

## Patates Patojenleri *Fusarium sambucinum* ve *Rhizoctonia solani*'ye Karşı Bazı Uçucu Yağların Kullanım Olanaklarının Araştırılması

Şerife Evrim ARICI<sup>1</sup>  Arif ŞANLI<sup>2</sup>  Raziye Dilara ÇAPA<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü Çünür-İSPARTA-TÜRKİYE

<sup>2</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü Çünür-İSPARTA-TÜRKİYE

### Öz

Bu çalışmada patateslerde çürüklüklere neden olan *Fusarium sambucinum* ve *Rhizoctonia solani*'ye karşı 4 ayrı bitkiden (Adaçayı, Biberiye, Tarçın ve Kekik) elde edilen uçucu yağın kontakt ve buhar fazında antifungal aktivitesi araştırılmıştır. Her yağın kontakt etkili denemelerinde 100, 200, 300, 400, 500, 1000, 2000, 4000 µL/L, buhar fazı denemelerinde ise 3, 6.25, 12.5, 25, 50, 100 µL/petri dozları kullanılmıştır. *In vitro* çalışmalarında bütün yağlar fungusların misel gelişimini engellemesine rağmen, en etkili tarçın ve kekik uçucu yağları tespit edilmiştir. Kontakt faz uygulamasında kekik yağının 100 µL/L dozu her iki fungusun misel gelişimini %100 engellerken, tarçın yağı *R. solani* için 200 µL/L, *F. sambucinum* için 300 µL/L dozlarında misel gelişimini %100 engellemiştir. Buhar fazında ise *R. solani* için tarçın yağı 25 µL/petri, kekik yağı ise 6.25 µL/petri dozu, *F. sambucinum* için her iki yağın 12.5 µL/petri dozu fungusların misel gelişimlerini %100 engellemiştir. Patates yumrularında kekik ve tarçın yağının kontakt olarak uygulanmasında her iki fungusun misel gelişimi tamamen baskılanırken, buhar fazında kekik yağı daha iyi etkinlik göstermiştir. Kekik yağında thymol (%44.63), tarçın yağında ise cinnamaldhyde (%66.66) ana bileşen olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak kekik ve tarçın yağlarının kontakt fazı patates yumrularında *F. sambucinum* ve *R. solani*'yi kontrol etmede fungusitlere alternatif antimikrobiyal olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir.

### Article Info

Received: 11.10.2024

Accepted: 29.11.2024

### Anahtar Kelimeler

Antifungal aktivite  
Uçucu yağlar  
Cinnamaldhyde  
Thymol

## Investigation of the Usage Possibilities of Some Essential Oils Against Potato Pathogens *Fusarium sambucinum* and *Rhizoctonia solani*

### Abstract

The antifungal activity of four essential oils (Sage, Rosemary, Cinnamon and Thyme) against *Fusarium sambucinum* and *Rhizoctonia solani* causing rot in stored potatoes were investigated in the contact and vapor phase. In contact effect experiments of each oil, 100, 200, 300, 400, 500, 1000, 2000, 4000 µL/L, and in vapor phase experiments, 3, 6.25, 12.5, 25, 50, 100 µL/petri doses were used. Although all oils inhibited the mycelial growth of fungi in *in vitro* studies, the most effective essential oils were cinnamon and thyme. In the contact phase application, 100 µL/L dose of thyme oil inhibited the mycelial growth of both fungi by 100%, while cinnamon oil at the doses of 200 µL/L for *R. solani* and 300 µL/L for *F. sambucinum* inhibited the mycelial growth by 100%. In the vapor phase, 25 µL/petri dose of cinnamon oil, 6.25 µL/petri dose of thyme oil for *R. solani* and 12.5 µL/petri dose of both oils for *F. sambucinum* inhibited the mycelial growth of fungi by 100. Thyme and cinnamon oil in the contact application on potato tubers, mycelial growth of both fungi was completely suppressed, while thyme oil showed better efficacy in the vapor phase. Thymol (44.63%) was determined as the main component in thyme oil and cinnamaldhyde (66.66%) was determined as the main component in cinnamon oil. In conclusion, it is thought that the contact phase of thyme and cinnamon oils can be used as alternative antimicrobials to fungicides in controlling *F. sambucinum* and *R. solani* on potato tubers.

### Keywords

Antifungal activity  
Essential oil  
Cinnamaldhyde  
Thymol



Corresponding Author

[evrimarici@isparta.edu.tr](mailto:evrimarici@isparta.edu.tr)

### Giriş

Patates (*Solanum tuberosum* L.), dünyada ve ülkemizde sevilerek üretilen-tüketilen bir endüstri bitkisidir. Patatesin dünyadaki üretimi yaklaşık 368 milyon tondur (Yücel ve Oğuz 2020). Ülkemizde patates

üretimi 2023 yılında 5.7 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2024). Ülkemizde ve dünyada patateslerde hasat sonrası bazı hastalıklardan dolayı yumrulara verim kayıpları olmaktadır. Depolarda patateslerde yumru çürüklüklerine *Fusarium coeruleum*, *F. sambucinum*, *F. avenaceum*, *F. oxysporum*, *Alternaria solani*, *Rhizoctonia solani*, *Helminthosporium solani*, *Phytophthora infestans* (A1 and A2 mating types), *Phytophthora erythroseptica*, *Phoma exigua* ve *Pythium ultimum* gibi fungal etmenler neden olmaktadır (Boyd, 1972; Secor ve Salas, 2001; Aydın ve Turhan, 2013; Al-Mughrabi vd., 2013; Yıkılmazsoy ve Tosun, 2021). Bu bitki patojenleri içerisinde *Fusarium* spp.'nin neden olduğu *Fusarium* yumru çürüklüğü ile *Rhizoctonia solani*'nin neden olduğu siyah kabuk hastalığı ciddi verim kayıplarına neden olmaktadır.

*Fusarium* yumru çürüklüğü patates bitkisinde tarlada ve depolardaki yumrulara hastalığa neden olur ve bitkilerde solgunluk ve kuru çürüklük meydana getirir. Patates yumrularında oluşan kuru çürüklük; yaralanmış ya da ezilmiş dokulardan başlar, başlangıçta küçük ve kahverengi çökük yüzeysel lekeler şeklinde oluşur. Çürüyen yumrular üzerinde fungusun ipliksi beyaz ya da menekşe renginde miselleri olabilir. Çürüklük ilerleyince, lekelerin olduğu yerlerde bir oyukluk oluşmaya başlar, bunu yumru yüzeyinin buruşarak mumyalaşması takip eder ve sonrasında yumrular sadece kuru kabuk şeklinde kalır. Patatesteki kuru çürüklüğe özellikle *Fusarium solani*, *Fusarium sambucinum*, *Fusarium culmorum*, *Fusarium avenaceum* ve *Fusarium oxysporum*'un neden olduğu bilinmekte olup, bu funguslar insan ve hayvan sağlığına zarar veren fusarik asit mikotoksini de üretmektedir (Delen, 2007; Wharton vd., 2007).

*Rhizoctonia solani* (teleomorph: *Thanatephorus cucumeris*) yumru üzerinde siyah siğiller, çatlamlar ve şekil bozukluklarına neden olarak pazar değeri kayıplarına, bitkinin stolon ve gövdesinde çürüklüklere yol açarak bitkide besin maddelerinin organlara taşınmasını engeller ve gelişme geriliğine neden olur. Bu fungus topraktaki bitki kalıntılarında miselyum halinde veya serbest halde sklerot olarak, yumrulara ise 1-10 mm çapında sklerotlar halinde canlılığını sürdürür (Woodhall vd., 2007; Agrios, 2015). Patates yumrularının *R. solani* nedeniyle ekonomik kayıplar da oldukça önemlidir. Patateste pazarlanabilir ürün kayıplarının %30, verim kayıplarının çoğunlukla %10-15 arası olduğu bildirilmiştir (Little vd., 1988; Read vd., 1989).

