

Can *H. platytaenium* Essential Oil Be Used as a Biopesticide Against White Mold Disease?

Işıl Saraç Sivrikaya^{1*}, Abdullah Güller¹, Bekir Tosun²

¹Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Bingöl University, Bingöl, Türkiye

²Department of Plant and Animal Production, Burdur Vocational School of Food, Agriculture and Livestock, Burdur, Türkiye

Corresponding author e-mail: isarac@bingol.edu.tr

Abstract

This study evaluates the in vitro antifungal potential of *Heracleum platytaenium* essential oil against *Sclerotinia sclerotiorum*, a widespread phytopathogenic fungus that causes significant economic losses in agricultural production. Although chemical fungicides are commonly used for its control, concerns regarding environmental impact and human health have increased interest in plant-based antifungal agents as sustainable alternatives.

In this study, commercially obtained *H. platytaenium* essential oil was tested at three different concentrations (5 µL, 10 µL, and 20 µL) to assess its inhibitory effects on fungal mycelial growth. The experiments were conducted with negative control (fungus growing without treatment) and positive control (nistatin application). The results demonstrated that higher concentrations of the essential oil significantly suppressed fungal growth. Particularly, at 20 µL concentration, both extraction years exhibited strong antifungal activity, with inhibition rates ranging from 97.7% to 100%. Additionally, at lower doses (5 µL), the 2021 extract showed higher antifungal efficacy compared to the 2022 extract.

These findings highlight the potential of *H. platytaenium* essential oil as a natural antifungal agent for plant disease management. The differences in antifungal activity observed between extraction years suggest that factors such as plant growth conditions, harvest time, and extraction methods may influence the oil's efficacy. Further studies are needed to explore its chemical composition, antifungal mechanisms, and potential applications in agricultural practices.

Key Words: *Heracleum platytaenium*, Essential oil, Antifungal activity, *Sclerotinia sclerotiorum*

Heracleum Platytaenium Boiss. (Endemik) Uçucu Yağı Beyaz Çürüklük Hastalığına Karşı Biyopestisit Olarak Kullanılabilir mi?

Özet

Çalışmada, *Heracleum platytaenium* uçucu yağının *Sclerotinia sclerotiorum* fitopatojeni üzerine in vitro antifungal etkilerinin belirlenmesi amacı ile yürütülmüştür. *S. sclerotiorum*, tarımsal üretimde ciddi ekonomik kayıplara yol açan yaygın bir fitopatojen fungus olup, genellikle kimyasal fungisitlerle kontrol altına alınmaktadır. Ancak, çevresel etkiler ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkiler nedeniyle bitkisel bazlı antifungal ajanlar sürdürülebilir alternatifler olarak öne çıkmaktadır.

Çalışma, negatif kontrol (fungus gelişimi için herhangi bir uygulama yapılmayan ortam) ve pozitif kontrol (nistatin uygulaması) ve *H. platytaenium* uçucu yağı 5 µL, 10 µL ve 20 µL olmak üzere üç farklı konsantrasyonda test edilerek, fungusun miseliyal büyümesi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Sonuçlar, yağın daha yüksek konsantrasyonlarının fungus gelişimini önemli ölçüde baskıladığını ortaya koymuştur.

H. platytaenium uçucu yağının bitki hastalıklarıyla mücadelede doğal bir antifungal ajan olarak kullanılma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Gelecekte yapılacak çalışmalar, yağın kimyasal bileşimi, antifungal mekanizmaları ve tarımsal uygulamalardaki potansiyel kullanımını daha ayrıntılı şekilde ortaya koyacaktır.

Anahtar Kelimeler: *Heracleum platytaenium*, Esansiyel yağ, Antifungal aktivite, *Sclerotinia sclerotiorum*

Giriş

Sclerotinia sclerotiorum, dünya genelinde yaygın olarak görülen ve tarımsal üretime ciddi zararlar veren önemli bir fitopatojenik fungustur. Ilıman ve nemli iklim bölgelerinde sıklıkla rastlanan bu fungus, hava, su, tarım aletleri, hayvanlar ve enfekte tohumlar aracılığıyla yayılabilir (Purdy, 1979; Bolton ve ark., 2006). Enfeksiyon oluşturma



yeteneği oldukça yüksek olan ve özellikle toprakta uzun süre canlı kalabilen sklerotları sayesinde yıllarca enfeksiyon kaynağı olabilmektedir (Bolton ve ark., 2006). Bu durum, hastalığın kontrol altına alınmasını zorlaştıran en önemli faktörlerden biridir.

