oil*	U
79	Kayısı yağı	*Oleum prunus armeniacae*	A
80	Kekik Yağı		K
81	Kivi yağı	*Kiwi oil (sabit oil)*	D
82	Kudret narı yağı		R
83	Kudret narı yağı	*Momordica chantia fruit extract*	F
84	Lavanta yağı		L
85	Lavanta yağı	*Oleum lavandula angustifolia*	A
86	Limon yağı	*Oleum citrsu limon (volatile oil)*	U
87	Limon yağı	*Lemon oil* (uçucu yağ)	F
88	Limon yağı	*Oleum citrus limonum*	A
89	Mandalina yağı	*Oleum citrus reticulata*	A
90	Maydanoz tohumu yağı	*Parsley seed oil*	M
91	Maydanoz yağı	*Oleum petroselinum sativum*	F
92	Melissa yağı	*Oleum melissa officinalis*	A
93	Menekşe yağı	*Oleum viola odorata*	A
94	Mersin yağı	*Oleum myrtus communis*	A
95	Muz yağı	*Oleum musa paradisiaca*	A
96	Nane yağı		K
97	Nane yağı	*Oleum mentha piperita*	A
98	Nar çekirdeği yağı	*Oleum punica granatum*	F

Çizelge 4.1. Çalışmada antifungal aktivitesi araştırılan bitki sabit ve esansiyel yağları(devamı).

EO kodu	Ticari Adı	İçerik	Üretici Firma
99	Nar çekirdeği yağı	*Oleum punica granatum*	A
100	Nergis yağı	*Oleum narcissus*	A
101	Okaliptus yağı	*Oleum eucalyptus*	A
102	Papatya yağı	*Chamomilla recutita*	M
103	Papatya yağı	*Oleum chamomilla*	A
104	Pelesenk yağı	*Balsam oil*	F
105	Pelesenk yağı	*Oleum balsamum*	A
106	Portakal yağı		R
107	Portakal yağı	*Oleum citrus aurantium*	A
108	Rezene yağı	*Fennel oil*	V
109	Rezene yağı	*Oleum foeniculum vulgare*	A
110	Sandal ağacı yağı	*Oleum santalum album*	A
111	Sarımsak yağı		L
112	Sarımsak yağı		R
113	Sarımsak yağı	*Oleum allium sativum*	A
114	Sedir ağacı yağı	*Oleum cedrus libani*	F
115	Sedir ağacı yağı	*Oleum pinaceae cedrus*	A
116	Siyah sarımsak yağı	*Allium sativum bulb oil* %50 + *Sunflower seed oil* %50	Y
117	Siyah sarımsak yağı	*Black garlic oil* (sabit yağ)	M
118	Soğan yağı	*Oleum cepa*	A
119	Soya yağı	*Oleum glycine max*	A
120	Susam yağı	*Sesamum indicum seed oil*	P
121	Susam yağı	-	K
122	Susam yağı	*Oleum sesamoum*	A
123	Şeftali yağı	*Prunus persica kernel*	P
124	Tarçın yağı	*Oleum cinnamomum*	K
125	Tatlı badem yağı	*Oleum amygdalus dulcus*	A
126	Tatlı elma yağı	*Oleum pyrus malus*	A
127	Toros nanesi	*Mentha pulegium oil, eucalyptus oil, orange oil*	Z
128	Üzüm çekirdeği yağı	*Oleum vitis vinifera*	U
129	Üzüm çekirdeği yağı	*Oleum vitis vinifera*	A
130	Vanilya yağı	*Oleum vanillae*	A
131	Vişne yağı	*Oleum prunus creasus*	A

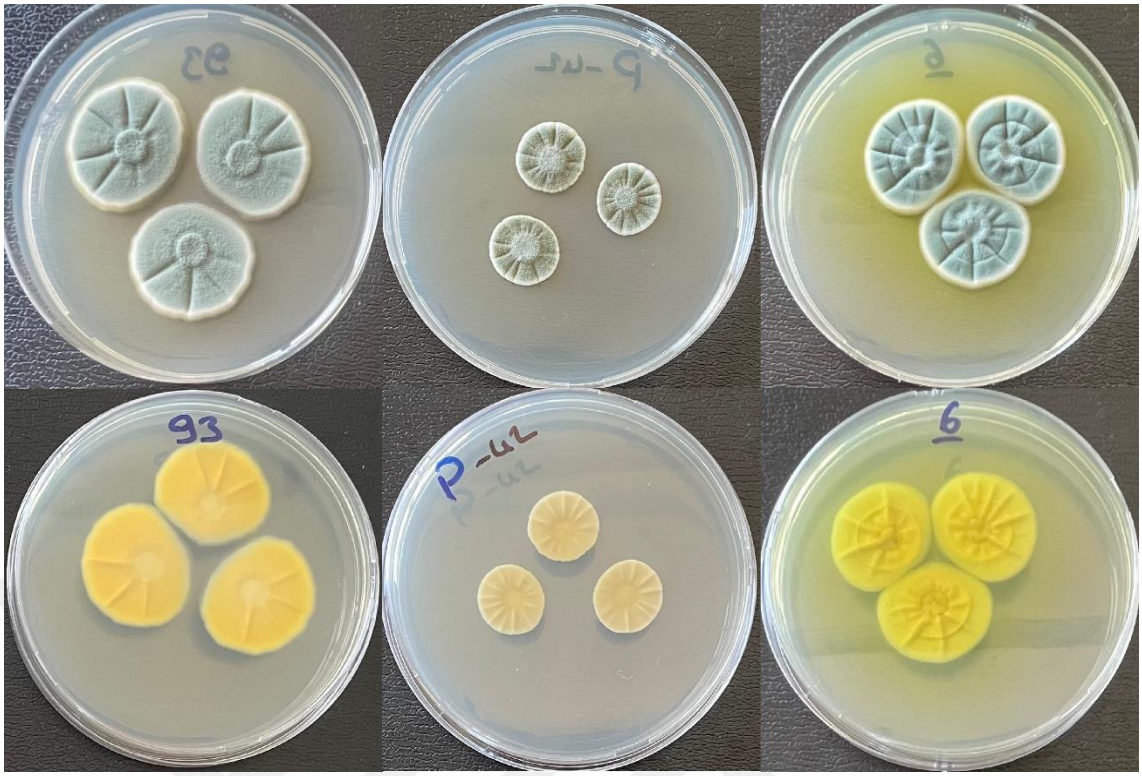
Çizelge 4.1. Çalışmada antifungal aktivitesi araştırılan bitki sabit ve esansiyel yağları(devamı).

EO kodu	Ticari Adı	İçerik	Üretici Firma
132	Yasemin yağı	*Oleum jasminum*	A
133	Yerfıstığı yağı	*Oleum arachis hypogae*	A
134	Ylang ylang yağı	*Ylang ylang oil*	X
135	Ylang ylang yağı	*Oleum cananga oderata*	A
136	Yosun yağı	*Oleum algea*	A
137	Zambak yağı	*Oleum lilium candidum*	A
138	Zencefil yağı	*Oleum zingiber*	A

4.2. Metot

4.2.1. Spor Solüsyonlarının Hazırlanması

Stok olarak saklanan *Penicillium* izolatları canlandırmak amacıyla öncelikle Potato Dextrose Agar (PDA) (Merck, Almanya) besiyeri hazırlanmıştır. Üretici yönergeleri doğrultusunda hazırlanan besiyerleri, 121 °C'de 15 dakika ve 1 atm basınçta otoklavlanmıştır. Daha sonra standart 90 mm olan steril tek kullanımlık petri plaklarına dökülmüştür. Sonrasında *Penicillium* izolatları 3 nokta ekimi ile ekilmiştir ve 7-10 gün (Şekil 4.1.), 25°C'de etüvde sporlanması sağlandı.



Şekil 4.1. *Penicillium* izolatlarının PDA besiyerinde yedinci gün koloni üstü ve altı morfolojileri. Sırasıyla; *Penicillium italicum* (93), *P. digitatum* (42), *P. notatum* (6).

Gelişen sporları toplamak için 10 mL steril Tween 80 solüsyonu (%0,1 v/v) PDA besiyeri üzerine eklendi ve sporlar drigalski özesi ile kazındı. Toplanan spor içeren solüsyon steril boş bir tüpe alındı (Şekil 4.2.). Hazırlanan taze spor solüsyonu ile antifungal aktivite ile ilgili analizler gerçekleştirildi (Özcan Ateş, 2023); (Özcan Ateş, 2024).



Şekil 4.2. Gelişen sporların drigalski özesi ile kazınmasının ardından spor içeren solüsyonun steril boş kaplara alınması.

4.2.2. Agar Kuyu Difüzyon Yöntemi

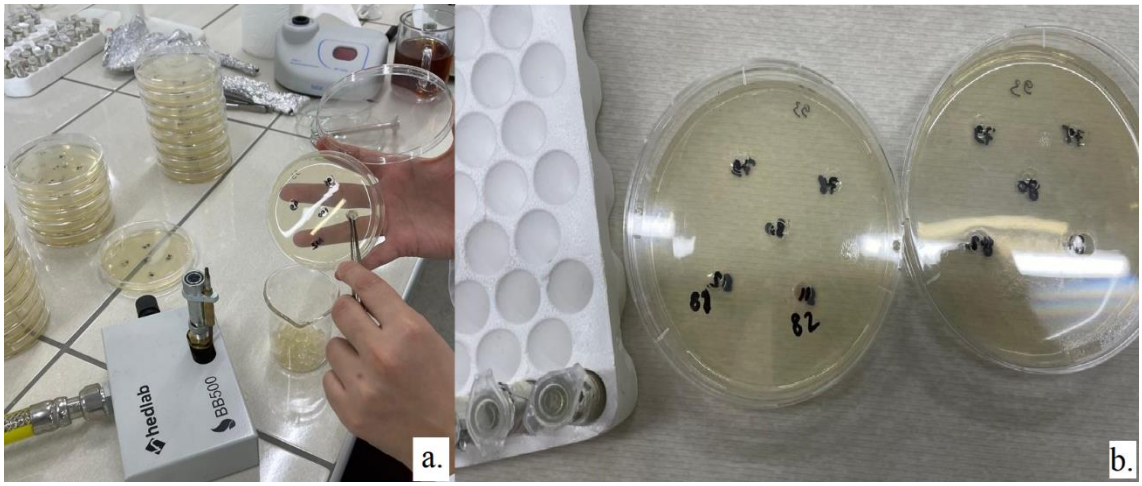
Bitki FO ve EO'larının antifungal aktivitesi CLSI M44-A'da standart yönteminde disk yerine cork borer set ile 6 mm çapında kuyu açılması şeklinde modifiye edilen Özcan Ateş (2023 ve 2024)'deki yöntem kullanıldı.

Bu yöntem için Potato Dextrose Agar (PDA) besiyeri kullanıldı. Taze hazırlanan spor solüsyonunda McFarland densitometre kullanılarak steril %0,1 Tween 80 solüsyonu ile 0.5 McFarland değerinde (Şekil 4.3) inokülüm süspansiyonu hazırlandı.



Şekil 4.3. McFarland densitometre ile 0.5 McFarland standardında inokülüm süspansiyonunun hazırlanması.