*Fusarium sambucinum* ve *Rhizoctonia solani*'nin toprak ve tohum kökenli olması ve yumru ile kolay taşınması nedeniyle hastalığın mücadelesinde zorluklar yaşanmaktadır. Patates depolarında ürün kayıplarını engellemek amacıyla genellikle kimyasal mücadele uygulanmaktadır. Depo hastalıklarına karşı pestisit kullanımı tüketicilere ve çevreye olduğu kadar kullanıcılara da zararlı olabilmektedir. Ayrıca günümüzde depo hastalıklarına karşı etkili olan pestisitlerin sayısı oldukça azdır ve kuru çürüklük, gümüş kabuk gibi patates depo hastalıklarına neden olan patojenler, thiobendazole etkili fungusitlere karşı direnç geliştirmiştir (Hanson vd., 1996; Al-Mughrabi vd., 2013). Bununla birlikte, fosfor asidi hasat sonrası depo hastalıklarına karşı yaygın olarak kullanılmasına rağmen, sadece Oomycetes'lere karşı etkilidir (Al-Mughrabi, 2003). Bu nedenlerden dolayı alternatif hasat sonrası hastalık yönetimi araçlarına acil bir ihtiyaç vardır. Son yıllarda bitki hastalıklarına karşı uçucu yağların kullanımı ile ilgili çalışmalar büyük önem kazanmıştır (Nohutçu vd., 2021). Araştırmalar uygun dozda bitkisel uçucu yağların kullanılmasıyla kültür bitkilerinde; bitki hastalıklarının baskılanmasında olumlu değişimler sağlanabileceğini göstermektedir. Bitkilerdeki uçucu yağların patojenlere karşı ağırlıklı olarak bitki savunma bileşikleri olduğu, bunların antimikrobiyal veya fungusit özelliklere sahip olduğu bilinmektedir (Al-Mughrabi, 2003; Mosciano, 2005; El-Awady, 2020). Uçucu yağların mikotoksin üreten funguslar ve çeşitli patojenlere karşı antifungal etkisi daha önce birçok araştırmacı tarafından incelenmiş ve etkileri gösterilmiştir. Ülkemizde "kekik" olarak tanımlanan Lamiaceae familyasına ait pek çok hoş kokulu bitki türü bulunmakta ve içerisinde pek çok sekonder metabolit bulundurmaktadır. Kekik içerisinde özellikle carvacrol ve thymol sekonder metabolitlerinin yoğun olarak bulunduğu ve en yüksek antimikrobiyal etkiye sahip olduğu belirtilmiştir (Baydar vd., 2009; Bounar vd., 2020). Bu metabolitler fungusların misel gelişimlerini inhibe etmektedir (Bozhüyük vd., 2015; Türkkan vd., 2020). Tarçın bitkisi ise Lauraceae familyası içerisinde bulunmakta olup özellikle içerisindeki eugenol, cinnamaldehyde sekonder metabolitlerin antimikrobiyal etkiye sahip olduğu belirtilmiştir (Yeole vd., 2014; Kowalska, vd., 2021). Ek olarak, uçucu yağlar biyolojik olarak parçalanabilir ve dolayısıyla tarımda hastalıkların kontrolünde yaygın olarak kullanılabilirler bile çevre dostudurlar. Bu

nedenle, patates depo hastalıklarının kontrolünde uçucu yağların kullanımı çevreye zararsız bir yaklaşım olabilir. Son yıllarda bazı araştırmacılar tarafından patates depolarında görülen depo hastalıklarına karşı uçucu yağlar ile ilgili denemeler yapılmaya başlanmıştır. Al-Mughrabi vd. (2013) yapmış oldukları çalışmada patateste görülen *Fusarium coeruleum*, *F. sambucinum*, *F. avenaceum*, *F. oxysporum*, *Alternaria solani*, *Rhizoctonia solani*, *Helminthosporium solani*, *Phytophthora infestans* (A1 ve A2 mating types), *Phytophthora erythroseptica*, *Phoma exigua* ve *Pythium ultimum* fungal hastalıklarına karşı *in vitro* koşullarda S-carvone, L-menthone, iki farklı türe ait nane yağları (peppermint ve spearmint) uygulamışlar ve fungusların misel gelişimlerine olan etkisini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre uygulamaların hepsinde misel gelişimi engellenmiş olmasına rağmen, yağların arasında en az etkili olan Peppermint oil olduğu belirlenmiştir. Ghoneem vd. (2016), yapmış oldukları çalışmada kimyon ve nane uçucu yağlarının farklı konsantrasyonlarını patateste yumru hastalığına neden olan *Sclerotium rolfsii*'ye karşı denemişlerdir. Yapılan çalışma sonucunda %2'lik kimyon yağının fungal misel gelişimini tamamen engellediği belirtilmiştir. Paramanik ve Mandal (2016), yapmış oldukları çalışmada keklik üzümü, badem, kekik, limon otu ve kafur ağacından elde ettikleri yağları patateste kuru çürüklük hastalığı *etmeni Fusarium sambucinum*'a karşı denemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre en etkili yağın kafur ağacından elde edilen yağın olduğu ve hastalık oranının %5 oranın altında olduğu belirtilmiştir. Osman Mohammed Ali vd. (2017) patateste *S. rolfsii* ve *R. solani*'ye karşı nem ve limon otu yağının etkisini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre her iki yağında *S. rolfsii* ve *R. solani* fungal patojenlerin misel gelişimlerini engelledikleri bildirilmiştir. Saroj vd. (2019) fesleğen, limonotu ve karniyarikotu yağının patateslerde *R. solani* hastalığının misel gelişimine olan etkisini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre en etkili yağın limotu yağı olduğu belirtilmiştir.

Yapılan literatür ön araştırmada ülkemizde patateste depo hastalıklarına karşı uçucu yağlarla çok az sayıda çalışmaya rastlanmıştır. Genellikle uçucu yağların depolarda patates çimlenmesini engellemek amacıyla çalışmaların yapıldığı gözlenmiştir (Gómez-Castillo vd., 2013; Şanlı ve Karadoğan, 2019; Oktay ve Artık, 2021; Chen vd., 2024). Yapılan bu çalışmada, *Fusarium sambucinum* ve *Rhizoctonia solani*'ye duyarlı olan Agria patates çeşidine 4 ayrı bitkiden elde edilen (Adaçayı, Biberiye, Tarçın ve Kekik) uçucu yağlar farklı dozlarda uygulanarak *Fusarium sambucinum* ve *Rhizoctonia solani*'ye karşı hem *in vitro* koşullarında hem de patates yumruları üzerinde etkinliği araştırılmış, hastalık etmenine karşı alternatif mücadele yöntemi geliştirilmeye çalışılmıştır.

## Materyal ve Metot

### Materyal

### Patojen fungus

Bu çalışmada daha önce patateslerden Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Fitopatoloji Laboratuvarında Prof. Dr. Ş. Evrim ARICI tarafından izolasyonu, tanınması ve patojenite testi yapılmış *Fusarium sambucinum* ve *Rhizotonia solani* izolatları kullanılmıştır. Denemelerde funguslar PDA ortamında 25 °C'de 7 gün geliştirilerek kullanılmıştır.

### Uçucu yağlar

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümünden Prof. Dr. Arif ŞANLI tarafından elde edilen Kekik (*Thymus vulgaris*), biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.), adaçayı (*Salvia officinalis* L.) tarçın (*Cinnamomum zeylanicum*) uçucu yağları kullanılmıştır.

### Yöntem

### Uçucu yağların elde edilmesi

Çalışmada kullanılan tarçın (*Cinnamomum zeylanicum*) kabukları ile kekik (*Thymus vulgaris*), biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) ve adaçayı (*Salvia officinalis* L.) bitkilerinin herbaları öğütüldükten sonra Clavenger tipi hidrodistilasyon cihazında 3 saat distilayona tabii tutularak uçucu yağları elde edilmiştir

(Council of Europe, 1980). Uçucu yağlar çalışmada kullanılıncaya kadar koyu renkli cam şişelerde + 4 °C sıcaklıkta saklanmıştır.

*Patojen fungusların misel gelişimlerine karşı uçucu yağların in vitro koşullarında kontakt (değme) ve buhar (fumigant) antifungal etkilerinin belirlenmesi.*

#### *Uçucu yağların değme ile patojen fungusların misel gelişimine etkilerinin belirlenmesi*

Erlenmayerler içerisinde hazırlanan PDA ortamı 121°C'de 20 dakika steril edilecek ve su banyosunda 40°C'ye kadar soğutulduktan sonra her bir uçucu yağdan (1, 2, 4, 6, 8, 10 µL/L) konsantrasyonlarında olacak şekilde ilave edilerek steril petrilere her birine 15 ml gelecek şekilde dökülmüştür. Yapılan ön çalışmalarda belirtilen konsantrasyonda bazı yağlarda etkili sonuçlar bulunmadığı için yağ konsantrasyonları yeniden düzenlenmiştir (100, 200, 300, 400, 500, 1000, 2000, 4000 µL/L). Yağlar daha önce %0.05 Tween 80 içerisinde çözülerek ortam içerisine ilave edilmiştir. Kontrol olarak sadece %0.05 Tween 80 içeren su koyulmuştur. Önceden 25 °C'de PDA ortamında geliştirilmiş 7 günlük *F. sambucinum* ve *R. solani* fungal kültürlerden disk parçaları (0.5 mm çapında) uçucu yağ + PDA içeren petri kaplarının ortasına yerleştirilmiştir Petri kapakları sıkıca parafilmlelendikten sonra 25°C'de inkübasyona bırakılmıştır. Kontrol petri tamamen fungusla kaplanınca petrilere gelişen fungusların koloni çapları ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Gakuubi vd., 2017).

$$\text{Engelleme (\%)}: [A-B/A] \times 100 \quad (1)$$

A: Kontrol radyal misel gelişimi.

B: Uygulama radyal misel gelişimi.