Bu patojen, geniş bir konukçu dizisine sahip olup yaklaşık 400'den fazla bitki türünü enfekte edebilmektedir (Purdy, 1979). Tarımsal açıdan önemli bitkiler arasında soya fasulyesi (*Glycine max*), bezelye (*Pisum sativum*), domates (*Solanum lycopersicum*), biber (*Capsicum annuum*), havuç (*Daucus carota*), marul (*Lactuca sativa*), kanola (*Brassica napus*), ayçiçeği (*Helianthus annuus*) ve pamuk (*Gossypium hirsutum*) gibi bitkiler yer almaktadır (Boland ve Hall, 1994; Kim ve ark., 2006; Westrick ve ark., 2019). Bu kadar geniş bir konukçu yelpazesine sahip olması, fungusun ekili alanlarda hızla yayılmasına ve verim kayıplarına neden olmasına yol açmaktadır. Özellikle serin ve nemli hava koşullarında hastalığın şiddeti artmakta, bazı durumlarda %80'e varan ürün kayıplarına sebep olabilmektedir (Amselem ve ark., 2011). Hastalık, sadece verim düşüşüne değil, aynı zamanda meyve ve tohumların çürümesi nedeniyle kalite kaybına ve pazarlanabilirliğin azalmasına da neden olmaktadır (Xu ve ark., 2018). Bunun yanı sıra, depolama sırasında da çürümeye yol açarak ekonomik kayıpları daha da artırmaktadır.

S. sclerotiorum, yaşam döngüsünde sklerot, miselyum ve askospor oluşumuna dayalı bir süreç izler. Fungus, enfekte olmuş bitki dokularında sklerot adı verilen sert ve koyu renkli yapılar oluşturur. Bu sklerotlar, uzun süre toprakta dayanıklı kalarak uygun koşullar oluştuğunda çimlenir ve yeni enfeksiyonlara yol açar (Willettts & Wong, 1980). Çimlenme sonucunda apothecium adı verilen küçük fungal yapılar gelişir ve bu yapılar, askosporları üreterek hastalığın yayılmasını sağlar. Askosporlar hava yoluyla taşınarak bitkilerin yaprak, gövde ve çiçek yüzeylerine tutunur ve burada miselyum gelişimini başlatır (Kohn, 1979; Willbur ve ark., 2019). Fungus, bitki dokularına enzimler salgılayarak hücreleri parçalar ve hızla yayılır. İleri aşamalarda yeni sklerotlar oluşur ve hastalık döngüsü tekrar başlar (Peltier ve ark., 2012).

Enfeksiyonun bitkilerde oluşturduğu belirtiler oldukça belirgindir. Enfekte bitkilerde solgunluk, gövde çürüklüğü, yapraklarda nekroz, su kaybı ve yumuşak çürüklük gibi semptomlar görülür. Özellikle hastalığın ilerleyen evrelerinde, bitkinin enfekte olmuş dokularında pamuk benzeri beyaz miselyal tabaka ve siyah sklerotlar oluşur (Ekins ve ark., 2007; Silva ve ark., 2014; Lehner ve ark., 2016). Meyve ve çiçek enfeksiyonları da oldukça yaygındır ve bu durum, özellikle baklagiller ve yağ bitkileri gibi ürünlerde ciddi ekonomik kayıplara neden olabilir (Rodríguez ve ark., 2004; Zhao ve ark., 2004; Sabaté ve ark., 2018; Hossain ve ark., 2023).

S. sclerotiorum, kimyasal fungusitlerle kontrol altına alınabilse de, fungusit direncinin gelişmesi, çevresel kaygılar ve insan sağlığına yönelik riskler nedeniyle alternatif mücadele yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır (Gossen ve ark., 2001). Bu nedenle, biyolojik kontrol stratejileri ve bitkisel bazlı antifungal ajanlar üzerine yapılan araştırmalar giderek önem kazanmaktadır. Son yıllarda, uçucu yağların antifungal özellikleri üzerine yapılan çalışmalar artmış ve bazı bitkilerin bu fungusu karşı doğal bileşikler üreterek etkili bir mücadele yöntemi sunabileceği gösterilmiştir (Soylu ve ark., 2007; Bakkali ve ark., 2008; Jiang ve ark., 2013; Türkmen ve Kaya, 2021). *H. platytenium* gibi uçucu yağ içeriği zengin bitkilerin antimikrobiyal potansiyeli, özellikle çevre dostu ve sürdürülebilir mücadele stratejileri geliştirilmesi açısından büyük bir fırsat sunmaktadır (İscan ve ark., 2004; Bahadori ve ark., 2016; Karan ve Genc, 2018).