Hazırlanan spor solüsyonundan 0,1 mL PDA besiyerine yayma plak yöntemi yayıldı. Sonrasında besiyerinde cork borer set ile 6 mm çapında kuyucuklar açıldı. Açılan her kuyuya 20 µL FO ya da EO eklendi (Şekil 4.4.). Petriler daha sonra 25°C'de 3-5 gün inkübe edildi. İnkübasyondan sonra zon çapları kumpas yardımıyla ölçüldü. Çalışma 3 paralelli olarak gerçekleştirildi. Pozitif kontrol olarak amfoterisin B (20 IU, Bioanalyze) antifungal diski kullanıldı (Özcan Ateş, 2023); (Özcan Ateş, 2024).



Şekil 4.4. a) Besiyerine 6 mm çapında kuyucukların açılması. b) Her bir kuyucuğa 20 µL FO veya EO uygulanması.

4.2.3. Minimum İnhibitör Konsantrasyonun (MİK) ve Minimum Fungisidal Konsantrasyonun (MFK) Belirlenmesi

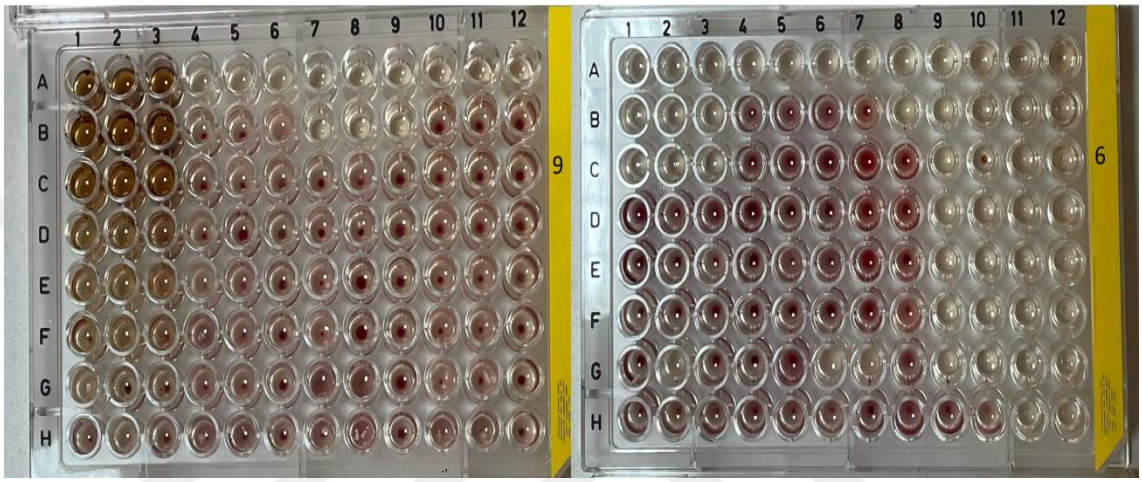
Agar kuyu difüzyon sonucunda antifungal aktivitesi olduğu belirlenen bitki sabit ve esansiyel yağlarının MİK ve MFK değerleri CLSI M38-A2'da belirtilen mikrodilüsyon yöntemi modifiye ederek kullanan Özcan Ateş (2023, 2024)'deki yöntem kullanıldı.

MİK değerinin belirlenmesinde 96 kuyucuklu düz tabanlı mikroplaklar ve 0,165 M MOPS içeren RPMI 1640 besiyeri (Himedia, Hindistan) kullandı. Bitki sabit ve esansiyel yağlarının besiyeri içerisinde homojen dağılımını sağlamak için >%99 saflıkta dimetilsülfoksit (DMSO) (Isolab, Almanya) çözgeni besiyeri içerisine son konsantrasyonu %3 olacak şekilde ilave edilecektir. Çift kat DMSO içeren besiyeri (çift kat) ile yağların konsantrasyonları hazırlanacaktır. Sonra, bir pipet yardımıyla çift kat DMSO ve yağ içeren besiyerinden 100 µL hacimlerde mikrodilüsyon plakalarının kuyucuklarına dağıtıldı.

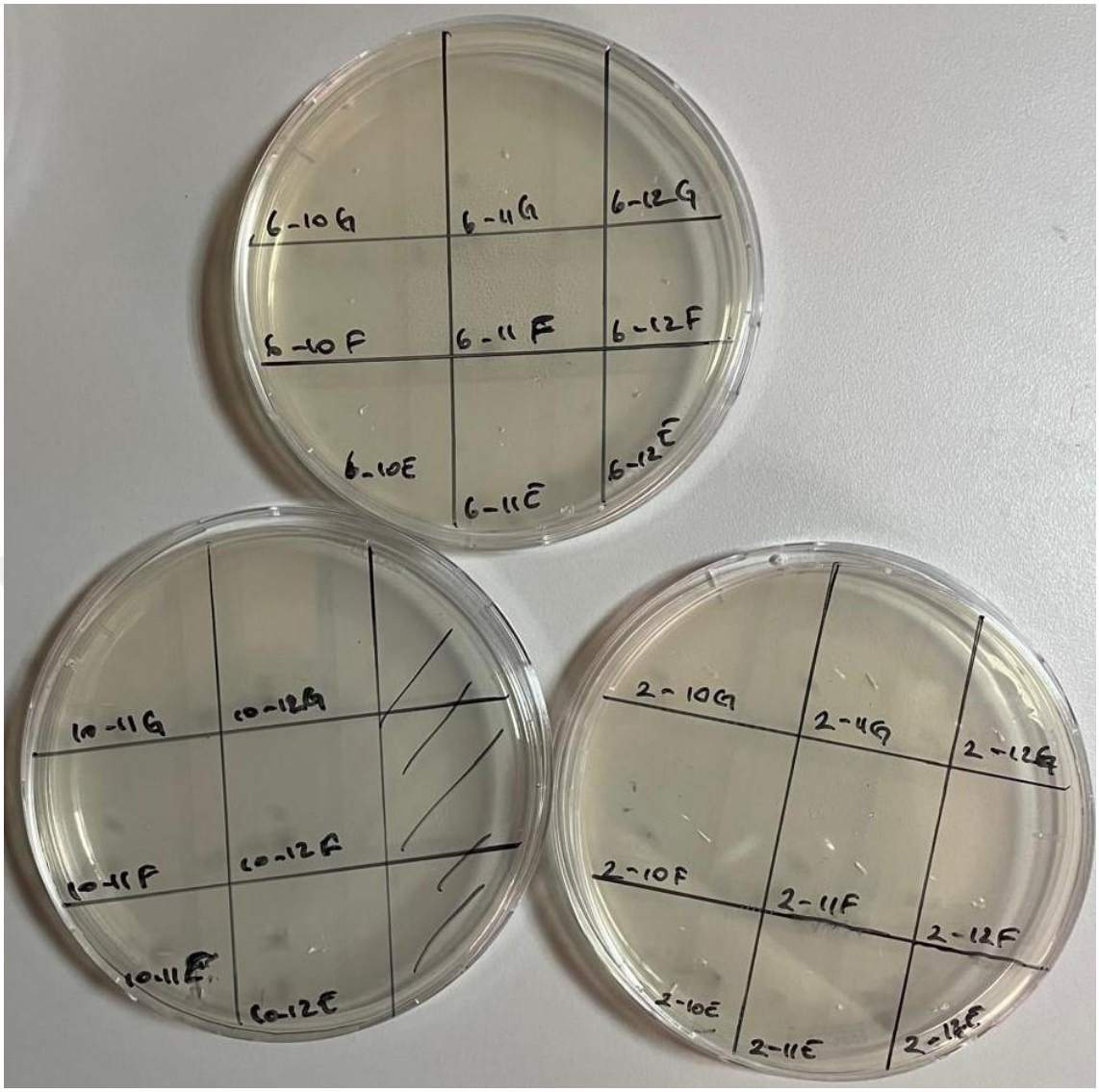
MİK değerinin belirlenmesinde hazırlanan taze spor süspansiyonları son çalışma inokulumu olan 2-5x10^5 kob/mL yoğunluğunu elde etmek için distile su ile 1:10 oranında sulandırılarak ve kuyucuklara 100 µL eklendi. FO ve EO'ların son konsantrasyonu konsantrasyon 4, 2, 1, 0,5, 0,25 ve 0,1 µL/mL oldu.

0,1 µL/mL FO ya da EO içeren %3 DMSO'lu RPMI 1640 broth besiyeri negatif kontrol, sadece %3 DMSO içeren RPMI 1640 besiyeri + spor solüsyonu ise pozitif

kontrol olarak kullanıldı. Mikroplaklar 25°C'de 24-48 saat inkübasyondan sonra değerlendirildi (Şekil 4.2.). Üremenin görülmediği ilk kuyucuk MİK değeri olarak tespit edildi. MİK değeri olarak belirlenen kuyucuk ile kendinden sonraki 2 kuyucuktan damlatma ekim yöntemiyle PDA besiyerine ekim yapılarak uygun sıcaklık ve süre inkübasyondan sonra Minimum fungisidal konsantrasyon (MFK) değeri belirlendi (Şekil 4.3.) Çalışma 3 paralelli olarak gerçekleştirildi.



Şekil 4.5. *Penicillium italicum* (9) izolatına karşı 7, 15, 22 ve 36 numaralı esansiyel yağların; *P. digitatum* (6) izolatına karşı ise 44, 69, 70 ve 80 numaralı esansiyel yağların 96 kuyucuklu düz tabanlı mikroplakalar da minimum inhibitör konsantrasyon (MİK) görüntüleri.



Şekil 4.6. *Penicillium digitatum* (6), *P. italicum* (10) ve *P. notatum* (2) izolatlarının, 80 numaralı esansiyel yağın damlatma ekim yöntemiyle PDA besiyerine ekim görüntüsü.

Antifungal aktivitesi olduğu belirlenen bitki sabit ve esansiyel yağların MFK/MİK oranı göre fungisidal (MFK/MİK oranı ≤ 4) fungistatik (MFC/MİK oranı > 4) olduğu değerlendirildi (Gatsing, ve diğerleri, 2009); (Snoussi, ve diğerleri, 2018); (Mseddi, ve diğerleri, 2020); (Özcan Ateş, 2023); (Özcan Ateş, 2024)

4.2.4. *Penicillium* Suşlarının Miselyum Radyal Büyümesi Üzerine Etkisi:

MİK değeri belirlenen FO ve EO'ların küf miselyumunun radyal büyümesi üzerindeki etkisini Özcan Ateş (2023 ve 2024)'de belirtilen yönteme göre gerçekleştirildi. Bu amaçla öncelikle *Penicillium* suşları 25°C'de 7-10 gün PDA besiyerinde canlandırıldı.

%3 DMSO içeren PDA besiyerleri MİK değeri belirlenen FO ve EO'ların 1/4xMİK, 1/2xMİK, MİK, 2xMİK ve 4xMİK konsantrasyonda eklenerek 90 mm çapındaki petrilere döküldü. PDA besiyerinde geliştirilen kültürlerden iğne öze yardımıyla petrinin orta noktasına tek nokta ekimi yapıldı. Kontrol olarak %3 DMSO içeren PDA besiyerine ekim yapıldı. Petriler 25°C'de inkübe edildi ve inkübasyonunu 5, 7, 14 ve 21. günlerinde koloni çapları kumpas yardımıyla ölçüldü. Çalışma 3 paralelli olarak gerçekleştirildi. Radyal büyümenin inhibisyonu % inhibisyon = (kontrol petrisinde üreme çapı (mm)- esansiyel yağ içeren petride üreme çapı (mm)) / kontrol petrisinde üreme çapı (mm)*100 denklemi ile hesaplandı.