#### *Uçucu yağların buhar fazında patojen fungusun misel gelişimine etkisinin belirlenmesi*

Steril petri kaplarına (9 cm çapında) 15 ml PDA besin ortamı dökülmüş ve ertesi gün petri kaplarının merkezine 7 günlük *F. sambucinum* ve *R. solani* fungal kültürlerden disk parçaları (0.5 mm çapında) PDA ile temas edecek şekilde yerleştirilmiştir. Uçucu yağların farklı konsantrasyonları öncelikle 3, 6.25, 12.5, 25, 50, 100 µL/petri dozlarında steril %0,05 Tween 80 içeren su içerisinde hazırlanmıştır. Hazırlanan dozlar petri kaplarının kapağının merkezine yerleştirilen steril filtre kağıdına damlatılıp petri kaplarının etrafı parafilm ile kapatıldıktan sonra ters çevrilerek 25 °C'de inkübasyona bırakılmıştır. Kontrol petri kaplarına sadece %0.05 Tween 80 içeren saf su damlatılmıştır. Aynı koşullarda inkübe edilen kontrol grubu petrilereki fungusların gelişmeleri günlük olarak takip edilerek petriyi kaplamaya yakın olduğunda, kontrol ve uçucu yağ içeren petrilereki fungusların misel gelişmeleri ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Türkkan vd., 2020). Her bir deneme tesadüf parseller deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulmuş ve her bir deneme iki kez tekrarlanacaktır.

$$\text{Engelleme (\%)}: [A-B]/A \times 100 \quad (2)$$

A: Kontrol petrilereki fungal gelişme.

B: Uçucu yağ eklenmiş veya steril filtre kağıdına damlatılmış petrilereki fungal gelişme.

#### *Minimum Engelleme Konsantrasyonu (MICs)*

Misel gelişiminin hiç gözlenmediği en düşük yağ konsantrasyonundan alınan disk parçası yeni PDA ortamında 25 °C'de 5 gün inkübasyona alınacak ve minimum fungisidal etkisi belirlenmiştir. Ayrıca aktarılan fungusun tekrar gelişmeye başladığı ve petriyi tamamen kapladığı gün sayısı belirlenerek yağların konsantrasyonlarının fungistatik etkileri de belirlenmiştir.

#### *Uçucu yağların GC analizleri ile ana bileşenlerinin belirlenmesi*

*In vitro* denemelerinde hem kontakt hem de fümigant olarak en etkili olan kekik ve tarçın yağının sekonder metabolitleri GC/MS yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Her bitki türüne ait uçucu yağların bileşenleri GC/MS (Gaschromatography/Massspectrometry) cihazı (QP-5050 GC/MS, Quadrapole

detektörlü) ile belirlenmiştir. 10 µl uçucu yağ 1 ml n-hekzan içinde eritildikten sonra GC/MS cihazının CP-Wax 52 CB (50 m x 0.32 mm; film thickness 0.25 µm) kolonuna enjekte edilmiştir. Cihazın çalışma koşulları: Kapiler kolon: CP-Wax 52 CB (50 m x 0,32 mm, film thickness 0,25 µm), Fırın sıcaklık programı: 60 °C'den 220 °C'ye dakikada 10°C artırılarak ulaşılmış ve 220 °C'de 10 dakika bekletilmiştir. Toplam koşuturma süresi: 60 dakika, Enjektör sıcaklığı: 240 °C, Detektör sıcaklığı: 250 °C, Taşıyıcı gaz: Helyum (20 ml/dak.). Dedektör enerji akışı 70 eV, iyonlaştırma türü EI ve helyum akış hızı 20 ml/dk olarak ayarlanmıştır. Bileşenler, kütle spektrumlarının standart maddelerin geliş zamanlarının NIST ve Wiley kütüphanelerinde rapor edilen değerleri ile karşılaştırılması yoluyla tanımlanmıştır (Rostad ve Pereira, 1986; Adams, 2007).

#### *In vivo* denemeleri

*In vitro* çalışmasında en etkili uçucu yağın en etkili konsantrasyonu ile *in vivo* koşullarında deneme kurulmuştur. *In vitro* çalışmalarında patojen funguslara karşı en etkili tarçın ve kekik yağları olmuştur. Denemede Agria patates çeşidi kullanılmıştır. Sağlıklı patates yumruları (yaklaşık 20 g) %0.5 çamaşır suyu ile 3 dakika steril edildikten sonra birkaç kez sudan geçirilmiş ve daha sonra kurutulmuştur. Patates yumruları hafif yaralandıktan sonra denemede kullanılacak kabin hacmine göre *in vitro* denemede belirlenen tarçın ve kekik yağının kontakt etkisi için kekik yağının 100 µL/L dozu her iki fungus için, tarçın yağının kontakt etkisi için ise *R. solani* için 200 µL/L ise *F. sambucinum* için 300 µL/L olarak sadece %0.05 Tween 80 içeren saf su içerisinde hazırlanmıştır. Patates yumruları 20 dakika hazırlanan uçucu yağ dozları içerisinde bekletilmiş, daha sonra 2 saat kurutmaya bırakılmıştır. Buhar fazı için ise *Rhizoctonia solani* için tarçın yağı 25 µL /petri kekik yağı ise 6.25 µL/petri olarak, *F.sambucinum* için ise her iki yağın 12.5 µL /petri dozu kullanılmıştır. Denemelerde her iki fungus için *in vitro*'da etkili olan yağ konsantrasyonları, kullanılan kabın hacmine göre hesaplanarak uygulanmıştır. Denemede kullanılacak patates yumruları muhafaza etmek için plastik sızdırmaz kaplar kullanılmıştır. Patateslerin bulunduğu kapların üzerine steril whatman kağıtların üzerine bu konsantrasyonda yağlar damlatılmıştır. Nem kontrolünü sağlamak amacıyla da steril kurutma kağıtları kesilerek kapların tabanına konulmuş ve steril su ile ıslatılmıştır, daha sonra kaplar streçfilm ile tamamen kapatılmıştır. Denemede uygulamalar yanında emsal fungusit olarak tohum ilacı Dynasty CST 125 FS, negatif kontrol ve pozitif kontrol kullanılmıştır. Pozitif kontrolde yumrulara uçucu yağ uygulaması yapılmadan sadece her bir patojen fungus ile inokule edilmiştir. Negatif kontrolde ise yumrulara sadece %0.05 Tween 80 içeren su uygulaması yapılmıştır.

*F. sambucinum* ve *R. solani* inokulasyonu için, sterilizasyonu yapılmış ve kurutulmuş patates yumrular 5 mm çapında ve 4 mm derinliğinde bir mantar delici ile yaralanarak PDA ortamında geliştirilen 7 günlük *F. sambucinum* ve *R.solani*'ye ait 5 mm disk parçası her bir fungus için patates yumrusu üzerinde yaralanan kısma koyularak inokulasyon yapılmıştır. Daha sonra patates yumruları kapların içerisine konularak 25 °C'de 4 hafta inkübasyona alınmıştır. Kontrol yumrulara ise sadece PDA ortamı içeren disk parçası yerleştirilmiştir. Emsal fungusit olarak tohum ilacı Dynasty CST 125 FS firmanın önerdiği dozda kullanılmıştır. İnkübasyon süresi sonucunda yumrular *F. sambucinum* için inokulasyon yerinden uzunlamasına kesilmiş, hastalık şiddeti *F. sambucinum* 0-5 hastalık skalasına göre değerlendirilmiştir. *Fusarium sambucinum* 0-5 skalası: 0 Enfeksiyon yok (doğal ve yapay olarak enfekte olmuş yumrularda) 1: %1–%20 enfekte doku, 2: %21–%40 enfekte doku, 3: %41–%60 enfekte doku, 4: %61–%80 enfekte doku, 5: yumrunun %81≤ enfekteli olması (Yıkılmazsoy ve Tosun, 2021). Uygulamadan 4 hafta sonra yumrular *R. solani* ile inokule edilmiş yumrular 0-5 skalasına göre değerlendirilmiştir. 0 Enfeksiyon yok, 1: < 1% yumru yüzeyi enfekteli, 2: 1 to 10% yumru yüzeyi enfekteli, 3: 11 to 20% yumru yüzeyi enfekteli; 4: 21 - 50% yumru yüzeyi enfekteli, 5: > 50% yumru yüzeyi enfekteli (Ahmad vd., 1995). Skala değerlerine göre elde edilen veriler her bir fungus için hastalık şiddeti hesaplanmıştır (Townsend ve Heuberger, 1943). Her iki hastalıktan yağlara karşı elde edilen % etki ABBOT formülüne göre hesaplanmıştır (Abbott, 1925).

#### *İstatistik analizler*

Çalışmalar sonucunda elde edilen veriler Tukey çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir (p<0.05). İstatistiksel analizler için IBM® SPSS® 22 Statistics paket programlarından yararlanılmıştır.

## Bulgular

### *Patojen fungusların misel gelişimlerine karşı uçucu yağların in vitro koşullarında değme ve buhar fazında antifungal etkilerinin belirlenmesi*

Yapılan bu çalışmada farklı dozlarda adaçayı, biberiye, tarçın ve kekik yağları *F. sambucinum* ve *R. solani* funguslarının misel gelişimine değme ve buhar fazında etkisi araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre uygulanan bütün dozlar farklı konsantrasyonlarda *F. sambucinum* ve *R. solani* misel gelişimini engellemiştir. Uçucu yağların kontakt değme yoluyla her iki fungusun misel gelişiminde en etkili yağlar *F. sambucinum* için kekik ve tarçın yağında 100  $\mu\text{L/L}$ , *R. solani* için ise kekik yağında 300  $\mu\text{L/L}$ , tarçın yağında ise 200  $\mu\text{L/L}$ , olarak tespit edilmiştir (Tablo 1).

**Tablo 1.** *F. sambucinum* ve *R. solani* funguslarının misel gelişimine uçucu yağların kontakt etkisinin belirlenmesi.