Bu çalışmada, *H. platytenium* uçucu yağının *S. sclerotiorum* üzerindeki antifungal etkisi araştırılarak, bitkisel bazlı doğal bileşiklerin patojenlerle mücadelede kullanılma potansiyeli değerlendirilecektir. Yapılacak analizlerle, farklı yıllarda ekstrakte edilen bu uçucu yağın fungusu karşı etkinliği belirlenecek ve alternatif biyolojik mücadele yöntemleri geliştirilmesine katkı sağlanacaktır.

Materyal ve Yöntem

Uçucu Yağ ve Test Fungusu

Çalışmada kullanılan *H. platytenium* bitkisinin uçucu yağı Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Deneme alanlarında yetiştirilmiştir. Türün 100 gr meyveleri öğütüldükten sonra 3 saat boyunca hidrodistilasyona tabi tutulmuştur. Araştırmada test edilen *Sclerotinia sclerotiorum*, Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Fitopatoloji Laboratuvarı'nda bulunan fungus koleksiyonundan elde edilmiştir.

Besiyeri Hazırlığı

Fungal izolatın saflaştırılması ve çoğaltılması amacıyla Patates Dekstroz Agar (PDA) besiyeri hazırlanmış ve distile su ile desteklenmiştir. Besiyeri, 121.1°C'de 15 dakika boyunca otoklavda sterilize edildikten sonra aseptik koşullarda steril petri kaplarına dökülmüştür. Hazırlanan besiyeri, hem ön kültür elde edilmesi hem de uygulama gruplarının oluşturulması için kullanılmıştır. Uygulama gruplarında, uçucu yağın farklı konsantrasyonları (5 µl, 10 µl, 20 µl) besiyerine eklenmiştir.

Fungal İzolatın Hazırlanması

Fungal izolatlar, 90 mm çapındaki petri kaplarına aktarılan besiyeri üzerine yerleştirilmiş ve optimum sıcaklık ve nem koşullarında 7 gün boyunca inkübe edilmiştir.

Antifungal Aktivite Testi

İnokülasyona hazır hale getirilen *S. sclerotiorum* kültürlerinden 8 mm çapındaki miselyal diskler steril bir fungus delici yardımıyla kesilerek PDA ortamının merkezine inoküle edilmiştir. Fungusun gelişimi tamamlanana kadar petri kapları uygun inkübasyon koşullarında muhafaza edilmiştir. Denemeler üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür.



Çalışmada, antifungal etkiyi değerlendirmek için pozitif kontrol (nistatin) ve negatif kontrol (uçucu yağ içermeyen ortam) grupları kullanılmıştır.

İnkübasyon süresi sonunda fungal koloni çapları ölçülmüş ve elde edilen veriler doğrultusunda antifungal etkinlik belirlenmiştir (Benjilali ve ark., 1984). Antifungal etki, Deans ve Svoboda (1990) tarafından önerilen şu formüle göre hesaplanmıştır:

$$\text{İnhibisyon (\%)} = [(gc - gt) / gc] \times 100$$

(gc: kontrol gruplarındaki miselyal büyüme çapı, gt: uçucu yağ uygulanmış ortamdaki miselyal büyüme çapı).

İstatistiki Analiz

Farklı yıllar ve dozlardan elde edilen veriler tesadüf parselleri deneme deseninde 3 tekrarlı olarak faktöriyel düzenlemeye göre SAS (2009) istatistik paket programında GLM prosedürü kullanılarak standart varyans analizi tekniğinde (ANOVA) analiz edilmiş ve ortalamalar arasındaki farklılıklar LSD çoklu karşılaştırma testine göre belirlenmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Esansiyel yağlar, tarımda doğal antifungal ajanlar olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Sentetik fungisitlerin uzun vadeli kullanımı, hem çevresel hem de insan sağlığına zararları nedeniyle alternatif biyolojik kontrol yöntemlerine olan ihtiyacı artırmıştır. Çeşitli bitkisel bazı esansiyel yağların antifungal özellikleri, in vitro ve in vivo çalışmalarda kanıtlanmıştır (Bakkali ve ark., 2008; Soylu ve ark., 2007).