4.3. İstatistiksel Analizler

Verilerin değerlendirilmesi; SPSS 23.0 programı kullanılarak yapıldı ve sonuçlar ortalama (O) ± standart sapma (sd) olarak verildi. Radyal inhibisyon zonlarının ölçüm sonuçları arasındaki yüzdelik farkları, Excel programı ile analiz edilmiştir.

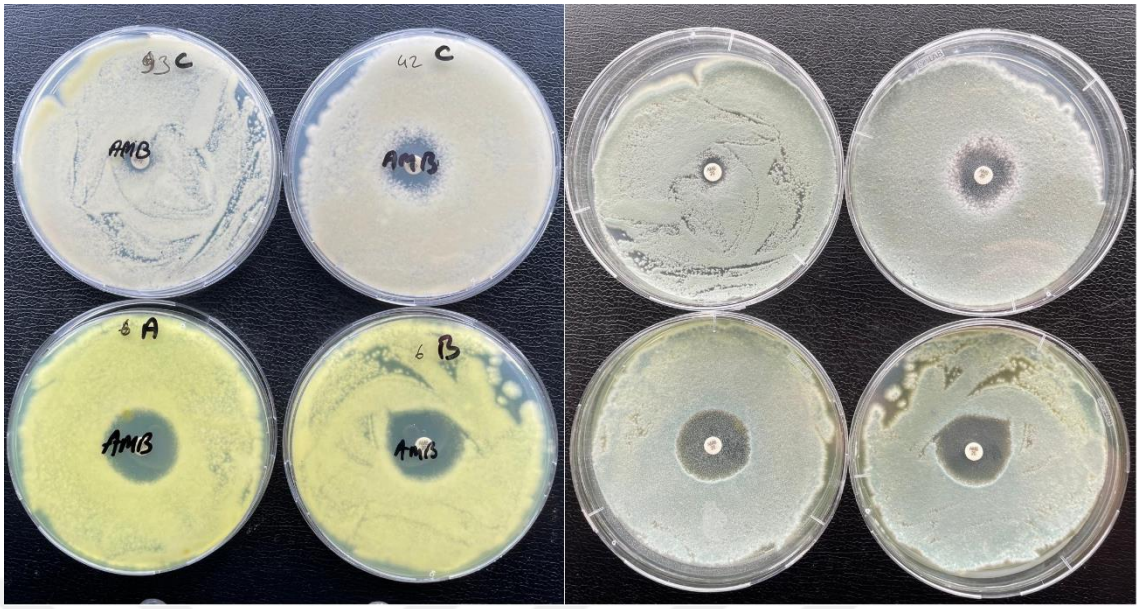
BÖLÜM 5

BULGULAR

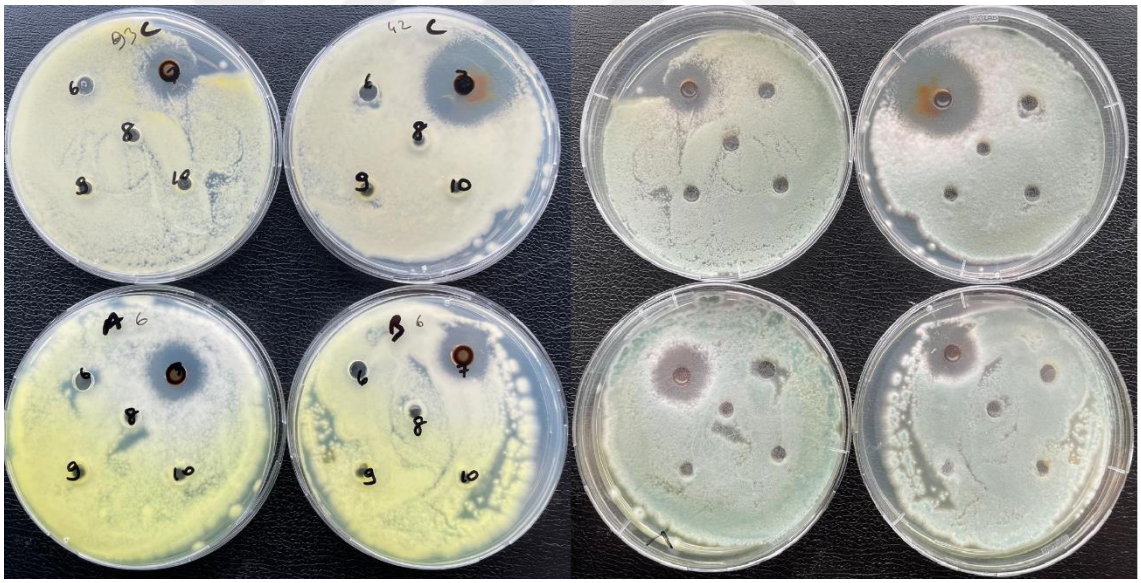
Çalışmada ticari olarak satılan 138 adet bitki sabit yağ (FO) ve esansiyel yağlarının (EO) antifungal aktivitesi depo küfü olan *Penicillium digitatum* (CECT 2954), *Penicillium italicum* (CECT 2294) ve *Penicillium notatum* (NRRL 807) küflerine karşı değerlendirildi.

Öncelikle *Penicillium digitatum* (CECT 2954), *Penicillium italicum* (CECT 2294) ve *Penicillium notatum* (NRRL 807) küflerine karşı test edilen FO ve EO'lardan hangisinin antifungal aktiviteye sahip olup olmadığı belirlendi.

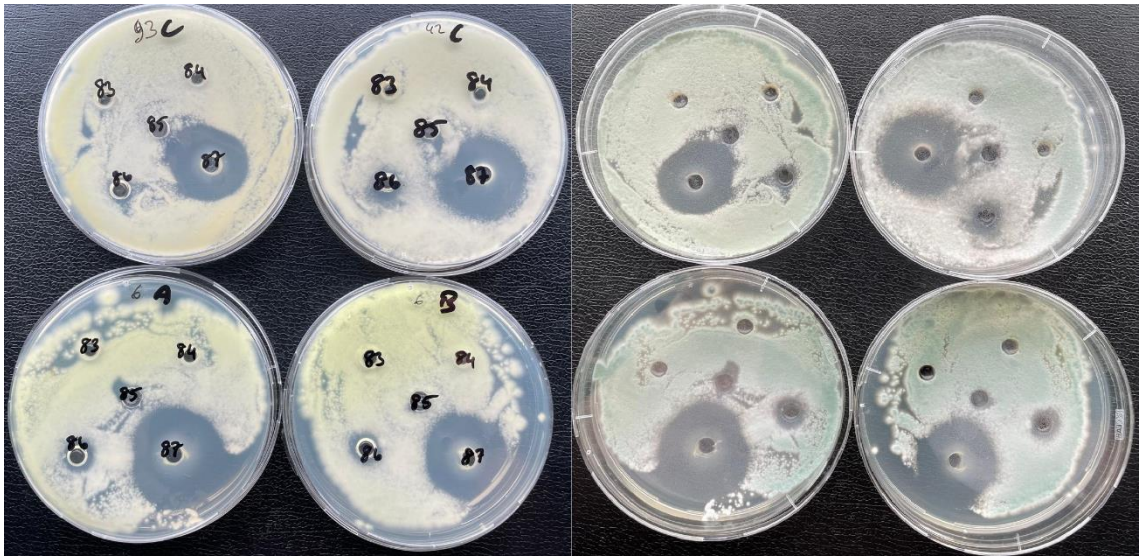
Bu amaçla agar kuyu difüzyon yöntemi kullanılmış ve sonuçta her üç küfe karşı 7 adet yağın; ardıç katranı (7), kekik yağı (80), 2 limon yağı (86,87) ve 3 nane yağı (96,97,127) etkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 5.1).



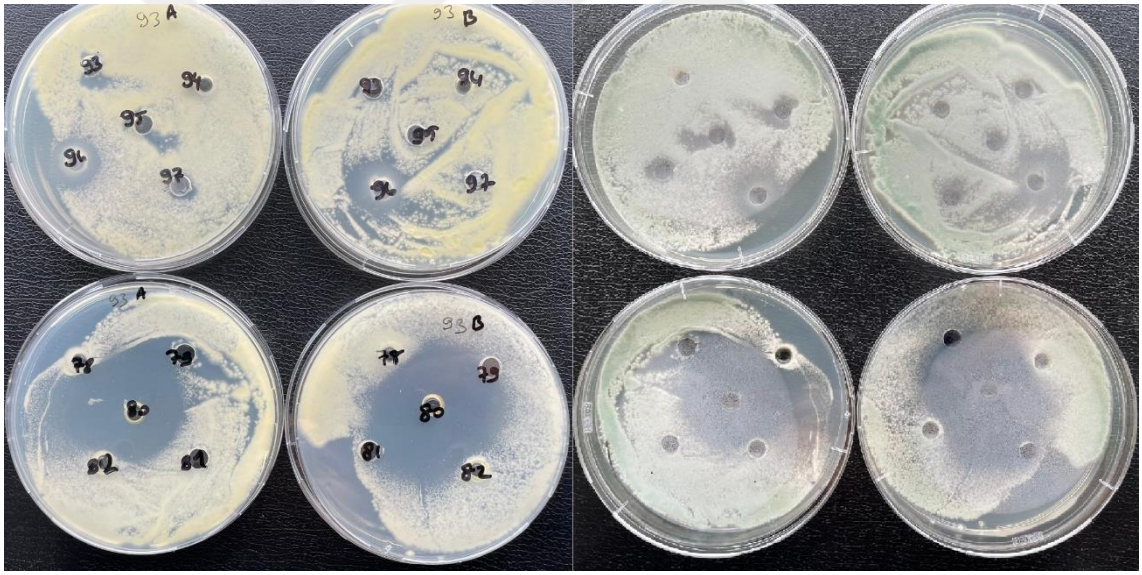
Şekil 5.1. Agar kuyu difüzyon yöntemiyle elde edilen *Penicillium italicum* (93), *P. digitatum* (42) ve *P. notatum* (6) izolatlarında pozitif kontrol olarak kullanılan amfoterisin B'nin koloni altı ve üstü zon görüntüleri.