Uçucu yağlar ve dozları ( $\mu\text{L/L}$ )	Misel gelişimi (cm)		Engelleme(%)		Uçucu yağlar ve dozları ( $\mu\text{L/L}$ )	Misel gelişimi (cm)		Engelleme(%)*			
	<i>F. sambucini</i>	<i>R. solani</i>	<i>F. sambucinum</i>	<i>R. solani</i>		<i>F. sambucini</i>	<i>R. solani</i>	<i>F. sambucinum</i>	<i>R. solani</i>		
<b>K</b> <b>E</b> <b>K</b> <b>i</b> <b>K</b>	100	0.0±0.0 a	7.8±0.8 c	100	13.33	<b>B</b> 100	9.0±0.0 f	9.0±0.0 c	0	0	
	200	0.0±0.0 a	3.8±3.4 b	100	57.78	<b>İ</b> 200	9.0±0.0 f	9.0±0.0 c	0	0	
	300	0.0±0.0 a	0.0±0.0 a	100	100	<b>B</b> 300	9.0±0.0 f	9.0±0.0 c	0	0	
	400	0.0±0.0 a	0.0±0.0 a	100	100	<b>E</b> 400	9.0±0.0 f	9.0±0.0 c	0	0	
	500	0.0±0.0 a	0.0±0.0 a	100	100	<b>R</b> 500	5.4±1.2 cd	8.5±0.4 c	40	5.55	
	1000	0.0±0.0 a	0.0±0.0 a	100	100	<b>İ</b> 1000	2.1±1.4 b	0.0±0.0 a	76.67	100	
	2000	0.0±0.0 a	0.0±0.0 a	100	100	<b>Y</b> 2000	0.0±0.0 a	0.0±0.0 a	100	100	
4000	0.0±0.0 a	0.0±0.0 a	100	100	<b>E</b> 4000	0.0±0.0 a	0.0±0.0 a	100	100		
<b>A</b> 100	9.0±0.0 f	9.0±0.0 c	0	0	100	0.0±0.0 a	4.7±1.5 b	100	100		
<b>D</b> 200	9.0±0.0 f	9.0±0.0 c	0	0	<b>T</b> 200	0.0±0.0 a	0.0±0.0 a	100	100		
<b>A</b> 300	9.0±0.0 f	9.0±0.0 c	0	0	<b>A</b> 300	0.0±0.0 a	0.0±0.0 a	100	100		
<b>Ç</b> 400	9.0±0.0 f	9.0±0.0 c	0	0	<b>R</b> 400	0.0±0.0 a	0.0±0.0 a	100	100		
<b>A</b> 500	9.0±0.0 f	9.0±0.0 c	0	0	<b>Ç</b> 500	0.0±0.0 a	0.0±0.0 a	100	100		
<b>Y</b> 1000	8.2±1.4 ef	9.0±0.0 c	8.89	0	<b>İ</b> 1000	0.0±0.0 a	0.0±0.0 a	100	100		
<b>I</b>	2000	6.6±1.1 de	9.0±0.0 c	33.33	0	<b>N</b>	2000	0.0±0.0 a	0.0±0.0 a	100	100
	4000	4.2±2.3 c	0.0±0.0 a	53.33	100		4000	0.0±0.0 a	0.0±0.0 a	100	100
Kontrol	9.0±0.0 f	9.0±0.0 c			Dynasty	0.0±0.0 a	0.0±0.0 a	100	100		

\*Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen veriler arasında  $p<0.05$  düzeyinde istatistik fark bulunmaktadır.

Kekik ve tarçın yağının düşük dozları her iki fungusun misel gelişiminde %100 etkili olmuştur. Adaçayı ve biberiye yağının her iki fungusu karşı ise yüksek dozları etkili olmuştur. Adaçayı yağının 4000  $\mu\text{L/L}$  dozu *F. sambucinum* misel gelişimini % 53.33 oranında engellerken, *R. solani* misel gelişimini %100 engellemiştir. Biberiye yağının değme yoluyla uygulanmasında 1000  $\mu\text{L/L}$  dozunda *R. solani* misel gelişimi %100 oranında engellenirken, 2000  $\mu\text{L/L}$  dozu ise *F. sambucinum* fungusunun misel gelişimini %100 oranında engellemiştir. Sonuç olarak, uygulamaların hepsinde misel gelişimi engellenmiş olmasına rağmen, patojen funguslara karşı kekik ve tarçın yağlarının düşük dozları fungusların misel gelişiminin engellenmesinde etkili olurken, adaçayı ve biberiye yağının yüksek dozları etkili olmuştur ( $p<0.05$ ).

Denemede kullanılan yağların buhar fazındaki etkisi incelendiğinde *F. sambucinum*'a karşı tarçın ve kekik yağında 12.5  $\mu\text{L}$  /petri, *R. solani* için ise kekik yağının 6.25  $\mu\text{L}$  /petri, tarçın yağının 25  $\mu\text{L}$  /petri dozu etkili olup misel gelişimini %100 oranında engellemiştir. Adaçayı yağının buhar fazı olarak denemede uyguladığımız dozlar her iki fungusu karşı etkili olmamış ve misel gelişimini engellememiştir ( $p<0.05$ ). Biberiye yağı ise *R. solani*'ye karşı 50  $\mu\text{L}$  /petri'de fumigant etkili olurken, *F. sambucinum*'a karşı hiçbir dozunda fumigant bir etki tespit edilmemiştir. (Tablo 2). Sonuç olarak adaçayı ve biberiye yağının denemede uyguladığımız dozlar heriki fungusun misel gelişiminde çok etkili olmayıp daha yüksek dozların buhar fazı olarak uygulanması gerekli olduğu düşünülmektedir.

**Minimum Engelleme Konsantrasyonu (MICs)**

Hiçbir büyümenin meydana gelmediği en düşük uçucu yağ konsantrasyonunda (MICs) için misel gelişiminin hiç gözlenmediği en düşük yağ konsantrasyonundan alınan disk parçası yeni PDA ortamında 25 °C'de 7 gün inkübasyona alındı ve misellerin hem kontakt etkili ortamdaki alandan hem de fumigant etkili ortamdaki alınan disk parçalarında hiçbir büyüme gözlenmemiştir (Tablo 1, 2). En etkili doz kontakt etki için *Fusarium sambucinum* için kekik ve tarçın yağında 100 µL /ml), *R. solani* için ise kekik yağında 300 µL/ml, tarçın yağında ise 200 µL/ml, olarak tespit edilmiştir. Fumigant etkili de ise *F.sambucinum*'a karşı en etkili yağ tarçın ve kekik yağında 12.5 µL/petri, *R. solani* için ise kekik yağının etkili dozu 6.25 µL/petri, tarçın yapı ise 25 µL/petri olarak belirlenmiştir. Her iki fungusu karşı adaçayı ve biberiye yağının yüksek dozlarda etkisi bulunmuştur.

**Tablo 2.** *F. sambucinum* ve *R. solani* funguslarının misel gelişimine uçucu yağların fumigant etkisinin belirlenmesi

Uçucu yağlar ve dozları (µL/ petri)	Misel gelişimi (cm)		Engelleme(%)		Uçucu yağlar ve dozları (µL/ petri)	Misel gelişimi (cm)		Engelleme(%)*			
	<i>F. sambucinum</i>	<i>R. solani</i>	<i>F. sambucinum</i>	<i>R. solani</i>		<i>F. sambucinum</i>	<i>R. solani</i>	<i>F. sambucinum</i>	<i>R. solani</i>		
<b>K E K İ K</b>	3.1	5.1±1.7 b	4.1±3.6 bc	43.33	54.44	<b>B</b> 3.1	9.0±0.0 c	9.0±0.0 d	0	0	
	6.25	2.0±1.7 a	0.0±0.0 a	77.78	100	<b>İ</b> 6.25	9.0±0.0 c	9.0±0.0 d	0	0	
	12.5	0.0±0.0 a	0.0±0.0 a	100	100	<b>B</b> 12.5	9.0±0.0 c	7.3±2.0 d	0	20	
	25	0.0±0.0 a	0.0±0.0 a	100	100	<b>E</b> 25	9.0±0.0 c	2.5±2.1 ab	0	72.22	
	50	0.0±0.0 a	0.0±0.0 a	100	100	<b>R</b> 50	9.0±0.0 c	0.0±0.0 a a	0	100	
100	0.0±0.0 a	0.0±0.0 a	100	100	<b>İ Y E</b> 100	9.0±0.0 c	0.0±0.0 d	0	100		
<b>A D A Ç A Y I</b>	3.1	9.0±0.0 c	9.0±0.0 d	0	0	<b>T A R Ç İ N</b>	3.1	9.0±0.0 c	9.0±0.0 d	0	0
	6.25	9.0±0.0 c	9.0±0.0 d	0	0		6.25	6.2±2.9 b	9.0±0.0 d	31.11	0
	12.5	9.0±0.0 c	9.0±0.0 d	0	0		12.5	0.0±0.0 a	6.0±1.8 cd	100	33.33
	25	9.0±0.0 c	9.0±0.0 d	0	0		25	0.0±0.0 a	0.0±0.0 a	100	100
	50	9.0±0.0 c	9.0±0.0 d	0	0		50	0.0±0.0 a	0.0±0.0 a	100	100
Kontrol	9.0±0.0 c	9.0±0.0 d			Dynasty	7.5±2.1 c	9.0±0.0 d				

\*Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen veriler arasında p<005 düzeyinde istatistik fark bulunmaktadır.