S. sclerotiorum'un kontrolüne yönelik in vitro çalışmalarda, esansiyel yağların antifungal etkinliğini değerlendirmek için çoğunlukla miselyal büyümeyi inhibe etme yöntemi kullanılmaktadır. Örneğin, *Origanum syriacum* ve *Foeniculum vulgare* esansiyel yağlarının *S. sclerotiorum* miselyal gelişimi üzerine baskılayıcı etkisi belirlenmiştir (Soylu ve ark., 2007). Bir çalışmada, *Ziziphora clinopodioides* Lam. esansiyel yağının (ZCEO) *S. sclerotiorum*'a karşı in vitro ve in vivo etkilerini araştırmıştır. GC-MS analizi, yağın %98,3'ünü oluşturan 21 bileşiği tespit etmiştir; en yüksek bileşikler pulegon (%53,5), izomenton (%10,4) ve karvondur (%5,7). ZCEO, *S. sclerotiorum*'un misel büyümesini, 1,25 µl ml⁻¹ (temas fazı) ve 0,15 µl ml⁻¹ (buhar fazı) konsantrasyonlarında tamamen inhibe etmiştir. Sklerotların çimlenmesi de bu konsantrasyonlarla engellenmiştir. ZCEO, rapsi bitkilerinde (*Brassica napus*) de *S. sclerotiorum*'un büyümesini doz bağımlı olarak inhibe etmiş, fungusun morfolojisinde değişiklikler gözlemlenmiştir. Sonuçlar, ZCEO'nun etkili bir koruma aracı olabileceğini göstermektedir (Ma ve ark., 2016). Başka bir çalışmada, *Piper aduncum* bitkisinin yaprak ve çiçekli dallarından elde edilen esansiyel yağların, *S. sclerotiorum* fungusunun misel büyümesi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Esansiyel yağlar, hidrodistilasyon ile elde edilip GC-MS ve GC-FID ile analiz edilmiştir. *P. aduncum* yağlarında bulunan başlıca bileşikler arasında piperiton (%23,4), miristikin (%12,4), terpin-4-ol (%12,3), β-karyofilen (%7,2), α-humulen (%6,9), germakren-D (%6,9) ve dillapiol (%6,3) yer aldığı tespit edilmiştir. In vitro testler, bu esansiyel yağının 30 µL dozda etmenin misel büyümesini %100'e yakın oranda inhibe ettiğini göstermiştir. Sonuçlar, bu esansiyel yağların *S. sclerotiorum* üzerinde yüksek potansiyele sahip olduğunu ortaya koymuştur (Valadares ve ark., 2018). Elgorbany ve ark. (2015), soğan (*Allium cepa*), çörek otu (*Nigella sativa*) ve okaliptüs (*Eucalyptus globulus*) esansiyel yağlarının beş farklı fitopatojen fungusa (*Fusarium oxysporum f.sp. melonis*, *F. solani*, *F. verticillioide*s, *S. sclerotiorum* ve *R. solani*) karşı antifungal etkilerini değerlendirilmiştir. Soğan ve okaliptüs esansiyel yağları, 500 ppm konsantrasyonda bazı fungus türlerinin miseliyal büyümesini tamamen inhibe etmiştir. Çörek otu yağı ise farklı patojenlere karşı değişen oranlarda antifungal aktivite göstermiştir. Soğan esansiyel yağı, *F. oxysporum f.sp. melonis* ve *F. solani*'nin spor çimlenmesini tamamen engellerken, okaliptüs yağı *F. oxysporum f. sp. melonis* ve *F. verticillioide*s üzerinde yüksek oranda inhibisyon sağlamıştır. Sonuçlar, özellikle soğan ve okaliptüs esansiyel yağlarının biyofungisit olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Heracleum cinsine ait farklı bitkilerden elde edilen uçucu yağlar ve ekstraktlar üzerine çeşitli çalışmalar yapılmış olsa da, bu çalışmada kullanılan *H. platytaenium* bitkisinin antifungal aktivitesine ilişkin araştırmalar oldukça sınırlıdır. Ancak, Heracleum türlerinin esansiyel yağlarının antimikrobiyal ve antifungal özelliklerini inceleyen önceki çalışmalar, bu yağların çeşitli patojen mikroorganizmalara karşı etkili olduğunu ortaya koymuştur (Torbatı ve ark., 2013). Esansiyel yağların bitki patojenleri üzerinde doğrudan temas veya volatil bileşenler aracılığıyla baskılayıcı etki gösterebildiği de bilinmektedir (Jiang ve ark., 2013). Örneğin, *H. platytaenium* esansiyel yağının gıda kontaminanı olan *Penicillium verrucosum*'un büyümesini engellediği gösterilmiştir (Özçakmak, 2012).