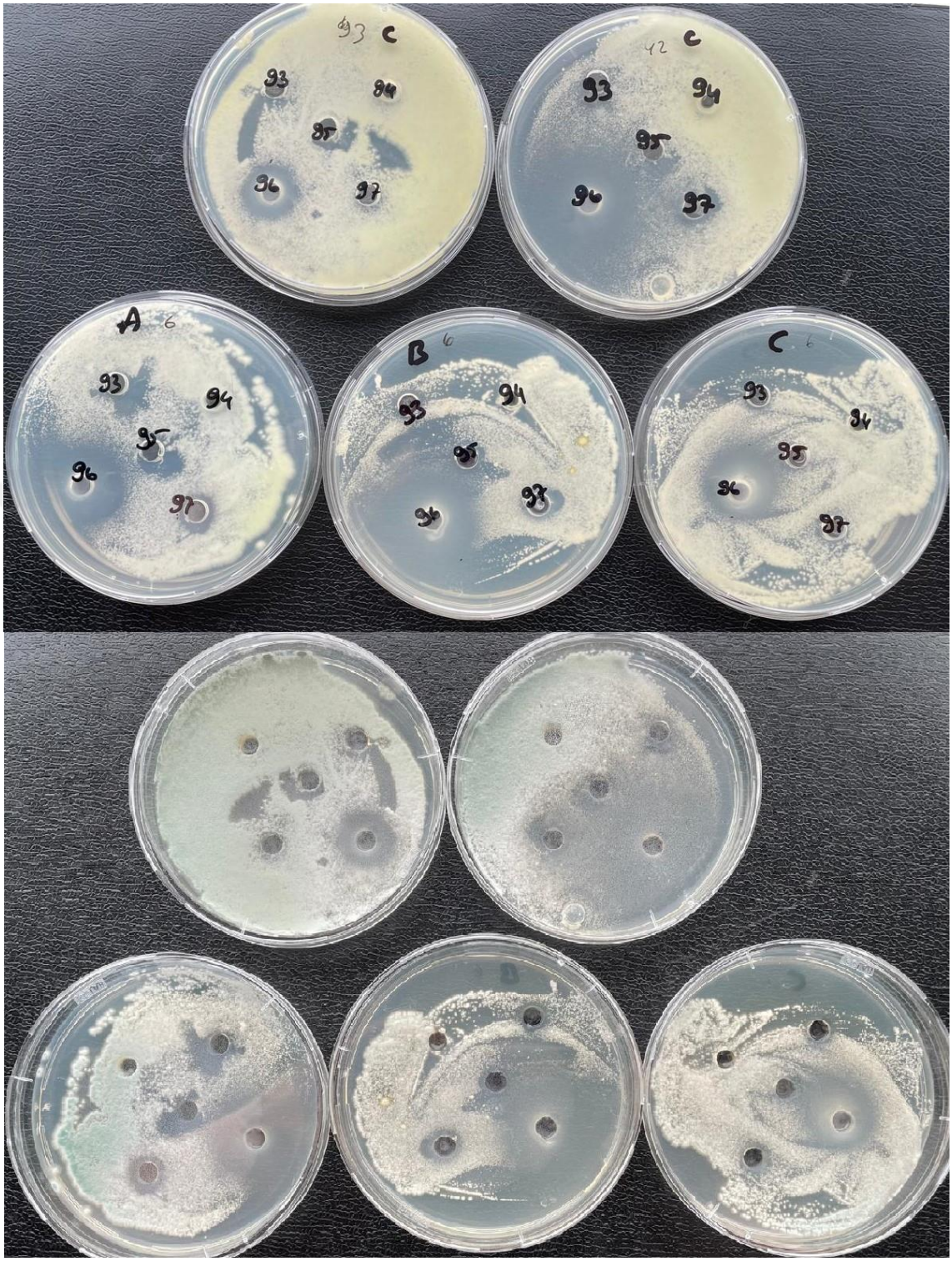
Şekil 5.2. Agar kuyu difüzyon yöntemiyle elde edilen *Penicillium italicum* (93), *P. digitatum* (42) ve *P. notatum* (6) izolatlarının ardıç katranı (7) esansiyel yağına karşı koloni altı ve üstü zon görüntüleri.



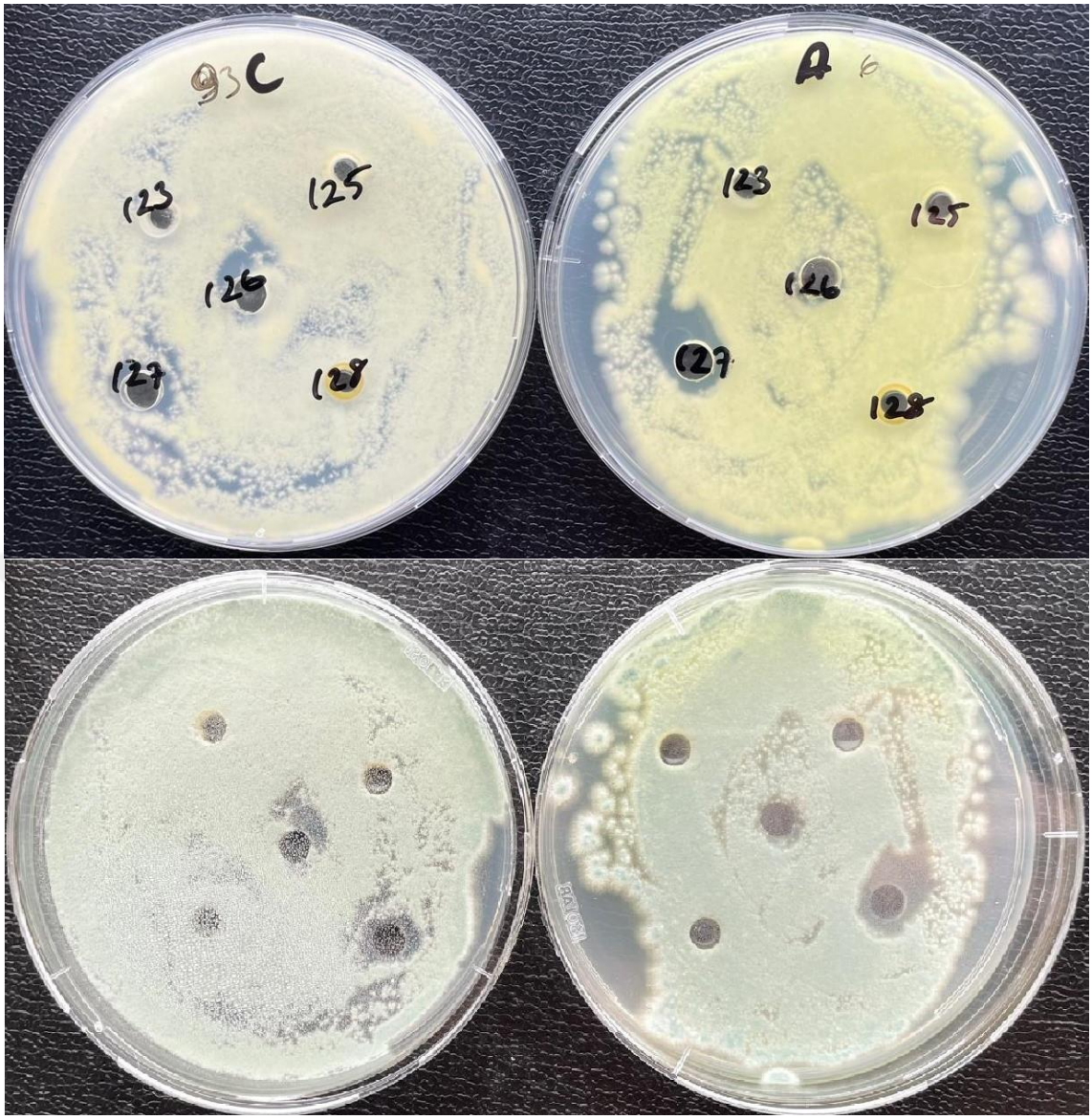
Şekil 5.3. Agar kuyu difüzyon yöntemiyle elde edilen *Penicillium italicum* (93), *P. digitatum* (42) ve *P. notatum* (6) izolatlarının limon (86,87) esansiyel yağlarına karşı koloni altı ve üstü zon görüntüleri.



Şekil 5.4. Agar kuyu difüzyon yöntemiyle elde edilen *Penicillium italicum* (93), izolatının kekik (80) ve nane (96,97) esansiyel yağlarına karşı koloni altı ve üstü zon görüntüleri.

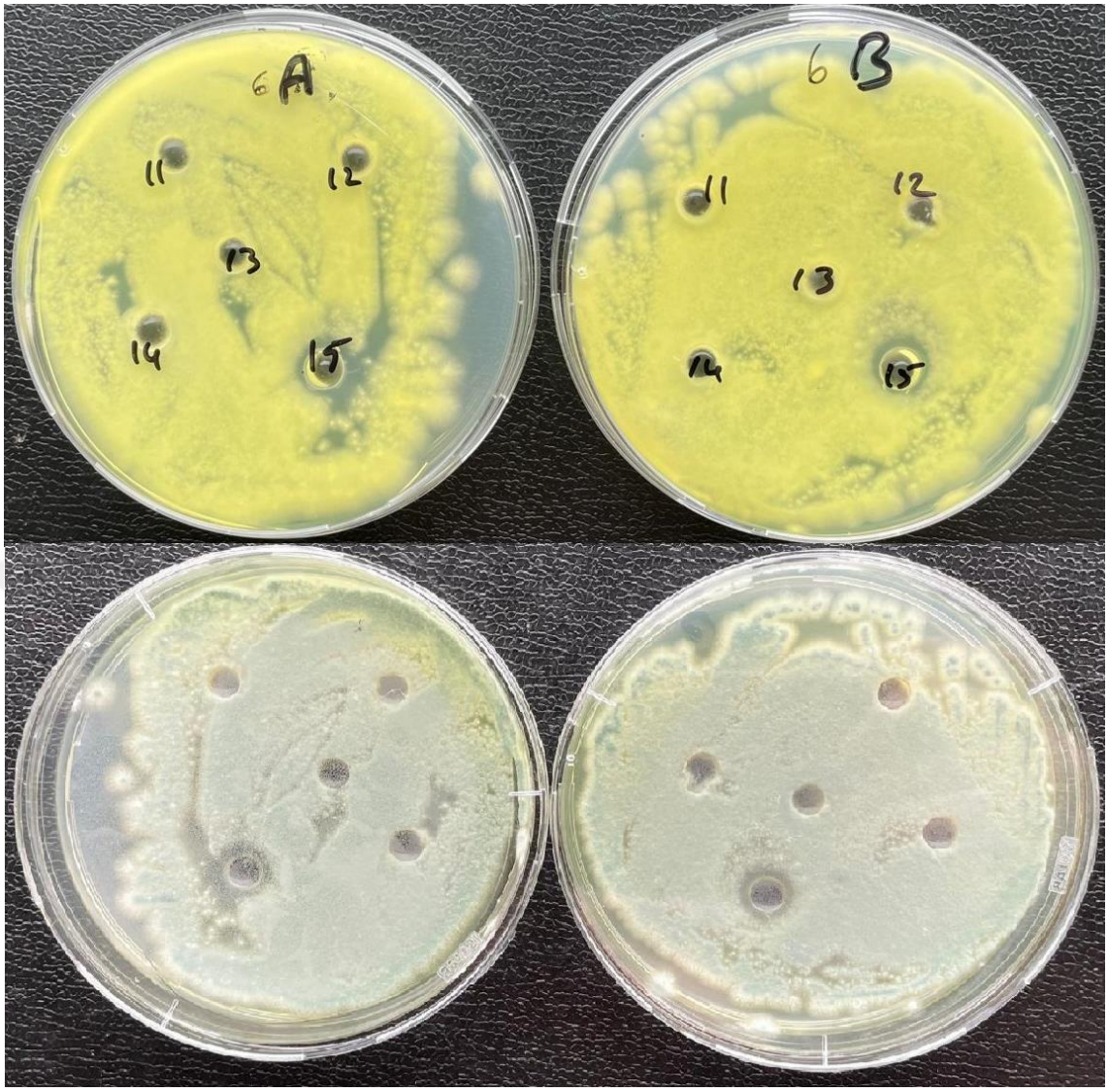


Şekil 5.5. Agar kuyu difüzyon yöntemiyle elde edilen *Penicillium italicum* (93), *P. digitatum* (42) ve *P. notatum* (6) izolatlarının menekşe (93), nane (96, 97) esansiyel yağlarına karşı koloni altı ve üstü zon görüntüleri.