**GC analiz sonuçları**

Çalışmada kullanılan uçucu yağların GC-MS sonuçları Tablo 3 ve Tablo 4'de verilmiştir. Kekik uçucu yağının 40 farklı bileşenden oluştuğu ve önemli bileşenlerin thymol (%44.63), paracymene (%22.01), gamma terpinene (%6.89) ve linalool (% 5.53) olduğu, tarçın uçucu yağının ise toplam 32 bileşen içerdiği ve cinnamaldehyde (%66.66), trans cinnamyl acetate (% 5.59) ve trans caryophyllene'in (%5.42) uçucu yağda bulunan önemli bileşenler olduğu saptanmıştır (Tablo 3). Biberiye uçucu yağında 38 bileşen tespit edilmiş olup, camphor (%27.53), 1,8-cineole (15.66), α-pinene (%11.23) ve camphene (%8.02) önemli bileşenler olarak belirlenmiştir. Adaçayı uçucu yağının ise toplamda 31 farklı bileşenden oluştuğu ve α-thujone (%23.48), 1,8-cineole (%22.30) ve camphor'un (%15.90) uçucu yağı oluşturan önemli bileşenler olduğu belirlenmiştir (Tablo 4).

**Tablo 3.** Kekik ve tarçın uçucu yağ bileşenleri.

Kekik				Tarçın			
No	RT	Bileşenler	%	No	RT	Bileşenler	%
1	8.415	tricyclene	0.08	1	8.061	α-pinene	3.09
2	8.531	α-pinene	1.83	2	8.577	camphene	0.18
3	9.053	camphene	1.95	3	9.077	β-pinene	0.15
4	9.573	β-pinene	0.24	4	9.142	sabinene	0.04
5	9.728	Sabinene	0.04	5	9.485	β-myrcene	0.04
6	10.019	β-myrcene	1.30	6	9.53	δ-3 carene	0.03
7	10.286	α-phellandrene	0.15	7	9.753	α-phellandrene	0.49
8	10.503	α-terpinene	1.15	8	9.957	α-terpinene	0.19
9	10.807	d-limonene	0.50	9	10.252	dl-limonene	0.60
10	11.013	1,8-cineole	0.82	10	10.463	β-phellandrene	0.77
11	11.533	γ-terpinene	6.89	11	10.539	eucalyptol	2.72
12	11.956	paracymene	22.01	12	11.372	paracymenene	2.62
13	12.203	α-terpinolene	0.16	13	11.604	α-terpinolene	0.04
14	12.933	Butanoic acid, 4-pentenyl	0.13	14	15.739	α-copaene	0.22
15	13.257	cis-sabinen hydrate	0.03	15	16.082	linalool	4.19
16	13.508	terpinolene	0.04	16	17.33	β-elemene	0.02
17	13.648	3-octanol	0.06	17	17.539	terpinen-4-ol	0.04
18	14.705	1-octen-3-ol	0.07	18	17.83	trans caryophyllene	5.42
19	14.978	p-Dimethylstyrene	0.15	19	19.159	α-humulene	0.39
20	15.491	linalool oxide (2)	0.06	20	20.513	δ-cadinene	0.03
21	16.624	linalool	5.53	21	22.447	1,3-Benzodioxole	0.06
22	16.859	camphor	1.53	22	22.899	cinnamal	0.47
23	17.888	isobornyl acetate	0.43	23	23.154	tetradecanal	0.05
24	18.08	terpinene 4-ol	1.07	24	23.371	calacorene	0.02
25	18.548	trans caryophyllene	1.62	26	24.791	caryophyllene oxide	0.20
26	18.766	aromadendrene	0.13	27	25.342	cinnamaldhyde	66.66
27	19.106	Borneole	3.26	28	26.853	trans cinnamyl acetate	5.59
28	19.721	α-terpineol	0.25	29	27.012	eugenol	4.43
29	19.967	α-terpinenyl acetate	0.24	30	28.357	isoeugenol 2	0.12
30	20.174	α-terpinyl propionate	0.09	31	31.761	Para cinnamic aldehyde	0.35
31	20.611	β-bisabolene	0.11	32	36.069	benzyl benzoate	0.39
32	21.279	δ-cadinene	0.13			<b>Toplam</b>	<b>99.64</b>
33	21.427	γ-cadinene	0.11				
34	22.324	thymyl acetate	0.13				
35	25.414	caryophyllene oxide	0.31				
36	27.346	isothymol	0.14				
37	27.664	thymol	44.63				
38	27.95	2-Methyl-5-isopropylphenol	0.15				
39	28.168	carvacrol	1.61				
40	29.215	Silane, trimethylphenyl-	0.12				
		<b>Toplam</b>	<b>99.36</b>				



**Tablo 4.** Biberiye ve adaçayı uçucu yağ bileşenleri.

Biberiye				Adaçayı			
No	RT	Bileşenler	%	No	RT	Bileşenler	%
1	6.296	tricyclene	0.37	1	7.108	cis-salvene	0.03
2	6.380	$\alpha$ -thujene	0.04	2	7.964	$\alpha$ -pinene	4.15
3	6.668	$\alpha$ -pinene	11.23	3	8.458	camphene	3.89
4	7.232	camphene	8.02	4	8.939	$\beta$ -pinene	3.89
5	7.339	verbenene	0.66	5	9.333	$\beta$ -myrcene	2.03
6	7.985	sabinene	0.08	6	9.592	$\alpha$ -phellandrene	0.12
7	8.250	$\beta$ -pinene	2.20	7	9.792	$\alpha$ -terpinene	0.45
8	8.504	3-octanone	0.12	8	10.081	dl-limonene	2.56
9	8.723	$\beta$ -myrcene	7.00	9	10.384	1,8-cineole	22.30
10	9.427	$\alpha$ -phellandrene	0.41	10	10.757	gamma terpinene	1.00
11	9.556	$\delta$ -3-carene	1.29	11	11.164	paracymenene	1.34
12	9.919	$\alpha$ -terpinene	0.54	12	11.395	$\alpha$ -terpinolene	0.40
13	10.280	para-cymene	1.57	13	13.974	1-octen-3-ol	0.21
14	10.547	limonene	4.73	14	14.178	$\alpha$ -thujone	23.48
15	10.724	1,8-cineole	15.66	15	14.49	$\beta$ -thujone	5.21
16	10.821	cis-ocimene	0.05	16	14.55	trans sabinene hydrate	0.19
17	11.339	$\beta$ -ocimene	0.02	17	15.827	linalool	0.23
18	11.934	$\gamma$ -terpinene	0.76	18	16.098	camphor	15.90
19	13.385	$\alpha$ -terpinolene	0.95	19	16.19	1-terpineol	0.21
20	13.619	$\alpha$ -dimethylstyrene	0.12	20	17.026	isobornyl acetate	1.18
21	14.261	linalool	2.64	21	17.277	terpinen 4-ol	0.48
22	14.471	nonanal	0.11	22	17.567	trans caryophyllene	5.67
23	15.372	filifolone	0.11	23	17.762	aromadendrene	0.24
24	15.686	$\alpha$ -campholenal	0.06	24	18.105	sabinyl acetate	0.14
25	17.077	camphor	27.53	25	18.477	hedycaryol	0.16
26	17.386	Trans-sabinene hydrate	0.07	26	18.89	$\alpha$ -terpineol	2.07
27	17.694	pinocamphone	0.22	27	19.107	endoborneol	0.85
28	17.807	pinocarvone	0.19	28	19.271	ledene	0.10
29	18.536	borneol	4.72	29	20.232	$\delta$ -cadinene	0.04
30	18.675	isopinocamphone	0.86	30	24.504	caryophyllene oxide	0.20
31	19.001	4-terpineol	0.76	31	25.847	veridiflorol	0.48
32	19.951	$\alpha$ -terpineol	1.44			<b>Toplam</b>	<b>99.20</b>
33	20.650	berbenone	1.04				
34	25.686	bornyl acetate	2.27				
35	34.252	caryophyllene	0.96				
36	36.495	$\alpha$ -humulene	0.18				
37	40.556	$\delta$ -cadinene	0.18				
38	44.204	caryophyllene oxide	0.26				
		<b>Toplam</b>	<b>98.75</b>				

#### *In vivo* denemeleri

Patates yumrusu üzerine uygulanan *F. sambucinum* inokulasyonuna karşı tarçın ve kek yağının hem kontakt etkisi hem de buhar fazı etkisi araştırılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda kontakt etkili uygulama da hem tarçının yağının hem de kekik yağının uygulanan dozu patates yumrularında her iki hastalığı da engellemiş ve %100 etkiye sahip olmuştur. Kontakt etkili yağ uygulamalarında patates yumrularında *F. sambucinum* ya da *R. solani*'ye ait herhangi bir nekrotik lekeler belirlenmemiştir. Uçucu yağların buhar fazında patates yumrularına uygulamasında ise kekik yağının *F. sambucinum*'a karşı daha etkili olduğu belirlenmiştir. Dynasty ise patates yumrularında her iki hastalığı kontakt etkili uygulamada baskılamış ve %100 etki göstermiştir. Bunun yanısıra Dynasty fumigant uygulamasının yağ uygulamaları ile karşılaştırıldığında etkili olmadığı belirlenmiştir (Tablo 5). *F. sambucinum*'a ait çürüklükler ve *R. solani*'ye ait tipik nekrotik lekeler yağların ve emsal ilaç Dynasty'nin fumigant uygulamalarında ve sadece hastalık etmenlerin uygulandığı kontrol yumrularında tespit edilmiştir.