Bu çalışmada, farklı yıllarda elde edilen öğrek otu (*H. platytaenium*) esansiyel yağının, *S. sclerotiorum* etmenine karşı antifungal aktivitesi üç farklı doz kullanılarak değerlendirilmiştir. Üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilen testler, artan konsantrasyonların miseliyal gelişimi baskıladığını doğrulamıştır. Bu bulgular, mevcut çalışmanın kendi alanında yürütülen diğer benzer çalışmaların sonuçlarıyla paralellik göstermektedir. Türkiye'de gerçekleştirilen bir araştırmada, *H. platytaenium* esansiyel yağının *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* ve *Sclerotinia sclerotiorum* gibi fitopatojenlere karşı güçlü antifungal aktivite sergilediği tespit edilmiştir (Bayan ve ark., 2016). Bu çalışmada, ekstraksiyon yılına bağlı olarak gerçekleştirilen miseliyal ölçümler ve yüzde inhibisyon değerleri aşağıdaki tablolarda detaylandırılmıştır.

Farklı yıllarda hasat edilen, farklı dozlarda uygulanan ve yıllara bağlı olarak *H. platytaenium* uçucu yağının dozlarının göstermiş olduğu antifungal istatistiksel olarak (p<0.01) önemli bulunmuştur.



Tablo 1. Ekstraksiyon yılına bağlı olarak elde edilen *H. platytenium* uçucu yağının antifungal aktivitesine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri
Yıl	1	45.6333	45.63	33.39**
Doz	4	36617.2	6698.24	6698.27**
Yıl x Doz	4	127.2	23.27	23.27**
Hata	20	27.333		
Genel	29			
Cv	2.61			

Yıllara bağlı olarak en düşük inhibisyona çapı 2022 yılında 43.53 mm olurken 2021 yılında 46.0 mm olarak ölçülmüştür. Dozlara bağlı olarak en düşük inhibisyon çapı istatistiksel olarak aynı grup içerisinde yer 20 µL (8.7 mm) ve pozitif kontrol grubunda (8.0 mm) belirlenirken en yüksek inhibisyon çapı negatif kontrol grubunda (90.0) olarak belirlenmiştir. 2021 ve 2022 yıllarında bağlı olarak uygulama dozları en düşük inhibisyon çapı istatistiksel olarak aynı grup içerisinde yere alan pozitif kontrol ve 20 µL uygulamalarında tespit edilirken uygulamalara arasında en yüksek inhibisyon çapı 5 µL dozunda tespit edilmiştir.

Tablo 2. Ekstraksiyon yılına bağlı olarak elde edilen *H. platytenium* uçucu yağının antifungal aktivitesini gösteren miseliyal ölçümleri mm

	Negatif Kontrol	Pozitif Kontrol	5 µL	10 µL	20 µL	Ortalama
2021	90 a	8.0 e	81.7 b	41.3 c	9.0 e	46.0 A
2022	90 a	8.0 e	80.7 b	30.7 d	8.3 e	43.53 B
Ortalama	90 A	8.0 D	81.2 B	36.0 C	8.7 D	
Lsd _{yıl} :0.89	Lsd _{doz} : 1.41	Lsd _{yılxdz} : 2.01				

Tablo 2'e göre, negatif kontrol grubunda fungus gelişimi devam etmiş ve büyüme oranı %90 olarak belirlenmiştir. Pozitif kontrol grubunda ise standart antifungal ajan kullanılmış ve fungusun gelişimi tamamen inhibe edilerek %100 inhibisyon sağlanmıştır. Deney gruplarında farklı dozlarda (5 µL, 10 µL, 20 µL) uçucu yağ uygulanarak inhibisyon oranları karşılaştırılmıştır. 5 µL dozunda, 2022 yılı ekstraktının inhibisyon oranı %17,7 ile %20 arasında değişirken, 2021 yılı ekstraktı %14,4 ile %42,2 arasında değişen bir inhibisyon göstermiştir. Bu dozda, 2021 yılı ekstraktı bazı tekrarlar için daha yüksek antifungal aktivite göstermiştir. 10 µL dozunda, 2022 yılı ekstraktı %73,3 ile %75,5 arasında değişen bir inhibisyon sağlarken, 2021 yılı ekstraktı %62,2 ile %64,4 arasında inhibisyon göstermiştir. Bu seviyede, 2022 yılı ekstraktı daha güçlü bir antifungal etki sergilemiştir. 20 µL dozunda, 2022 yılı ekstraktı %98,8 ile %100 arasında değişen bir inhibisyon oranına ulaşırken, 2021 yılı ekstraktı %97,7 ile %100 arasında inhibisyon sağlamıştır. Yüksek dozda her iki yılın ekstraktı da neredeyse eşit düzeyde ve oldukça güçlü bir antifungal etki göstermiştir.