Şekil 5.6. Agar kuyu difüzyon yöntemiyle elde edilen *Penicillium italicum* (93) ve *P. notatum* (6) izolatlarının nane (127) esansiyel yağına karşı koloni altı ve üstü zon görüntüleri.

Penicillium notatum (NRRL 807) küfüne karşı ise avokado yağı (15) (Şekil 5.7.), bergamot yağı (22), çörekotu yağı (36), fesleğen yağının (44) da etkili olduğu belirlenmiş olup, diğer iki küfe karşı etkisiz olduğu belirlenmiştir. *Penicillium digitatum* (CECT 2954) ve *Penicillium italicum* (CECT 2294) küfüne karşı ise menekşe (93) yağının olduğu belirlenmiştir. Toplamda 12 yağın antifungal aktiviteye sahip olduğu belirlenmiş olup, Çizelge 5.1.'de inhibisyon zonları verilmiştir.



Şekil 5.7. Agar kuyu difüzyon yöntemiyle elde edilen *P. notatum* izolatının avokado (15) esansiyel yağına karşı koloni altı ve üstü zon görüntüleri.

Kekik yağının (80) amfoterisin B antifungal diskine göre %286,60 ile %745,07 arasında daha fazla etkili olduğu tespit edilmiştir. Limon yağının (87) ise antifungal diske göre P*enicillium italicum* (CECT 2294) ve *Penicillium digitatum* (CECT 2954) küflerine karşı sırasıyla %163,38 ve 146,47 etkili olduğu, *Penicillium notatum* (NRRL 807) küfüne karşı ise %29,42 oranında daha fazla etkili olduğu belirlenmiştir. Nane yağı (96) ise antifungal diske göre *Penicillium digitatum* (CECT 2954) küfüne karşı %160,98 daha fazla etkili olduğu, test edilen diğer küflere karşı ise %51,64 ile %7,43 daha fazla etkilidir (Çizelge 5.1.).

Çizelge 5.1. Antifungal aktiviteye sahip bitki sabit ve esansiyel yağlar

EO /FO	*Penicillium italicum* (CECT 2294)		*Penicillium digitatum* (CECT 2954)		*Penicillium notatum* (NRRL 807)	
	İnhibisyon zonu (mm)	*%**	*İnhibisyon zonu (mm)*	*%*	*İnhibisyon zonu (mm)*	*%*
Ardıç Katranı (7)	15,86 ± 0,23	48,92	22,68 ± 1,43	81,73	16,67 ± 0,17	-28,39
Avakado Yağı (15)	6,00 ± 0,01	-43,66	6,00 ± 0,01	-51,92	10,09 ± 0,20	-56,66
Bergamut Yağı (22)	6,00 ± 0,01	-43,66	6,00 ± 0,01	-51,92	9,74 ± 0,14	-58,16
Çörekotu Yağı (36)	6,00 ± 0,01	-43,66	6,00 ± 0,01	-51,92	9,65 ± 0,61	-58,55
Fesleğen Yağı (44)	6,00 ± 0,01	-43,66	6,00 ± 0,01	-51,92	11,71 ± 0,26	-49,70
Kekik Yağı (80)	90,00 ± 0,01	745,07	90,00 ± 0,01	621,15	90,00 ± 0,01	286,60
Limon Yağı (86)	10,81 ± 0,37	1,50	11,09 ± 0,28	-11,14	10,18 ± 0,10	-56,27
Limon Yağı (87)	28,05 ± 0,43	163,38	30,76 ± 0,81	146,47	30,13 ± 0,63	29,42
Menekşe Yağı (93)	10,47 ± 0,26	-1,69	14,39 ± 0,12	15,30	6,00 ± 0,01	-74,23
Nane Yağı (96)	16,15 ± 0,29	51,64	32,57 ± 0,96	160,98	25,01 ± 1,30	7,43
Nane Yağı (97)	11,75 ± 0,75	10,33	18,48 ± 0,49	48,08	10,78 ± 0,21	-53,69
Toros Nanesi Yağı (127)	15,88 ± 0,29	49,11	16,29 ± 0,15	30,53	13,38 ± 0,47	-42,53
Amfoterisin B	10,65 ± 0,45	0,00	12,48 ± 0,44	0,00	23,28 ± 0,25	0,00

*Antifungal diske karşı FO ve EO'ların etkisi.

Agar kuyu difüzyon yöntemiyle etkili olduğu belirlenen 12 adet yağın minimum inhibitör konsantrasyonları ise mikrodilüsyon yöntemiyle belirlenmiştir. Çizelge 5.2.'de MİK ve MFK değerleri verilmiştir.

Çizelge 5.2. MİK ve MFK değerleri µL/mL

EO /FO	***Penicillium italicum* (CECT 2294)**			***Penicillium digitatum* (CECT 2954)**			***Penicillium notatum* (NRRL 807)**		
	MİK	***MFK***	***MFK/ MİK***	***MİK***	***MFK***	***MFK /MİK***	***MİK***	***MFK***	***MFK /MİK***
Ardıç Katranı (7)	10	>40	-*	40	>40	-	10	>40	-
Avakado Yağı (15)	40	>40	-	40	>40	-	40	>40	-
Bergamut Yağı (22)	40	>40	-	20	>40	-	40	>40	-
Çörekotu Yağı (36)	10	>40	-	20	>40	-	40	>40	-
Fesleğen Yağı (44)	20	>40	-	20	>40	-	10	>40	-
Kekik Yağı (80)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Limon Yağı (86)	10	>40	-	10	>40	-	5	>40	-
Limon Yağı (87)	1	20	20	1	20	20	1	20	20
Nane Yağı (96)	1	20	20	1	20	20	1	20	20
Nane Yağı (97)	1	20	20	1	20	20	1	20	20
Toros Nanesi Yağı (127)	40	>40	-	40	>40	-	20	>40	-

*MFK değeri tespit edilemediği için hesaplanamadı.

Kekik yağının (80) test edilen *Penicillium* türlerine karşı MİK ve MFK değerlerinin 1 µL/mL olduğu ve fungisidal olduğu tespit edilmiştir. Limon yağı (87), nane yağı (96) ve nane yağı (97)'nın ise MİK ve MFK değerlerinin sırasıyla 1 µL/mL ve 20 µL/mL olduğu ve fungistatik etkili olduğu belirlenmiştir. Limon yağı (86) ise test edilen *Penicillium* türlerine karşı MİK değerinin 5 ve 10 µL/mL olduğu, MFK değerinin ise >40 µL/mL olduğu bu nedenle de fungistatik olduğu tespit edilmiştir. Ardıç katranı (7), avakado yağı (15), bergamut yağı (22), çörekotu yağı (36), fesleğen yağı (44) ve toros nanesi yağının (127) ise MİK değerlerinin 10 ile 40 1 µL/mL arasında değiştiği, MFK değerlerinin ise >40 µL/mL olduğu belirlenmiş olup (Çizelge 5.3.), fungisidal mi fungistatik mi olduğu tespit edilememiştir.

Mikrodilüsyon yöntemiyle funsidal ve fungistatik etkili olduğu belirlenen 5 yağ seçilerek radyal büyüme inhibisyon değerlendirilmiştir.

Çizelge 5.3. İnkübasyonun 5., 14. ve 21. Günlerinde radyal büyümenin inhibisyonu (%)

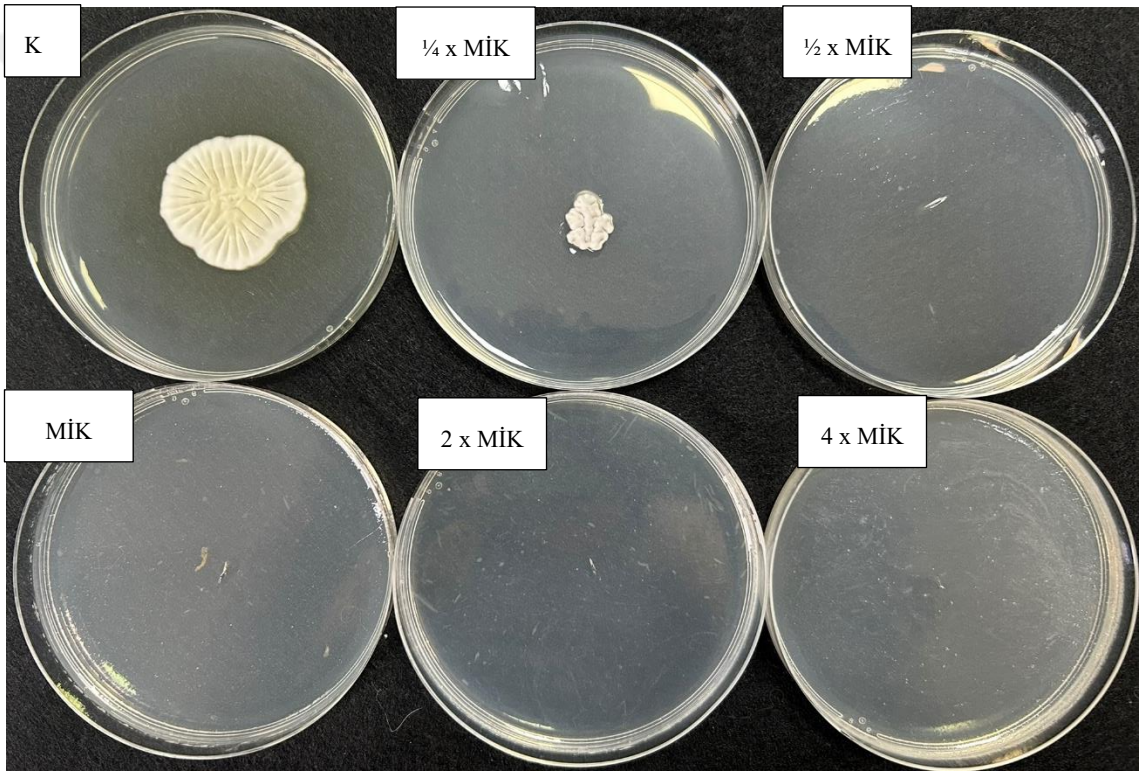
EO /FO		***Penicillium italicum*** **(CECT 2294)**			***Penicillium digitatum*** **(CECT 2954)**			***Penicillium notatum*** **(NRRL 807)**		
		5	**14**	**21**	**5**	**14**	**21**	**5**	**14**	**21**
Kekik Yağı (80)	¼ x MİK	100,00	86,92	74,02	100,00	58,77	35,55	76,39	81,97	66,60
	½ x MİK	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
	MİK	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
	2 x MİK	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
	4 x MİK	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Limon Yağı (86)	¼ x MİK	34,52	8,03	16,55	4,88	-33,43	-44,70	-8,41	-13,87	-8,21
	½ x MİK	51,91	15,06	22,85	13,09	-28,11	-22,68	3,45	9,33	-3,76
	MİK	63,01	37,69	39,19	30,68	8,90	5,22	31,23	32,49	22,68
	2 x MİK	65,40	63,35	61,13	49,17	15,97	20,07	39,60	41,21	35,70
	4 x MİK	68,09	64,70	61,78	49,70	37,07	38,81	66,16	70,42	54,41
Limon Yağı (87)	¼ x MİK	-6,46	-3,11	1,56	-35,35	-57,58	-48,35	27,06	-3,49	-6,04
	½ x MİK	5,08	3,51	8,62	-15,48	-27,17	-26,49	27,07	-1,74	-2,02
	MİK	18,71	6,00	9,20	0,17	-14,18	-11,34	1,12	0,04	1,08
	2 x MİK	26,24	11,60	9,61	4,78	-12,69	-6,30	1,59	1,38	3,60
	4 x MİK	32,18	18,90	19,06	22,11	18,78	20,65	19,69	19,40	18,53
Nane Yağı (96)	¼ x MİK	41,90	13,80	19,35	9,06	-17,34	-30,86	3,53	-4,57	6,76
	½ x MİK	43,65	17,52	13,81	6,38	-43,60	-4,74	7,77	14,45	5,33
	MİK	59,50	22,43	18,15	24,87	-23,14	-4,02	23,05	31,33	15,85
	2 x MİK	100,00	58,74	43,06	37,49	-0,14	7,44	48,44	42,14	38,40
	4 x MİK	100,00	74,74	49,34	100,00	30,18	23,76	100,00	100,00	100,00
Nane Yağı (97)	¼ x MİK	-17,55	-15,91	-11,98	-12,21	-116,22	-83,45	-8,20	-7,84	-7,79
	½ x MİK	8,30	4,55	6,92	-21,85	-82,98	-60,50	-5,87	-2,70	-1,40
	MİK	11,15	6,57	8,38	-6,08	-36,54	-36,21	7,35	12,67	7,58
	2 x MİK	18,21	13,24	13,42	14,05	-23,65	-15,58	13,44	12,51	16,26
	4 x MİK	31,95	31,45	27,48	30,03	-4,82	13,05	44,12	47,69	39,62

