



Thymus (Kekik) Uçucu Yağlarının Bazı Bitki Patojeni Bakterilere Karşı Antibakteriyel Etkisi

Hale YILDIZ¹, Mustafa AKBABA², Tolga KARAKÖY^{2*}

¹ Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Sivas

² Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Sivas

*Sorumlu Yazar (Corresponding author): tkarakoy@sivas.edu.tr

Özet

Bu çalışmada Sivas ili Divriği ilçesinde doğal vejetasyondan toplanan farklı *Thymus* (kekik) türlerine (*Thymus sipyleus* Boiss., *Thymus leucostomus* Hausskn. & Velen., *Thymus pectinatus* Fisch. & C.A. Mey., *Thymus serpyllum* L., *Thymus vulgaris* L.) ait uçucu yağların bazı bitki patojenleri (*Xanthomonas euvesicatoria* pv. *euvesicatoria*, *Erwinia amylovora* ve *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*) üzerindeki antibakteriyel etkinlikleri in-vitro koşullarda değerlendirilmiştir. Petri denemeleri sonuçlarına göre, farklı uçucu yağ örneklerinin *E. amylovora* (Ea)'ya karşı 5-40 mm, *P. syringae* pv. *lachrymans* (Psl)'a karşı 5-7 mm ve *X. euvesicatoria* pv. *euvesicatoria* (Xee)'ya karşı 5-44 mm çapında değişen ölçülerde engelleme zonları oluşturduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada ayrıca, *X. euvesicatoria* pv. *euvesicatoria*'ya karşı güçlü bir şekilde antibakteriyel etki gösteren uçucu yağ örneklerinden bazılarının zamana (0, 2, 4, 8, 12, 24, 48 sa) ve uygulama dozuna (7,8-500 µL mL⁻¹) bağlı olarak antibakteriyel etkileri de belirlenmiştir. Çalışmaya konu olan *Thymus* (kekik) uçucu yağlarının, *X. euvesicatoria* pv. *euvesicatoria*'ya karşı MIC değerlerinin 7,8 µL mL⁻¹ -31,25 µL mL⁻¹ arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Elde edilen bulgular; *Thymus* (kekik) uçucu yağlarının bitki patojeni bakterilere karşı düşük konsantrasyonlarda bakteriyel gelişme üzerinde sınırlayıcı etkide bulunabileceğini göstermektedir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi :26.11.2024
Kabul Tarihi :30.12.2024

Anahtar Kelimeler

MIC değeri
thymus uçucu yağları
antibakteriyel aktivite
bitki patojenleri

Antibacterial Effects of *Thymus* Essential Oils Against Certain Plant Pathogenic Bacteria

Abstract

In this study, the antibacterial effects of essential oils obtained from different *Thymus* species (*Thymus sipyleus* Boiss., *Thymus leucostomus* Hausskn. & Velen., *Thymus pectinatus* Fisch. & C.A. Mey., *Thymus serpyllum* L., *Thymus vulgaris* L.) collected from the natural vegetation of Divriği district in Sivas province were evaluated under in vitro conditions against certain plant pathogens (*Xanthomonas euvesicatoria* pv. *euvesicatoria*, *Erwinia amylovora*, and *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*). Based on the results of the petri dish assays, the inhibition zones formed by different essential oil samples ranged from 5 to 40 mm for *E. amylovora* (Ea), 5 to 7 mm for *P. syringae* pv. *lachrymans* (Psl), and 5 to 44 mm for *X. euvesicatoria* pv. *euvesicatoria* (Xee). Furthermore, the antibacterial activities of certain essential oil samples, which exhibited strong inhibitory effects against *X. euvesicatoria* pv. *euvesicatoria*, were assessed in relation to time (0, 2, 4, 8, 12, 24, 48 hours) and application dose (7,8–500 µL mL⁻¹). The minimum inhibitory concentration (MIC) values of the *Thymus* essential oils against *X. euvesicatoria* pv. *euvesicatoria* were determined to range between 7,8 µL mL⁻¹ and 31,25 µL mL⁻¹. The findings suggest that *Thymus* essential oils have the potential to inhibit the growth of plant pathogenic bacteria at low concentrations.