Sonuçlar, *H. platytenium* uçucu yağının doz bağımlı bir antifungal etkiye sahip olduğunu ve özellikle yüksek dozlarda fungus gelişimini büyük ölçüde baskıladığını göstermektedir. Farklı yıllarda elde edilen ekstraktlar arasında belirli oranlarda farklılıklar gözlemlense de, genel olarak güçlü antifungal aktivite sergiledikleri belirlenmiştir. Bu çalışmanın bulguları, daha önce yapılan benzer çalışmalarla karşılaştırıldığında önemli benzerlikler ve farklılıklar gözlemlenmiştir. Soylu ve ark. (2007) kekik ve rezene esansiyel yağlarının *S. sclerotiorum* miseliyal gelişimini %80'den fazla inhibe ettiğini bildirmiştir. Benzer şekilde, Jiang ve ark. (2013) tarçın yağının bu fungusu karşı yüksek antifungal etki gösterdiğini ortaya koymuştur. Bizim çalışmamızda da benzer inhibisyon düzeyleri kaydedilmiş olup, 20 µL dozundaki tam inhibisyon sonucu diğer çalışmalarla uyumluluk göstermektedir.

H. platytenium esansiyel yağına dair önceki araştırmalarda, miristisin (%27.47), oktil asetat (%25.10) ve 1-oktanol (%16.90) bileşenlerinin öne çıktığı ve antifungal etkinliği desteklediği bildirilmiştir (Bayan ve ark., 2016). Kılıç ve Dirmenci (2016)'ın analizleri öğrek otu esansiyel yağının %95,24'ünü oluşturan 22 bileşen tespit etmiştir. Başlıca bileşenler, oktil asetat (%85,53), oktil heksanoat (%3,06), (Z)-4-oktenil asetat (%1,60) ve oktil oktanoat (%1,24) olarak belirlenmiştir. Esansiyel yağların antimikrobiyal etkisi, bileşenlerinin kalite ve miktarına bağlıdır. Bu bileşenler ise bitkinin yetiştiği çevresel koşullar ve ekstraksiyon yöntemleri gibi faktörlerden etkilenmektedir (Reyes-Jurado ve ark., 2015; Kakaraparthi ve ark., 2014; Bahadori ve ark., 2016; Mechergui ve ark., 2016). Çalışmada, farklı yıllarda ekstrakte edilen yağlar arasındaki aktivite farklılığı dikkat çekicidir. Özellikle 5 µL dozundaki antifungal etki, 2021 ekstraktında 2022'ye göre belirgin olarak yüksekken, diğer testlerde 2022 yılında ekstrakte edilen esansiyel daha fazla antifungal aktivite sergilemiştir. 2021 yılında ekstrakte edilen yağın 5 µL dozunda daha etkili olması, belirli bir aktif bileşenin (örneğin, fenolik bileşikler veya monoterpenler gibi) düşük



dozlarda daha konsantre halde bulunmasından kaynaklanabilir. Ancak, daha yüksek dozlarda bu bileşenlerin etkileşimi veya diğer bileşiklerin baskın hale gelmesi, 2022 ekstraktını daha güçlü kılabılır. Sonuç olarak, *H. platytaenium* esansiyel yağının *S. sclerotiorum* üzerindeki antifungal etkinliği kanıtlanmış olup, doğru doz ve ekstraksiyon koşulları optimize edilerek biyolojik mücadelede kullanılma potansiyeli araştırılmalıdır.