Radyal büyümenin inhibisyonunda turunçgillerin depolama süreci düşünülerek 21 gün boyunca belirlenmiştir. Test edilen kekik yağı (80) ¼ x MİK konsantrasyonu hariç test edilen konsantrasyonlarda radyal büyümeyi 5. 14. ve 21. günde tamamen inhibe etmiştir.

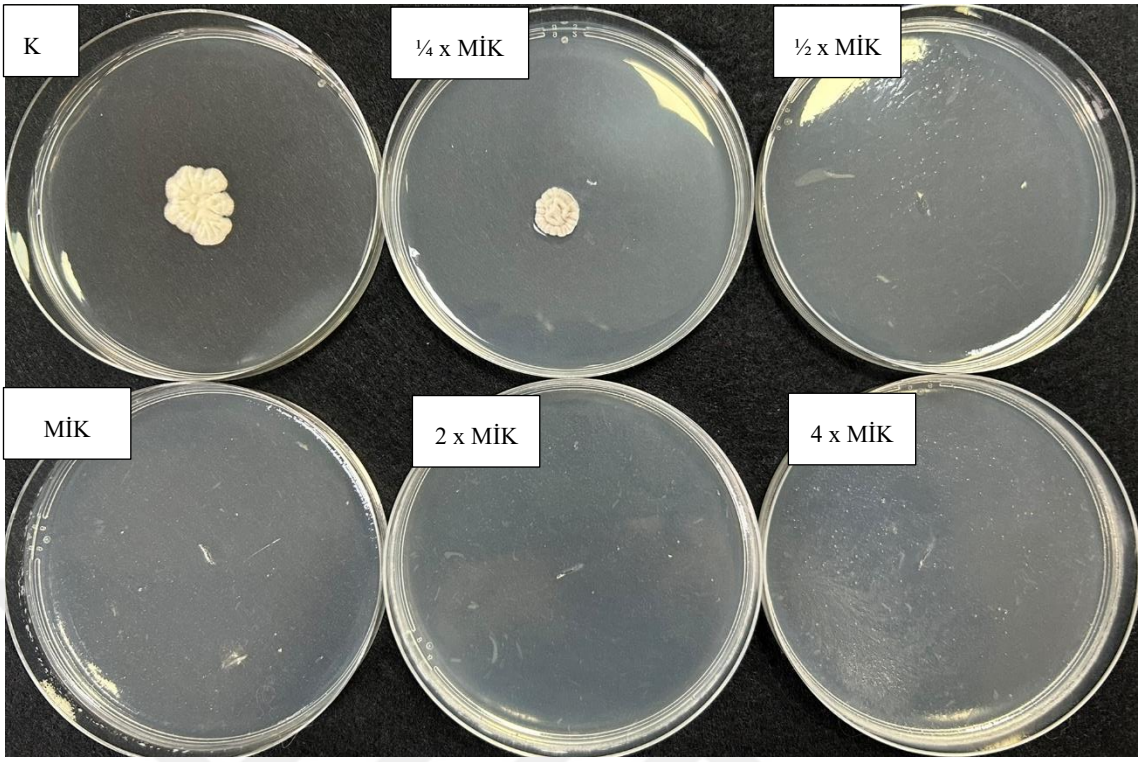
Limon yağı (86 ve 87) ile nane yağı (96) ise konsantrasyon arttıkça inhibisyon oranının arttığı, buna karşın inkübasyon süresi 21. güne ulaştığında ise 5. güne göre inhibisyon oranın azaldığı görülmüştür.

Nane yağı ise 4 x MİK değerinde 5. Günde test edilen tüm izolatları tamamen inhibe etmesine rağmen, *Penicillium notatum* (NRRL 807) hariç diğer izolatlar için inkübasyon süresi artıkça inhibisyon oranını düştüğü belirlenmiştir.

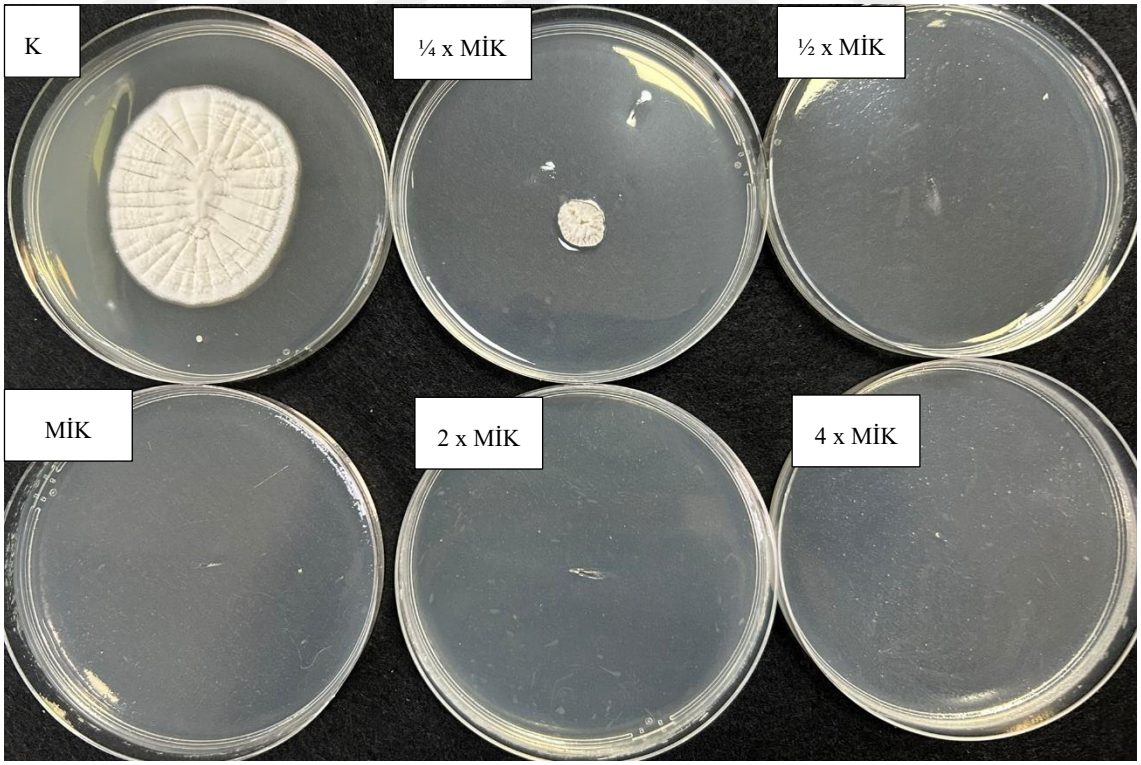
Bu nedenle özellikle uzun süreli gıda koruma amacıyla esansiyel yağların kullanılması söz konusu olduğunda kekik yağı (80) kullanılması tam inhibisyon sağlaması nedeniyle daha uygundur (Şekil 5.8., Şekil 5.9., Şekil 5.10.)



Şekil 5.8. Kekik yağının (80) *Penicillium notatum* (NRRL 807) küfüne karşı 21. gün sonunda radyal inhibisyonu.



Şekil 5.9. Kekik yağının (80) *Penicillium digitatum* (CECT 2954) küfüne karşı 21. gün sonunda radyal inhibisyonu.



Şekil 5.10. Kekik yağının (80) *Penicillium italicum* (CECT 2294) küfüne karşı 21. gün sonunda radyal inhibisyonu.

Esansiyel yağlar küflerde gösterdiği etkiler hücresel düzeyden markamorfolojiye kadar değişen düzeylerde olabilir. Hücresel düzeyde antifungal maddelerin etki mekanizmalarında olduğu gibi DNA, RNA, protein ve polisakkaritlerin sentezini inhibe edebilir. Hücre zarının ve organellerin yapısını bozabilirler. Ek olarak hücre büyümesini ve morfolojisini etkileyen hücre duvarı sentezini enzimatik reaksiyonlarının etkileyebilir ve hiflerde sitoplazmasının geri çekilmesine neden olabilir. Sonuçta miselyum ölümü gerçekleşir. Makromarfolojide sporülasyonu, pigment, konidia sayısı ve hiflerin dallanmalarını etkileyebilir (Nazzaro, Fratianni, Coppola, & Feo, 2017).

BÖLÜM 6

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, ticari olarak temin edilen toplam 138 adet sabit ve esansiyel bitki yağının, tarımsal ürünlerin depolama sürecinde yaygın olarak karşılaşılan *Penicillium digitatum* (CECT 2954), *Penicillium italicum* (CECT 2294) ve *Penicillium notatum* (NRRL 807) türlerine karşı antifungal etkinlikleri değerlendirilmiştir. Uygulanan agar difüzyon, mikrodilüsyon ve radyal büyüme inhibisyonu yöntemleriyle yapılan analizler sonucunda, toplamda 12 yağın bu üç fungal türden en az birine karşı antifungal etki gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 5.1).

Özellikle kekik yağı (80), tüm test edilen *Penicillium* türlerine karşı en yüksek düzeyde inhibisyon sağlamış ve hem minimum inhibitör konsantrasyon (MİK) hem de minimum fungisidal konsantrasyon (MFK) değerleri 1 µL/mL olarak belirlenmiştir (Çizelge 5.1.). Ayrıca 21 gün boyunca tam inhibisyon sağlaması, bu yağın fungisidal özellik taşıdığını ve uzun süreli etkinliğe sahip potansiyel bir doğal antifungal ajan olduğunu ortaya koymaktadır (Çizelge 5.3.). Bu bulgular, Yahyazadeh ve arkadaşları (2008)'nın *Thymus vulgaris*'in *P. digitatum* üzerindeki güçlü inhibitör etkisini bildiren çalışmalarıyla uyum göstermektedir.