**Tablo 5.** Uçucu yağlarının patates yumrularında *F. sambucinum* ve *R. solani* funguslarının etkisinin belirlenmesi

Uçucu yağlar ve Uygulama şekli	<i>F. sambucinum</i>		<i>R. solani</i>	
	Hastalık şiddeti	%Etki	Hastalık şiddeti	%Etki*
Kontakt-Tarçın	0.0±0.0 a	100	0.0±0.0 a	100
Kontakt-Kekik	0.0±0.0 a	100	0.0±0.0 a	100
Kontakt-Dynasty	0.0±0.0 a	100	0.0±0.0 a	100
Fumigant-Tarçın	1.5±0.6 b	54	2.0±0.0 b	50
Fumigant-Kekik	1.0±0.0b	64	1.8±0.5 b	54
Fumigant-Dynasty	2.8±0.5 c	28	3.0±0.6 cd	29
Kontrol (+)	4.2±0.5 d		4.5±0.8 d	

\*Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen veriler arasında p<0.05 düzeyinde istatistik fark bulunmaktadır.

## Tartışma

Yapmış olduğumuz çalışma sonucunda *in vitro* denemelerinde uygulamaların hepsinde patates de *F. sambucinum* ve *R. solani* fungal hastalık etmeninin misel gelişimi engellenmiş olmasına rağmen, patojen funguslara karşı hem kontakt hem de buhar fazında kekik ve tarçın yağlarının düşük dozları fungusların misel gelişiminin engellenmesinde etkili olurken, adaçayı ve biberiye yağının yüksek dozları etkili olmuştur.

Adaçayı ve biberiye yağının yağ dozu arttıkça engelleyici etkisinin de arttığı belirlenmiştir. Yapılan bu çalışmada kekik ve tarçın yağının düşük dozlarında bile her iki fungusun misel gelişimini engellediği belirlenmiştir. Denemede adaçayı ve biberiye yağının funguslara karşı antifungal etkisinin az olmasının nedeni denemede uygulanan dozların düşük oranda olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu nedenle *in vivo* çalışmalarında patates yumrularında görülen her iki hastalık etmenine karşı kekik ve tarçın yağı tercih edilmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlar başka araştırmacıların yaptığı araştırma sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir. Bazı araştırmacılar adaçayı yağının bitki patojeni funguslara karşı etkili olduğunu, ama bunun uygulanan doza, kullanılan bitki ekstraktına ve adaçayı yağının elde edildiği bitki çeşidine göre değişkenlik gösterdiklerini belirtmişlerdir (Ćosić, vd., 2010; Yılar vd., 2018; Al-Baldawy vd., 2021). Çilekte *Colletotrichum acutatum*'a karşı *in vitro* koşullarında kekik yağı 200 µL/L konsantrasyonun üzerinde *C. acutatum*'un misel gelişimini tamamen inhibe ederken, nane ve adaçayı yağlarının *C. acutatum*'un misel büyümesini azalttığı belirlenmiştir. Ek olarak adaçayı yağının 1800 µL/L dozu üzerinde *C. acutatum*'un misel büyümesini engellemeye başladığı, adaçayı yağının etkinliğinin test edilen konsantrasyonlarda nispeten düşük olduğunu ve artırılması gerektiği ifade edilmiştir (Morkeliüné vd., 2021). Aydın ve Altın (2022) *Alternaria brassicola*'ya karşı biberiye yağının farklı dozlarının etkinliğini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre en etkili doz 80 µL/petri (4000 µL/1000 ml) belirtilmiş ve koparılmış yaprak denemelerinde tüm dozlarda etki elde edilememiştir. Kekik (*Origanum onites* L.) ve biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) bitkilerinden elde edilen uçucu yağların *Fusarium solani*'ye karşı antifungal aktivitesi araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre en etkili biberiye uçucu yağının yüksek dozu (4 µl/ml) test edilen *Fusarium solani*'ye karşı %71.72 etki göstermiş ve doz seviyesi arttıkça antifungal etkinin de arttığı belirlenmiştir (Sivrikaya vd., 2021). Jadoa ve Ibade (2023) yapmış oldukları çalışmada biberiye yağının farklı konsantrasyonlarda (%0, 0.5, 0.75, 1) domatestede hastalığa neden olan *Fusarium oxysporum*'un misel gelişimine etkisini araştırmışlardır. Misel gelişimini %1'lik yağ uygulamasında %90, 7 oranında engellediği bildirilmiştir. Hassan vd. (2022) yapmış oldukları çalışmada kekik yapının *F. sambucinum*'un misel gelişimini engellediklerini belirtmişlerdir. Kowalska vd. (2021) tarçın, kekik, fesleğen ve rezene uçucu yağlarının *Pythium* sp., *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici*, *F. oxysporum* f.sp. *pisi*, *Verticillium albo-atrum* ve *Rhizoctonia* sp. üzerinde fungusit etki gösterdiği tespit etmişlerdir. Bounar vd. (2020) kekik yağlarının *Fusarium* türlerinin misel gelişimini engellediğini belirtmişlerdir. Bazı araştırmacıların yapmış oldukları çalışmalarda tarçın ve kekik yağlarının *Aspergillus flavus*'a karşı fumigant engelleyici etkileri gösterdiğini ve yağ dozu arttıkça engelleyici etkisinin de arttığını belirtmiştir (Massoud vd., 2012; Rangsuwan vd., 2021). *In vitro* koşullarında kekik yapı uygulamasının *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* (FORL), *Phytophthora infestans* ve *Rhizoctonia solani* dahil olmak üzere bitki patojenlerine karşı antifungal aktiviteye sahip olduğu, FORL P. *infestans* ve *R. solani*'de 4 µL/petri dozunda miselyum büyümesini %100 engellediği belirtilmiştir (Aksit vd., 2022). Bisht

vd. (2021) *Cinnamomum tamala* (Buch.-Ham.) T.Nees & Eberm.'dan elde ettikleri uçucu yağın *Rhizoctonia solani* AG-4, *Choanephora cucurbitarum* ve *Bipolaris australiensis*'e karşı antifungal aktivitelerini belirlemek için değme, uçucu ve spor çimlenmesi inhibisyon analizlerini yapmışlardır. *C. tamala* yağı 500-560 ppm konsantrasyon aralığında zehirli gıda tekniğinde tam fungus misel büyümesini inhibe etmiştir. Benzer şekilde, 500 ppm'lik bir yağ konsantrasyonu spor çimlenmesini engellemiştir. Bu nedenle, bu tür bileşimleri içeren ürünler bitki hastalıkları yönetimi için kullanılabilirliğini ifade etmişlerdir.

Yapmış olduğumuz araştırmada fungal patojenlere karşı en etkili olan kekik yağında en fazla thymol, paracymene, gamma terpinene, linalool ve carvacrol (%1.61); tarçın yağında ise cinnamaldehyde, trans cinnamyl acetate, eugenol belirlenmiştir Bazı araştırmacılar tarafından tarçın ve kekik yağı içeriklerinde linalool, carvacrol, thymol'un tarçın yağında ise eugenol, cinnamaldehyde bileşiklerin antimikrobiyal etkiye sahip olduğunu belirtmişlerdir (Camele vd., 2012; Yeole vd., 2014). Pina-Vaz vd. (2004), çeşitli kekik türlerinin antifungal etkisini incelemişlerdir. Kullanılan kekik türleri *Thymus vulgaris*, *T. zygis subspecies zygis* ve *T. mastichina subsp mastichina*'dır. Yapılan bu çalışmanın sonunda antifungal etkinin yağların ana bileşenlerini oluşturan carvacrol, thymol, p-cymene ve 1.8-cineole'den kaynaklandığını tespit etmişlerdir. *T. vulgaris* ve *T. zygis* yağlarının benzer antifungal aktiviteye sahip olduğu ve *T. mastichina* yağının bu iki yağla nazaran daha düşük etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Yeole vd. (2014) yapmış oldukları çalışmada *A. solani*'ye karşı tarçın yağı içerisinde eugenol, cinnamaldehyde bileşiklerin antimikrobiyal etkiye sahip olduklarını bildirmişlerdir.