Research Article

Article History

Received :26.11.2024
Accepted :30.12.2025

Keywords

MIC value
thymus essential oils
antibacterial activity
plant pathogens

1. Giriş

Tıbbi ve aromatik bitkiler, insanlık tarihi boyunca farklı medeniyetler tarafından çeşitli amaçlarla kullanılmıştır. Bu bitkiler, eski çağlardan itibaren, hastalıkların tedavisinde, dini ritüellerde, kozmetik ürünlerde ve gıda koruma yöntemlerinde önemli bir yer tutmuştur. Özellikle bu bitkilerin etnobotanik çalışmalarında, kültürel ve tıbbi kullanımları detaylı olarak incelenmiştir (Balick ve Cox, 2020). Günümüzde ise tıbbi ve aromatik bitkilere olan ilgi, hem geleneksel bilgilerin yeniden keşfi hem de modern teknolojilerle birlikte yeni kullanım alanlarının ortaya çıkmasıyla artmaktadır. Tüketicilerin doğal ve bitkisel ürünlere olan ilgisinin artması bu alandaki araştırmaları da hızlandırmıştır (Yıldız ve ark., 2022).

Tıbbi ve aromatik bitkiler, biyolojik olarak aktif bileşikler içermeleri nedeniyle yalnızca alternatif tıp uygulamalarında değil, aynı zamanda ilaç sanayisi, kozmetik üretimi, tarım ve gıda sektöründe de geniş bir kullanım potansiyeline sahiptir. Özellikle doğal ürünlere olan talebin artışı, tıbbi ve aromatik bitkilerin sürdürülebilir bir şekilde üretilmesi ve işlenmesine yönelik çalışmaların hız kazanmasına neden olmuştur (Ekor, 2014).

Tıbbi ve aromatik bitkilerin genetik ve biyoteknolojik yöntemlerle daha verimli kullanılması, endüstriyel ve klinik alanlarda yeni uygulamaların geliştirilmesi açısından önemli bir fırsat sunmaktadır. Ayrıca, küresel iklim değişikliği ve biyolojik çeşitliliğin kaybı gibi sorunlar, bu değerli bitkilerin korunması ve sürdürülebilir yönetimi için kapsamlı stratejilerin oluşturulmasını gerektirmektedir. Bu bağlamda, tıbbi ve aromatik bitkilerin bilimsel araştırmalardaki yeri giderek daha fazla önem kazanmaktadır (Inoue ve ark., 2019).

Tıbbi ve aromatik bitkiler arasında yer alan *Thymus* (kekik) türleri, geniş biyolojik aktivite spektrumu ve çeşitli kullanım alanlarıyla öne çıkmaktadır (Rota ve ark., 2008). Akdeniz Havzası'nın karakteristik florasının bir parçası olan *Thymus* (kekik), özellikle Türkiye'de zengin tür çeşitliliği ve yaygın kullanımıyla dikkat çekmektedir. Alternatif tıp

yöntemlerinden modern farmasötik ürünlere kadar geniş bir alanda değerlendirilen *Thymus* (kekik) türleri gıda koruyucu, baharat, kozmetik ve bitkisel ilaç gibi pek çok farklı kullanım alanlarına sahiptir (Bozdemir ve ark., 2019).

Thymus (kekik) türleri fenolik bileşikler, uçucu yağlar ve flavonoidler açısından zengin kimyasal içeriğiyle bilinmektedir (Hosseinzadeh ve ark., 2015). Bu türlerin uçucu yağları, özellikle yüksek oranlarda timol ve karvakrol gibi izomerik monoterpen fenollerini içermeleriyle antimikrobiyal ve antioksidan aktiviteler sergiler. *Thymus* (kekik) uçucu yağının antimikrobiyal aktivitesi çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir (Hammer ve ark., 1999; Rota ve ark., 2008). Bu antimikrobiyal özellikler, *Thymus* (kekik) türlerini gıda koruma ve farmasötik uygulamalarda alternatif bir doğal kaynak olarak ön plana çıkarmaktadır (Borugâ ve ark., 2014).