Limon yağı (86 ve 87) ve nane yağları (96 ve 97), her üç *Penicillium* türüne karşı belirli oranlarda inhibisyon sağlamış, ancak etkilerinin genellikle konsantrasyon bağımlı olduğu ve zamanla azaldığı gözlemlenmiştir (Çizelge 5.3.). Bu yağların daha çok fungistatik etki gösterdiği, özellikle inkübasyon süresi uzadıkça inhibisyon oranlarında anlamlı düşüşler yaşandığı belirlenmiştir. Bu durum, uçucu bileşiklerin ortamdan buharlaşması ya da zamanla aktivitelerini kaybetmeleriyle ilişkilendirilebilir. Tao ve ark.

(2014) ile Trabelsi ve ark. (2016) da turunçgil kaynaklı yağların antifungal potansiyelini vurgulamış, ancak etkilerin kalıcılığı açısından sınırlılıklar olabileceğini ifade etmişlerdir.

Felšöciová ve arkadaşları (2020)'nın çalışmalarıyla paralel olarak, nane yağlarının etkisinin türlere ve ortama bağlı olarak değişiklik gösterebileceği belirlenmiştir. Yüksek konsantrasyonlarda kısa süreli tam inhibisyon sağlansa da bu etkinin zamanla azaldığı görülmüştür.

Diğer bazı yağların etkileri ise yalnızca belirli *Penicillium* türleriyle sınırlı kalmıştır. Örneğin menekşe yağı (93) sadece *P. italicum* ve *P. digitatum* üzerinde etkili olurken, *P. notatum* üzerinde etkisiz kalmıştır (Çizelge 5.1.). Benzer şekilde çörekotu, fesleğen ve bergamot yağlarının da sadece *P. notatum* üzerinde sınırlı inhibisyon sağladığı belirlenmiştir. Bu durum, bitkisel yağların içerdiği kimyasal bileşenlerin farklı fungal türlere karşı seçici etki gösterebileceğini ortaya koymaktadır.

Ayrıca çalışmada zeytin, susam ve ardıç katranı gibi sabit yağların antifungal etkinliklerinin zayıf olduğu saptanmış; bu bulgular Bangulzai ve ark. (2022)'nın sabit yağların antifungal etkisinin sınırlı olduğu yönündeki verileriyle örtüşmektedir.

Bu çalışmada kekik, nane ve limon esansiyel yağlarının, özellikle *Penicillium digitatum*, *P. italicum* ve *P. notatum* gibi depo küflerine karşı yüksek düzeyde antifungal aktivite gösterdiği belirlenmiştir. Bu bulgular, Mutlu-İngök ve ark. (2020) tarafından rapor edilen verilerle örtüşmektedir. Söz konusu çalışmada, *Thymus* türlerine ait esansiyel yağların <500 µL/L gibi düşük konsantrasyonlarda *P. digitatum* ve *P. italicum* türlerini inhibe ettiği, *Carum carvi* (çörekotu) yağının ise %100 oranında inhibisyon sağladığı bildirilmiştir. Bu paralellik, özellikle kekik ve çörekotu yağlarının bu tezde saptanan yüksek antifungal etkilerini desteklemekte; ayrıca turunçgil kökenli esansiyel yağların da sınırlı ancak dikkate değer bir etki potansiyeli taşıdığını göstermektedir (Çizelge 5.2.).

Esansiyel yağların antifungal etkileri genellikle içerdiği fenolik bileşikler, terpenoidler ve aldehitler gibi uçucu bileşenlerin hücre zarı geçirgenliğini bozması, hücre içeriğinin sızmasına yol açması ve enzimatik süreçleri baskılamasıyla ilişkilidir (Nazzaro, Fratianni, Coppola, & Feo, 2017). Bu çalışmada da özellikle kekik yağıyla tam inhibisyon sağlanan örneklerde, mikroskobik düzeyde hücresel tahribatın meydana geldiği düşünülmektedir.

Çalışmanın güçlü yönlerinden biri, geniş sayıda bitkisel yağ örneği kullanılarak kapsamlı bir değerlendirme yapılmış olması ve birden fazla test yönteminin birlikte uygulanmasıdır. Böylece hem antifungal etkinliğin dereceleri hem de sürekliliği ayrıntılı biçimde analiz edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen bulgular, literatürde bildirilen sonuçlarla karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş ve ilgili esansiyel yağların antifungal etkilerinin doğrulanmasına katkı sağlamıştır. Ancak çalışmanın bazı sınırlılıkları da mevcuttur. Öncelikle, test edilen yağların kimyasal içerikleri analiz edilmemiştir. Bu nedenle antifungal etkinlikten sorumlu bileşenlerin belirlenmesi mümkün olmamıştır. Ayrıca çalışma yalnızca in vitro koşullarda gerçekleştirilmiş, bu da sonuçların doğrudan pratik uygulamalara genellenmesini sınırlamaktadır.

Bu çalışma, doğal antifungal ajanların kullanım potansiyelini destekleyen önemli bulgular sunmakta olup, ileride yapılacak daha geniş kapsamlı ve uygulamaya dönük çalışmalar için temel teşkil etmektedir.

Sonuç olarak, bu tez kapsamında elde edilen bulgular, kekik yağı başta olmak üzere bazı esansiyel yağların *Penicillium digitatum, P. italicum* ve *P. notatum* gibi depo küflerine karşı güçlü antifungal potansiyel taşıdığını göstermektedir. Bu yağların doğal antifungal ajanlar olarak tarım ve gıda koruma teknolojilerinde kullanılabileceği öngörülmektedir. Ancak uçucu yağların etkinliklerinin zamanla azalabileceği dikkate alınarak, ileri düzey formülasyonlar, taşıyıcı sistemler ve kontrollü salınım tekniklerinin geliştirilmesi, ayrıca güvenlik, duyusal etki ve stabilite analizlerinin yapılması önerilmektedir. Gelecek çalışmalarda bu yağların kimyasal bileşen analizlerinin yapılması, sinerjik etkilerinin değerlendirilmesi ve in vivo uygulamalarda test edilmesi önem arz etmektedir.

BÖLÜM 7

KAYNAKLAR

Bangulzai, N., Ahmed, S., Kashif, M., Fatima, M., Ahmed, M., & Mushtaq, N. (2022). Antifungal Activity of Essential Oils Extracted from Different Plants Against. *International Journal of Agriculture and Biosciences Penicillium digitatum Causing Green Mold of Citrus, 11*(2), 75-83. doi:https://doi.org/10.47278/journal.ijab/2022.011

Bayaz , M. (2014). Esansiyel Yağlar: Antimikrobiyal, Antioksidan ve Antimutajenik Aktiviteleri. *Akademik Gıda, 12*(3), 45-53. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1186459 adresinden alındı

Bhavaniramya, S., Vishnupriya, S., Al-Aboody, M., Vijayakumar, R., & Baskaran, D. (2019). Role of essential oils in food safety: Antimicrobial and antioxidant applications. *Grain & Oil Science and Technology, 2*(2), 49-55. doi:https://doi.org/10.1016/j.gaost.2019.03.001

Bhunia, A. (2018). Molds and Mycotoxins. *Foodborne Microbial Pathogens*(2nd ed.), 167-174. doi:https://doi.org/10.1007/978-1-4939-7349-1_8

Buchbauer, G., Jirovetz, L., Jáger, W., Plank, C., & Dietrich, H. (1993). Fragrance Compounds and Essential Oils With Sedative Effects Upon İnhalation. *Journal of pharmaceutical sciences, 82*(6), s. 660-664. doi:https://doi.org/10.1002/jps.2600820623

Caccioni, D., Guizzardi, M., Biondi , D., Renda, A., & Ruberto, G. (1998). Relationship between volatile components of citrus fruit essential oils and antimicrobial action

on *Penicillium digitatum* and *Penicillium italicum*. *International Journal of Food Microbiology, 43*(1-2), 73-79. doi:https://doi.org/10.1016/S0168-1605(98)00099-3

Çavuşoğlu, A., Kasım, R., & Kasım, M. (2021). Bitki Esansiyel Yağlarının Depo Hastalıklarının Kontrolündeki Antifungal Aktivitesi. *3rd Internatıonal Cukurova Agrıculture And Veterınary Congress*, (s. 996-1013). Adana.

Daferera, D., Ziogas, B., & Polissiou, M. (2000). GC-MS Analysis of Essential Oils from Some Greek Aromatic Plants and Their Fungitoxicity on *Penicillium digitatum*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48*(6), 2576-2581. doi:https://doi.org/10.1021/jf990835x

Daga, P., Vaishnav, S., Dalmia, A., & Tumaney, A. (2022). Extraction, fatty acid profile, phytochemical composition and antioxidant activities of fixed oils from spices belonging to *Apiaceae* and *Lamiaceae* family. *Journal of Food Science and Technology, 59*(2), 518-531. doi:https://doi.org/10.1007/s13197-021-05036-1

De Groot, A., & Schmidt, E. (2016). Tea tree oil: contact allergy and chemical composition. *Contact Dermatitis, 75*(3), 129-143. doi: https://doi.org/10.1111/cod.12591

Dwivedy, A., Prakash, B., Chanotiya, C., Bisht, D., & Dubey, N. (2017). Chemically characterized *Mentha cardiaca* L. essential oil as plant based preservative in view of efficacy against biodeteriorating fungi of dry fruits, aflatoxin secretion, lipid peroxidation and safety profile assessment. *Food and Chemical Toxicology, 106*(Part A), 175-184. doi:https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.05.043

Elshafie, H., & Camele, I. (2016). Chapter 5: Investigating the effects of plant essential oils on postharvest fruit decay, in Fungal Pathogenicity (Intechopen). *Fungal Pathogenicity*, 83-98. doi:doi: 10.5772/62568

Evren, M., & Tekgüler, B. (2011). Uçucu Yağların Antimikrobiyel Özellikleri. *Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi, 9*(3), s. 28-40. https://www.mendeley.com/catalogue/438b6340-1cd9-3170-8dc5-357da5d62eb6/ adresinden alındı

Felšöciová, S., Vukovic, N., Jeżowski, P., & Kačániová, M. (2020). Antifungal activity of selected volatile essential oils against *Penicillium* sp. *Open Life Sciences, 15*(1), 511-512. doi:https://doi.org/10.1515/biol-2020-0045

Gatsing, D., Tchakoute, V., Ngamga, D., Kuiate, J.-R., Tamokou, J., Nji-Nkah, B., Tchouanguep, F. & Fodouop, S. (2009). In Vitro antibacterial activity of *Crinum purpurascens* herb leaf extract against the *Salmonella* species causing typhoid fever and its toxicological evaluation. *Iranian Journal of Medical Sciences, 34*(2), 126-136.