Yapılan *in vivo* çalışmalarında patates yumrularına direk yağ uygulamaları *F. sambucinum* ve *R. solani* fungal hastalık etmenini tamamen baskılamak, uçucu yağların buhar faz etkisi patates yumrularında *F. sambucinum* ve *R. solani* fungal hastalık oluşumunu ve patates yumrularında hastalık belirtilerini kısmen engellemiştir. Uçucu yağların buhar faz ve kontakt etkili uygulamalarının *F. sambucinum* ve *R. solani* 'te etkisi karşılaştırıldığında istatistiksel olarak buhar faz uygulamasının etkinliğinin daha az olarak belirlenmiştir. Arıcı ve Sanlı (2014) tarla koşullarında patates *R. solani* ve *Streptomyces scabies* fungal hastalıklarına karşı (*Cuminum cyminum*, *Anethum graveolens*, *Salvia officinalis*, *Origanum onites*, *Rosmarinus officinalis* ve *Lavandula intermedia*) uçucu yağların etkinliklerini araştırmışlar ve yumrulara direk değme şeklinde uygulamışlardır. Araştırma sonucunda *Origanum onites* ve *Anethum graveolens* yağları *S. scabies*'in hastalık şiddetini azaltırken, *Lavandula intermedia* *S. scabies*'i zayıf bir şekilde etkilemiştir. *Salvia officinalis* yağı için *R. solani*'nin hastalık şiddeti %4-4.2 idi. *Salvia officinalis* yağı ile patates yumrularının enfeksiyonu önemli ölçüde azaltılarak hastalık gelişimi de tarla koşullarında kontrol altına alınmıştır. Bu çalışma, uçucu yağların tarla koşullarında patates bitkilerinde *Rhizoctonia solani* ve *Streptomyces scabies*'in kontrolü için antimikrobiyal koruyucu olarak potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Yapılan bu çalışmalarda bazı araştırmacılar farklı sonuçlar almamızın nedeni fumigant etkili kullanılan bu yağların etkinliği üzerinde etkisi petri kaplarında bulunan uçucu yağların konsantrasyonundan ve uçucu yağların uçuculuğundaki değişkenliklerinden kaynaklanıyor olabilir. Bu nedenle patates yumrularındaki patojen funguslar için uyguladığımız yağların düşük sıcaklıklarda ve farklı konsantrasyonlarda etkinliğin olup olmadığının araştırılması gerekmektedir.

## Sonuç

Patates, küresel nüfusun büyük bir kısmının bağımlı olduğu önemli bir dünya emtiasıdır. Bu nedenle hem taze hem de işlenmiş patateslerin her zaman yeterli miktarda bulunması ve depo hastalıklarından dolayı kaynaklanan gıda atıklarının en aza indirilmesi veya ortadan kaldırılması gerekir. Ürünün depolarda hastalıklardan korunması yeterli olmadığı için, depo hastalıklarını bastırmanın fiziksel ve kimyasal yollara ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak, yaygın olarak kullanılan patates depo hastalıklarını baskılamada kullanılan kimyasallar insan ve çevre sağlığı üzerindeki zararlı etkileri konusundaki endişeler, alternatif mücadele yöntemleri olarak uçucu yağlara daha fazla dikkat çekilmesine neden olmuştur. Genellikle güvenli olarak kabul edilen uçucu yağlar, çalışanların toksik kimyasallara maruz kalmasını azaltır, patatesteki toksik kalıntıları ortadan kaldırır ve dolayısıyla tüketici sağlığının iyileştirilmesine önemli ölçüde katkıda bulunabilir. Yapmış olduğumuz çalışma sonucunda kullanmış olduğumuz kekik ve tarçın yağının

kullanımının sentetik fungusitlere alternatif olarak patates yumrularında fungal patojen enfeksiyonlarını önleyebileceğini düşünülmektedir. Uçucu yağların bitki hastalıklarına olan etkisi ile ilgili çoğu çalışma, *in vitro* testlerle sınırlı kalmıştır. Bizler *in vivo* çalışması olarak patates yumrularında yağları kullanarak bazı sonuçlar elde etmemize rağmen daha detaylı çalışmaların ortaya konulması gerekmektedir. Patates de yumru hastalıklarına neden olan patojenlere karşı patates yumrularını korumak amacıyla olası biyopestitler olarak diğer yağ bileşimleri de araştırılmalıdır. Ayrıca, bu uçucu yağların uçucu buhar fazının gıda ürünleri için kullanılmasının avantajları, ürünün nihai tadı ve aroması üzerinde daha az etkiye sahip olabilmesi ve salınımının daha iyi düzenlenebilmesidir. Bu nedenle uçucu yağlar depo hastalıklarının tedavisinde daha fazla tercih edilebilmesi için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Sonuç olarak yapmış olduğumuz çalışma sonuçları patates yumrularında ciddi çürüklüğe neden olan *F. sambucinum* ve *R. solani*'ye karşı tarçın ve kekik yağının kullanma potansiyeli olduğunu ve yeni çevre dostu stratejilerin geliştirilmesi için potansiyel olduğunu göstermiştir.

#### Teşekkür

2209/A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destek Programı kapsamında 1919B012201802 nolu çalışmanın gerçekleşmesinde maddi destek sağlayan TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

#### Yazar Katkı Oranları

Çalışma, Şerife Evrim ARICI tarafından kurgulanmıştır. Kaynak/Materyal/Malzeme temini Şerife Evrim ARICI, Arif ŞANLI, laboratuvar çalışmaları Şerife Evrim ARICI, Arif ŞANLI, Raziye Dilara ÇAPA tarafından yapılmıştır. Makale yazımına tüm yazarlar katkı sağlamıştır.

#### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları olarak herhangi bir çıkar çatışması olmadığını bildiririz.

#### Etik Kurul Onayı

Makale yazarları olarak herhangi bir etik kurul onay bilgileri beyanımız bulunmadığını bildiririz.

#### Kaynaklar

- Abbott, W. S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18, 265–267
- Adams, P. R. (2007). Identification of essential oil components by gas chromatography/ mass spectrometry, 4th Edition. *Allured Publ., Carol Stream, IL, USA*
- Agrios, G. N. (2015). *Plant Pathology*, 6th Edition. Academic Press, New York.
- Ahmad, I., Soomro, M. H., Khalid, S., Iftikhar, S., Munir, A., & Burney, K. (1995). Recent distributional trends of potato diseases in Pakistan. national seminar on research and development of potato production in Pakistan, April 23-25, NARC, PSPDP, PARC, Islamabad, Pakistan.
- Aksit, H., Bayar, Y., Simsek, S., & Ulutas, Y. (2022). Chemical composition and antifungal activities of the essential oils of thymus species (*Thymus pectinatus*, *Thymus convolutus*, *Thymus vulgaris*) against plant pathogens. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 25(1), 200–207. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2022.2043189>
- Al-Baldawy, M. S. M., Matloob, A. A., & Almammory, M. K. (2021). Effect of plant extracts and biological control agents on *Rhizoctonia solani* Kuhn. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 735(1), 012079. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/735/1/012079/pdf>
- Al-Mughrabi, K. I., Coleman, W. K., Vikram, A., Poirier, R., & Jayasurija, K. E. (2013). Effectiveness of essential oils and their combinations with aluminium starch octenylsuccinate on potato storage pathogens. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 16, 23–31. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2013.764201>
- Al-Mughrabi, K. I. (2003). Antimicrobial activity of extracts from leaves, stems and flowers of *Euphorbia macroclada* against plant pathogenic fungi. *Phytopathologia Mediterranea*, 42, 245-250.