Kaynaklar

- Amselem, J., Cuomo, C. A., van Kan, J. A. L., Viaud, M., Benito, E. P., Couloux, A., ... & Lebrun, M. H. (2011). Genomic analysis of the necrotrophic fungal pathogens *Sclerotinia sclerotiorum* and *Botrytis cinerea*. *PLoS Genetics*, 7(8), e1002230.
- Bahadori, M. B., Dinparast, L., & Zengin, G. (2016). The genus *Heracleum*: A comprehensive review on its phytochemistry, pharmacology, and ethnobotanical values as a useful herb. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(6), 1018-1039.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils – A review. *Food and Chemical Toxicology*, 46(2), 446-475.
- Bayan, Y., Yılar, M., & Onaran, A. (2016). Antifungal activity and chemical composition of the essential oil of *Heracleum platytaenium* boiss's. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 26(2), 237-240.
- Boland, G. J., & Hall, R. (1994). Index of plant hosts of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 16(2), 93-108.
- Bolton, M. D., Thomma, B. P., & Nelson, B. D. (2006). *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary: biology and molecular traits of a cosmopolitan pathogen. *Molecular plant pathology*, 7(1), 1-16.
- Bolton, M. D., Thomma, B. P., & Nelson, B. D. (2006). *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary: Biology and molecular traits of a cosmopolitan pathogen. *Molecular Plant Pathology*, 7(1), 1-16.
- Deans SG, Sobada KP. 1990. Antimicrobial Properties of Marjoram (*Origanum marjorana* L.) Volatile Oil. *Flavour Fragr. J.* 5:187-190.
- Derbyshire, M. C., & Denton-Giles, M. (2016). The evolutionary biology of *Sclerotinia sclerotiorum*: Mainstream fungal genetics. *Molecular Plant Pathology*, 17(1), 1-12.
- Ekins, M. G., Aitken, E. A. B., & Goulter, K. C. (2007). Aggressiveness among isolates of *Sclerotinia sclerotiorum* from sunflower. *Australasian Plant Pathology*, 36, 580-586.
- Elgorbany, A. M., Bahkali, A. H., El-Metwally, M. A., Elshehatawi, M., & Abdel-Wahab, M. A. (2015). In vitro antifungal activity of some plant essential oils. *International Journal of Pharmacology*, 11(1), 56-61.
- Gossen, B. D., Rimmer, S. R., & Holley, J. D. (2001). First report of resistance to benomyl fungicide in *Sclerotinia sclerotiorum*. *Plant Disease*, 85(10), 1201.
- Habimana, S., Nkurunziza, J. P., Uwibambe, S., & Nyiramanzi, N. (2021). Global distribution and impact of *Sclerotinia sclerotiorum* in crops. *Agriculture*, 11(4), 303.
- Hossain, M. M., Sultana, F., Li, W., Tran, L. S. P., & Mostofa, M. G. (2023). *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary: Insights into the pathogenomic features of a global pathogen. *Cells*, 12(7), 1063.
- Iscan, G., Ozek, T., Ozek, G., Duran, A., & Baser, K. H. C. (2004). Essential oils of three species of *Heracleum*. *Anticandidal activity. Chemistry of Natural Compounds*, 40, 544-547.
- Jiang, Z., Jiang, H., & Xie, P. (2013). Antifungal activities against *Sclerotinia sclerotiorum* by *Cinnamomum cassia* oil and its main components. *Journal of Essential Oil Research*, 25(6), 444-451.
- Kakaraparthi, P. S., Srinivas, K. V. N. S., Kumar, J. K., Kumar, A. N., Rajput, D. K., & Sarma, V. U. M. (2014). Variation in the essential oil content and composition of *Citronella* (*Cymbopogon winterianus* Jowitt.) in relation to time of harvest and weather conditions. *Industrial Crops and Products*, 61, 240-248.
- Karan, T., & Genc, N. (2018). Antioxidant activities of *Heracleum platytaenium* extracts and essential oil. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 6(9), 1274-1278.
- Kılıç, T., & Dirmenci, T. (2016). Chemical composition of *Heracleum platytaenium* essential oil from Turkey. *Natural Volatiles & Essential Oils*, 3(4), 13-23.
- Kim, W. G., Hong, S. K., & Lee, S. Y. (2006). Occurrence of *Sclerotinia* rot in four leguminous crops caused by *Sclerotinia sclerotiorum*. *The Plant Pathology Journal*, 22(1), 16-20.
- Lehner, M. S., Lima, R. C., Carneiro, J. E. S., Paula Júnior, T. J., Vieira, R. F., & Mizubuti, E. S. G. (2016). Similar aggressiveness of phenotypically and genotypically distinct isolates of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Plant Disease*, 100(2), 360-366.
- Ma, B. X., Ban, X. Q., He, J. S., Huang, B., Zeng, H., Tian, J., ... & Wang, Y. W. (2016). Antifungal activity of *Ziziphora clinopodioides* Lam. essential oil against *Sclerotinia sclerotiorum* on rapeseed plants (*Brassica campestris* L.). *Crop Protection*, 89, 289-295.
- Mechergui, K., Jaouadi, W., Coelho, J. P., & Khouja, M. L. (2016). Effect of harvest year on production, chemical composition and antioxidant activities of essential oil of oregano (*Origanum vulgare* subsp *glandulosum* (Desf.) Ietswaart) growing in North Africa. *Industrial Crops and Products*, 90, 32-37.