Hyldgaard, M., Mygind, T., & Meyer, R. (2012). Essential oils in food preservation: mode of action, synergies, and interactions with food matrix components. *Frontiers in Microbiology, 3*(JAN), 20029. doi:https://doi.org/10.3389/fmicb.2012.00012

Jakovljević , V., Milićević , J., Stojanović , J., Solujić , S., & Vrvić , M. (2014). Antioxidant activity of ethanolic extract of *Penicillium chrysogenum* and *Penicillium fumiculosum*. *Hemijska industrija, 68*(1), 43-49. doi:https://doi.org/10.2298/HEMIND121102027J

Karaton Kuzgun, N. (2023). Defne Yaprağı Esansiyel Yağının +4°C'de Muhafaza Edilen Gökkuşağı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum,1792) Filetolarının Raf Ömrü Üzerine Koruyucu Etkisi. *Research article/Araştırma makalesi, 9*(1), 107-114. doi:10.29132/ijpas.1191629

Kumar, M., Dwivedy, A., Sarma, P., Dkhar, M., Kayang, H., Raghuwanshi, R., & Dubey, N. (2020). Chemically characterised Artemisia nilagirica (Clarke) Pamp. essential oil as a safe plant-based preservative and shelf-life enhancer of millets against fungal and aflatoxin contamination and lipid peroxidation. *Plant Biosystems, 154*(3), 269-276. doi:https://doi.org/10.1080/11263504.2019.1587539

Kumar, M., Sarma, P., Dkhar, M., Kayang, H., Raghuwanshi , R., & Dubey, N. (2018). Assessment of chemically characterised Gaultheria fragrantissima Wall. essential oil and its major component as safe plant based preservative for millets against fungal, aflatoxin contamination and lipid peroxidation during storage. *Journal of Food Science and Technology, 55*(1), 111-119. doi:https://doi.org/10.1007/s13197-017-2842-y

Li, P., Xie , D., Chen, H., Qiu, Y., Zhang, X., Zhang, S., Lizhen, W., Lin, H., Li , X., & Liu, K. (2023). Secondary metabolites from marine derived fungus *Penicillium chrysogenum* Y19-1 with proangiogenic and antithrombotic activities. *Biochemical Systematics and Ecology, 107*, 104625. doi:https://doi.org/10.1016/j.bse.2023.104625

Lopes, F., Tichota, D., Sauter, I., Meira, S., Segalin, J., Rott, M., Rios, A., & Brandelli, A. (2013). Active metabolites produced by *Penicillium chrysogenum* IFL1 growing on agro-industrial residues. *Annals of Microbiology, 63*(2), 771-778. doi:https://doi.org/10.1007/s13213-012-0532-6

Lu, Y., Villegas-Moreno, J., & Clark, B. J. (2024). Secondary metabolites from *Penicillium chrysogenum* WX6 and their chemotaxonomic significance. *Biochemical Systematics and Ecology, 116*, s. 104858.

Magro, A., Carolino, M., Bastos, M., & Mexia, A. (2006). Efficacy of Plant Extracts Against Stored Products Fungi. *Rev Iberoam Micol, 23*(3), s. 176-178. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1130140606700390 adresinden alındı

Mancini, E., Camele, I., Elshafie, H., De Martino, L., Pellegrino, C., Grulova, D., & De Feo, V. (2014). Chemical Composition and Biological Activity of the Essential Oil of *Origanum vulgare* ssp. hirtum from Different Areas in the Southern Apennines (Italy). *Chemistry and Biodiversity, 11*(4), 639-651. doi: https://doi.org/10.1002/cbdv.201300326

Maurya, A., Prasad, J., Das, S., & Dwivedy, A. (2021). Essential Oils and Their Application in Food Safety. *Frontiers in Sustainable Food Systems, 5*, 653420. doi:https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.653420

Mseddi, K., Alimi, F., Noumi, E., Veettil, V., Deshpande, S., Adnan, M., Hamdi, A., Elkahoui, S., Alghamdi, A., Kadri, A., Patel, M., & Snoussi, M. (2020). *Thymus musilii* Velen. as a promising source of potent bioactive compounds with its pharmacological properties: In vitro and in silico analysis. *Arabian Journal of Chemistry, 13*(8), 6782-6801. doi:https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2020.06.032

Mutlu-Ingok, A., Devecioglu, D., Dikmetas, D., Karbancioglu-Guler, F., & Capanoglu, E. (2020). Antibacterial, Antifungal, Antimycotoxigenic, and Antioxidant Activities of Essential Oils: An Updated Review. *Molecules, 25*(20), 4711. doi:https://doi.org/10.3390/molecules25204711

Nazzaro, F., Fratianni, F., Coppola, R., & Feo, V. (2017). Essential Oils and Antifungal Activity. *Pharmaceuticals, 10*(4), 86. doi:https://doi.org/10.3390/ph10040086

Özcan Ateş, G. (2023). Antifungal activity of *Eugenia caryophyllata*, *Cinnamomum* sp., *Mentha piperita*, and *Thymus vulgaris* essential oils against *Aspergillus niger*. *Anatolian Journal of Botany, 7*(2), 135-139. doi:10.30616/ajb.1337945

Özcan Ateş, G. (2024). In vitro Antifungal Activity of *Mentha piperita* and *Thymus vulgaris* Essential Oils against Ochratoxigenic *Aspergillus carbonarius* Isolated from Bozcaada Çavuş Grape. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences, 34*(1), 166-175. doi:https://doi.org/10.29133/yyutbd.1403366

Özcan, S., Yılar, M., Belgüzar, S., & Önen, H. (2013). *Teucrium polium* L. Uçucu Yağının Herbisidal ve Antifungal Etkileri ile Kimyasal İçeriğinin Belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, s. 94-103. doi:ISSN: 2146-8168

Özçakmak, S., & Dervişoğlu, M. (2011). Peynirlere Kontamine Olan Küflerin Bazı Esansiyel Yağlar İle İnhibisyonu. *Gıda, 36*(3), s. 177-184.

Pinto, E., Salgueiro, L., Cavaleiro, C., Palmeira, A., & Gonçalves, M. (2007). In vitro susceptibility of some species of yeasts and filamentous fungi to essential oils of Salvia officinalis. *Industrial Crops and Products, 26*(2), 135-141. doi:https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2007.02.004

Ramsey, J., Shropshire, B., Nagy, T., Chambers, K., Li, Y., & Korach, K. (2020). Essential Oils and Health. *Yale Journal of Biology and Medicine, 93*(2), 291-305.

Scora, K., & Scora, R. (1998). Effect of volatiles on mycelium growth of *Penicillium digitatum*, *P. italicum*, and *P. ulaiense*. *Journal of Basic Microbiology, 38*(5-6), 405-413. doi:https://doi.org/10.1002/(SICI)1521-4028(199811)38:5/6<405::AID-JOBM405>3.0.CO;2-2

Shaaban, R., Elnaggar, M., Khalil , N., & Singab, A. (2023). A comprehensive review on the medicinally valuable endosymbiotic fungi *Penicillium chrysogenum*. *Archives of Microbiology, 205*(6), 1-28. doi:https://doi.org/10.1007/s00203-023-03580-2

Snoussi, M., Noumi, E., Punchappady-Devasya, R., Trabelsi, N., Kanekar, S., Nazzaro, F., Fratianni, F., Flamini, G., De Feo, V., & Al-Sieni, A. (2018). Antioxidant properties and anti-quorum sensing potential of *Carum copticum* essential oil and phenolics against *Chromobacterium violaceum*. *Journal of Food Science and Technology, 55*, 2824-2832. doi:https://doi.org/10.1007/s13197-018-3219-6

Tao, N., Jia, L., & Zhou, H. (2014). Anti-fungal activity of *Citrus reticulata* Blanco essential oil against *Penicillium italicum* and *Penicillium digitatum*. *Food Chemistry, 153*, 265-271. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.12.070

Tayfun, K. (2019). Aromaterapi. *Journal of BSHR 2019, 3*(Özel Sayı), s. 67-73. doi:https://doi.org/10.34084/bshr.548407

Tongnuanchan, P., & Benjakul, S. (2014). Essential Oils: Extraction, Bioactivities, and Their Uses for Food Preservation. *Journal of Food Science, 79*(7), R1231-R1249. doi: https://doi.org/10.1111/1750-3841.12492

Trabelsi, D., Hamdane, A., Said, M., & Abdrrabba, M. (2016). Chemical Composition and Antifungal Activity of Essential Oils from Flowers, Leaves and Peels of Tunisian *Citrus aurantium* Against *Penicillium digitatum* and *Penicillium italicum*. *Journal of Essential Oil Bearing Plants, 19*(7), 1660-1674. doi:https://doi.org/10.1080/0972060X.2016.1141069

Tunail, N. (2000). Gıda Mikrobiyolojisi ve Uygulamaları. *2*, 1-50. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü.

Turek, C., & Stintzing, F. C. (2013). Stability of essential oils: a review. *Comprehensive reviews in food science and food safety, 12*(1), s. 40-53. doi:https://doi.org/10.1111/1541-4337.12006

Vitoratos, A., Bilalis, D., Karkanis, A., & Efthimiadou, A. (2013). Antifungal Activity of Plant Essential Oils Against *Botrytis cinerea*, *Penicillium italicum* and *Penicillium digitatum*. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 41*(1), 86-92. doi:ISSN 0255-965X

Wani, A. R., Yadav, K., Khursheed, A., & Rather , M. A. (2021). An updated and Comprehensive Review of The Antiviral Potential of Essential Oils and Their Chemical Constituents With Special Focus on Their Mechanism of Action Against Various İnfluenza and Coronaviruses. *Microbial Pathogenesis, 152*. doi:https://doi.org/10.1016/j.micpath.2020.104620

Yahyazadeh, M., Omidbaigi, R., Zare, R., & Taheri, H. (2008). Effect of some essential oils on mycelial growth of *Penicillium digitatum* Sacc. *World Journal of Microbiology and Biotechnology, 24*, 1445-1450. doi:https://doi.org/10.1007/s11274-007-9636-8

Zulu, L., Gao, H., Zhu, Y., Wu, H., Xie, Y., Liu, X., Yao, H., & Rao, Q. (2023). Antifungal effects of seven plant essential oils against *Penicillium digitatum*. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture, 10*(82), 1-12. doi:https://doi.org/10.1186/s40538-023-00434-3

ÖZGEÇMİŞ

Lisans eğitimimi Trakya Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü'nde 2017-2021 yılları arasında tamamladım. Ardından Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimime devam ettim ve tezimi 04.07.2025 tarihinde sunarak başarıyla tamamladım.

Tez çalışmamı "*Penicillium digitatum* (CECT 2954), *Penicillium italicum* (CECT 2294) Ve *Penicillium notatum* (NRRL 807) Küflerine Karşı Bazı Esansiyel Yağların Antifungal Aktivitelerinin Belirlenmesi" başlığıyla yürüttüm.

Lisansüstü eğitimi süresince mikoloji, antifungal doğal bileşikler ve moleküler biyoloji alanlarında çalışmalarda bulundum.

2024 yılında Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi'nde düzenlenen 4. Uluslararası Avrasya Mikoloji Kongresi'ne katılarak Fujifilm sponsorluğunda gerçekleştirilen "Moleküler Mikoloji: Fungal PCR Uygulamaları" kursunu başarıyla tamamladım. Aynı yıl AG-BIOL2024 Uluslararası Konferansı'nda "*Peucedanum obtusifolium* Sibth. & Sm. (Apiaceae) Üzerine Embriyolojik Araştırmalar" başlıklı çalışmasıyla poster sunumu gerçekleştirdim. Orta düzeyde İngilizce bilmekte olup mikoloji, bitkisel ekstraktlar, uçucu yağlar ve antifungal biyolojik ajanlar konularına ilgi duymaktayım.