- Arıcı, S. E., & Sanlı, A. (2014). Effect of some essential oils against *Rhizoctonia solani* and *Streptomyces scabies* on potato plants in field conditions. *Annual Research & Review in Biology*, 4(12), 2027.
- Aydın, M.H., & Turhan, G. (2013). The efficacy of *Trichoderma* species against *Rhizoctonia solani* in potato and their integration with some fungicides. *Anadolu Journal of Aegean Agricultural Research Institute*, 23(1), 12-30. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/epdf/10.5555/20143133378>
- Aydın, H., & Altın, N. (2022). Biberiye bitkisine ait uçucu yağın *in vitro* koşullarda *Alternaria brassicicola* etmenine karşı etkilerinin belirlenmesi. *Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(1), 1-8. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2469278>
- Baydar, H., Altındal D., & Karadogan T. (2009). Effects of volatile oils on sprout growth in potato. *Suleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13, 137-141.
- Bisht, D., Saroj, A., Durgapal, A., Chanotiya, C. S., & Samad, A. (2021). Inhibitory effect of cinnamon (*Cinnamomum tamala* (Buch.-Ham.) T. Nees & Eberm.) essential oil and its aldehyde constituents on growth and spore germination of phytopathogenic fungi. *Trends in Phytochemical Research*, 5(2), 62-70.
- Boyd, A.E.W. (1972). Potato storage diseases. *Review of Plant Pathology*, 51, 297-321
- Boumar, R., Krimat, S., Boureghda, H., & Dob, T. (2020). Chemical analyses, antioxidant and antifungal effects of oregano and thyme essential oils alone or in combination against selected *Fusarium* species. *International Food Research Journal*, 27(1), 66-77.
- Bozhüyük, A. U., Kordali, Ş., & Bölük, G. (2015). *Satureja hortensis* L. uçucu yağının antifungal etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 46(2), 107-112.
- Camele, I., Altieri, L., De Martino, L., De Feo, V., Mancini, E., & Rana, G. L. (2012). In vitro control of post-harvest fruit rot fungi by some plant essential oil components. *International Journal Of Molecular Sciences*, 13(2), 2290-2300. <https://doi.org/10.3390/ijms13022290>
- Chen, Q., Yuan, L., Guan, Z., Yue, F., Han, C., & Fu, M. (2024). Screening of plant essential oils as potato sprout suppressants at low storage temperature. *Potato Research*, 67(1), 325-338. <https://doi.org/10.1007/s11540-023-09637-5>
- Ćosić, J., Vrandečić, K., Poštić, J., Jurković, D., & Ravlić, M. (2010). In vitro antifungal activity of essential oils on growth of phytopathogenic fungi. *Poljoprivreda*, 16(2), 25-28.
- Delen, S. (2007). Bazı *Fusarium* türlerinin teşhisini kolaylaştırmaya yönelik bilgisayar programı. Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 149s
- El-Awady, A. A. E. F. (2020). Effect of essential oils on storability and preservation of some vegetable Crops, In Book: El-Shemy, H (ed.). *Essential oils - Oils of Nature*, IntechOpen, London. 10.5772/intechopen.77673
- Gakuubi, M. M., Maina, A.W., & Wagacha, J.M. (2017). Antifungal activity of essential oil of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. against Selected *Fusarium sambucinum*. *International Journal of Microbiology*, 8761610. <https://doi.org/10.1155/2017/8761610>
- Ghoneem, K. M., Saber, W. I. A., El-Awady, A. A., Rashad, Y. M., & Al-Askar, A. A. (2016). Alternative preservation method against *Sclerotium tuber* rot of Jerusalem artichoke using natural essential oils, *Phytoparasitica*, 44, 341-352. <https://doi.org/10.1007/s12600-016-0532-3>
- Gómez-Castillo, D., Cruz, E., Iguaz, A., Arroqui, C., & Vírseda, P. (2013). Effects of essential oils on sprout suppression and quality of potato cultivars. *Postharvest Biology And Technology*, 82, 15-21. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.02.017>
- Hanson, L. E., Schwager, S. J., & Loria, R., (1996). Sensitivity to thiabendazole in *Fusarium* species associated with dry rot of potato. *Phytopathology*, 86, 378-384
- Hassan, S., Singh, R., Yadav, A. K., & Kumar, A. (2022). Antifungal effect of some essential oils and seed dressing fungicides against *Fusarium sambucinum* causing dry rot of potato. *Plant Disease Research*, 37(1), 40-45.
- Jadoa, H. N., & Ibade, K. W. (2023). Efficiency of rosemary *Rosmarinus officinalis* and chitosan in controlling the damping off pathogen, *fusarium* spp., identified morphologically and molecularly. In IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science*, 1262, (3), 032017. IOP Publishing.
- Kowalska, J., Tyburski, J., Matysiak, K., Jakubowska, M., Łukaszyk, J., & Krzyńska, J. (2021). Cinnamon as a useful preventive substance for the care of human and plant health. *Molecules*, 26(17), 5299. <https://doi.org/10.3390/molecules26175299>
- Little, G., Marquinez, R., & Cooke, L.R., (1988). The response of twelve potato cultivars to infection with *Rhizoctonia solani*. Tests of Agrochemicals and Culivars 9. *Annals of Applied Biology*, 112, 88-89.
- Massoud, M. A., Saad, A. S. A., Soliman, E. A., & El-Moghazy, A. Y. (2012). Antifungal activity of some essential oils applied as fumigants against two stored grains fungi. *Journal of the Advances in Agricultural Researches*, 17(2), 296-306. <https://doi.org/10.3390/molecules26175299>

- Morkeliūnė, A., Rasiukevičiūtė, N., Šernaitė, L., & Valiuškaitė, A. (2021). The use of essential oils from thyme, sage and peppermint against *Colletotrichum acutatum*. *Plants*, 10(1), 114. <https://doi.org/10.3390/plants10010114>
- Mosciano, G. (2005). Organoleptic characteristics of flavor materials: grapefruit, lemon, lime, clementine oil and beyond. *Perfumer & flavorist*, 30( 1),76-81
- Nohutçu, L., Şelem, E., Tunçtürk, R., & Tunçtürk, M. (2021). Yayın Yılı. Uçucu yağların tarımsal hastalık ve zararlılara karşı kullanımı. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35(2), 499-523
- Oktay, E., & Artık, N. (2021). Nane Yağı ve Karanfil Yağı Uygulamasının Depolanan Patateslerde Filizlenmeye Etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 357-363.
- Osman Mohamed Ali E., Shakil, N.A., Rana, V.S., Sarkar, D.J., Majumder, S., & Kaushik, P. (2017). Antifungal activity of nano emulsions of neem and citronella oils against phytopathogenic fungi, *Rhizoctonia solani* and *Sclerotium rolfsii*. *Industrial Crops and Products*, 10, 379– 387. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.06.061>
- Paramanik, P. K., & Mandal, N. C. (2016). Dry rot of potato (co *Fusarium oxysporum* Schlecht) and its management by essential oils. *Journal of Mycopathological Research*, 54(2), 225-228
- Rangsuwan S., Rattanakreetakul C., & Pongpisutta R. (2021). Competency of clove and cinnamon essential oil fumigation against toxigenic and atoxigenic *Aspergillus flavus* Isolates. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 15(3),1325-1337. <https://doi.org/10.22207/JPAM.15.3.23>
- Pina-Vaz, C., Gonçalves Rodrigues, A., Pinto, E., Costa-de-Oliveira, S., Tavares, C., Salgueiro, L., Cavaleiro, C., Gonçalves, MJ., & Martinez-de-Oliveira, J. (2004): Antifungal activity of Thymus oils and their major compounds. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology* 18, 73–78.
- Read, P.J., Hide, G .A., Firmager, J.P., & S.M. Hall. (1989). Growth and yield of potatoes as affected by severity of stem canker (*Rhizoctonia solani*). *Potato Research*, 32, 9-15.
- Rostad, C.E., & Pereira, W.E. (1986). Kovats and Lee retention indices determined by gas chromatography/mass spectrometry for organic compounds of environmental interest. *Journal of High Resolution Chromatography*, 9, 328-334. <https://doi.org/10.1002/jhrc.1240090603>.
- Sanlı, A., & Karadoğan, T. (2019). Carvone containing essential oils as sprout suppressants in potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers at different storage temperatures. *Potato Research*, 3, 345–360. <https://doi.org/10.1007/s11540-019-9415-6>
- Saroj, A., Chanotiya, C. S., Maurya, R., Pragadheesh, V. S., Yadav, A., & Samad, A. (2019). Antifungal action of Lippia alba essential oil in *Rhizoctonia solani* disease management. *SN Applied Sciences*, 1, 1-12. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1207-8>
- Secor, G.A., & Salas, B. (2001). Fusarium dry rot and Fusarium wilt. In: Stevenson WR, Loria R, Franc GD, Weingartner DP (editors). *Compendium of Potato Diseases*. St. Paul, MN, USA: APS Press, pp. 23-25
- Sivrikaya, I. S., Tosun, B., & Karakaya, E. (2021). *Origanum onites* L. ve *Rosmarinus officinalis* L. uçucu yağlarının kimyasal içerikleri ve *Fusarium solani*'ye karşı antifungal aktivitelerinin belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 8(2), 329-335. <https://doi.org/10.30910/turkjans.825090>
- Townsend, G.K., & Heuberger, J.W. (1943). Methods for estimating losses caused by diseases in fungicide experiments. *Plant Disease Report*, 27: 340-343.
- TÜİK, (2024). <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2023-49535> (Erişim Tarihi: 28.09.2024)
- Türkkan, M., Çalışkan, Ö., Erper, İ., Kara, Ş. M., & Açıkgöz, M. A. (2020). Bazı toprak kökenli funguslara karşı defne esansiyel yağı ve hidrosölünün antifungal etkilerinin belirlenmesi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 8(2), 217-226. <https://doi.org/10.29278/azd.476209>
- Wharton, P., Hammerschmidt, R., & Kirk, W. (2007). Fusarium dry rot. Michigan State University. *Extension Bulletin E-2992*. East Lansing, Michigan.
- Woodhall, J.W., Lees, A.K., Edwards, S.G., & Jenkinson P. (2007). Characterization of *Rhizoctonia solani* from potato in Great Britain. *Plant Pathology*, 56, 286–295. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2006.01545.x>
- Yeole, G. J., Teli, N. P., Kotkar, H. M., & Mendki, P. S. (2014). *Cinnamomum zeylanicum* extracts and their formulations control early blight of tomato. *Journal of Biopesticides*, 7(2), 110.
- Yıkılmazsoy, G., & Tosun, N. (2021). Characterization of *Fusarium sambucinum* isolates associated with potato dry rot and evaluation of cultivar susceptibility and fungicides. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 45(2), 222-233. <https://doi.org/10.3906/tar-2006-100>
- Yılar, M., Kadioglu, I., & Telci, I. (2018). Chemical composition and antifungal activity of *Salvia officinalis* (L.), *S. cryptantha* (Montbret Et Aucher Ex Benth.), *S. tomentosa* (Mill.) plant essential oils and extracts. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(3), 1695-1706

Yücel, D., & Oğuz, H. I. (2020). Nevşehir ilinde patates (*Solanum tuberosum* L.) yetiştiriciliğinin ekolojik ve sosyo ekonomik bakımdan araştırılması. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(4),1159-1170  
<https://doi.org/10.30910/turkjans.727903>

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International License.