- Özçakmak, S. (2012). The effects of *Heracleum platytaenium* Boiss essential oil on the growth of ochratoxigenic *Penicillium verrucosum* (D-99756) isolated from Kashar cheese. *Journal of Applied Botany and Food Quality* 85, 97 – 99.
- Purdy, L. (1979). *Sclerotinia sclerotiorum*: history, diseases and symptomatology, host range, geographic distribution, and impact. *Phytopathology*, 69(8), 875-880.
- Reyes-Jurado, F., Franco-Vega, A., Ramírez-Corona, N., Palou, E., & López-Malo, A. (2015). Essential oils: antimicrobial activities, extraction methods, and their modeling. *Food Engineering Reviews*, 7, 275-297.
- Rodríguez, M. A., Venedikian, N., Bazzalo, M. E., & Godeas, A. (2004). Histopathology of *Sclerotinia sclerotiorum* attack on flower parts of *Helianthus annuus* heads in tolerant and susceptible varieties. *Mycopathologia*, 157, 291-302.
- Sabaté, D. C., Brandan, C. P., Petroselli, G., Erra-Balsells, R., & Audisio, M. C. (2018). Biocontrol of *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary on common bean by native lipopeptide-producer *Bacillus* strains. *Microbiological research*, 211, 21-30.
- Silva, P. H., Santos, J. B., Lima, I. A., Lara, L. A. C., & Alves, F. C. (2014). Reaction of common bean lines and aggressiveness of *Sclerotinia sclerotiorum* isolates. *Genetic and Molecular Research*, 13(4), 9138-9151.
- Soylu, S., Yigitbas, H., Soyly, E. M., & Kurt, Ş. (2007). Antifungal effects of essential oils from oregano and fennel on *Sclerotinia sclerotiorum*. *Journal of applied microbiology*, 103(4), 1021-1030.
- Torbati, M., Nazemiyeh, H., Lotfipour, F., Asnaashari, S., Nemati, M., & Fathiazad, F. (2013). Composition and antibacterial activity of *Heracleum transcaucasicum* and *Heracleum anisactis* aerial parts essential oil. *Advanced pharmaceutical bulletin*, 3(2), 415.
- Türkmen, M., & Kaya, A. (2021). Antifungal effect of some essential oil combinations. *International Journal of Chemistry and Technology*, 5(1), 6-10.
- Valadares, A. C. F., Alves, C. C. F., Alves, J. M., De Deus, I. P., De Oliveira Filho, J. G., Dos Santos, T. C. L., ... & Miranda, M. L. (2018). Essential oils from *Piper aduncum* inflorescences and leaves: chemical composition and antifungal activity against *Sclerotinia sclerotiorum*. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 90(3), 2691-2699.
- Westrick, N. M., Ranjan, A., Jain, S., Grau, C. R., Smith, D. L., & Kabbage, M. (2019). Gene regulation of *Sclerotinia sclerotiorum* during infection of *Glycine max*: on the road to pathogenesis. *BMC genomics*, 20, 1-22.
- Willbur, J., McCaghey, M., Kabbage, M., & Smith, D. L. (2019). An overview of the *Sclerotinia sclerotiorum* pathosystem in soybean: impact, fungal biology, and current management strategies. *Tropical Plant Pathology*, 44, 3-11.
- Xu, X. M., Jeffries, P., Pautasso, M., & Jeger, M. J. (2018). Combined use of biocontrol agents to manage plant diseases in theory and practice. *Phytopathology*, 108(6), 803-817.
- Zhao, J., Peltier, A. J., Meng, J., Osborn, T. C., & Grau, C. R. (2004). Evaluation of *Sclerotinia* stem rot resistance in oilseed *Brassica napus* using a petiole inoculation technique under greenhouse conditions. *Plant Disease*, 88(9), 1033-1039.