Son yıllarda *Thymus* (kekik) uçucu yağının antimikrobiyal özellikleri, özellikle antibiyotiklere dirençli patojenlerin yaygınlaşması nedeniyle büyük ilgi görmektedir (Kowalczyk ve ark., 2020). Birçok çalışma, *Thymus* (kekik) uçucu yağının çeşitli insan, hayvan ve bitki patojeni bakterilere karşı etkinliğini kanıtlamıştır (Fournomiti ve ark., 2015; Celen Yuceturk ve ark., 2021; Galovičová ve ark., 2021). *Thymus* (kekik) uçucu yağının kimyasal bileşimi, antimikrobiyal etkinliğinde de önemli bir rol oynamaktadır. Yapılan çalışmalarda, antimikrobiyal aktivitenin, uçucu yağın fenolik bileşikler gibi belirli kemotipleri ile yakından ilişkili olduğunu vurgulamıştır (Micucci ve ark., 2020). Uçucu yağın etkinliği ise, mikrobiyal hücre zarlarını bozarak hücre lizisi ve ölümü ile sonuçlanan yüksek timol içeriğine atfedilmektedir (Al-Shuneigat ve ark., 2014). Ayrıca, uçucu yağın antimikrobiyal özellikleri, çeşitli klinik uygulamalara da uzanmaktadır (Baherimoghadam ve ark., 2020). Örneğin çalışmalar uçucu yağın, biyofilm oluşturan bakterilere karşı etkinliğini göstermiştir ve bu bakteriler genellikle geleneksel tedavilere dirençlidir (Battah ve ark., 2022).

Pseudomonas aeruginosa gibi patojenik bakterilerin oluşturduğu biyofilmleri parçalama yeteneği, uçucu yağın, kronik enfeksiyonların tedavisindeki potansiyelini vurgulamaktadır. *Thymus* (kekik) uçucu yağının bu özelliği, biyofilm ile ilişkili enfeksiyonların tedavisinde karşılaşılan zorlukların üstesinden gelme konusunda klinik bağlamlarda özellikle önemlidir (Galovičová ve ark., 2021).

Bitki patojeni bakteriler, küresel olarak çeşitli kültüre alınabilen veya alınamayan bitkilere önemli zararlar veren fitopatojenlerin başlıca gruplarından birisidir (Singh, 2017). Bitki patojeni bakterilerin neden olduğu zararı azaltmak için, dirençli/toleranslı çeşitlerin ekimi ve farklı kimyasal uygulamaları gibi çeşitli kontrol önlemleri yaygın olarak uygulanmaktadır (Chaube ve Singh, 2018). Bakır bazlı fungus-bakteri öldürücülerin ve antibiyotiklerin kullanımı; bu bakterileri kontrol etmek için en kolay ve erişilebilir kimyasal uygulamalardır (Sharma ve ark., 2022). Ancak antibiyotiklerin aşırı ve yaygın uygulamaları nispeten pahalıdır ve antibiyotik dirençli suşların bitki patojeni bakteri popülasyonları içinde ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Corona ve Martinez, 2013; Sandoval-Motta ve Aldana, 2016). Bitki patojeni bakterilere karşı kullanılan bakır bazlı bileşikler ise düşük verimliliğe sahiptir ve sıklıkla fitotoksisiteye neden olmaktadır (Lalancette ve McFarland, 2007). Ayrıca bu kimyasal bileşiklerin kalıntıları doğada kalarak canlı organizmaları olumsuz yönde etkilemektedir (Maag ve ark., 2000; Bakshi ve Kumar, 2021). Tüm bunlar göz önüne alındığında, bakteriyel hastalıklara karşı konvansiyonel kontrol önlemlerine alternatif olarak yeni yaklaşımlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kapsamda, bitkisel kaynaklı uçucu yağların, antibakteriyel özelliklere sahip olan çevre dostu bileşikler olarak bitki bakteri hastalıklarının kontrolü

için iyi bir alternatif olacağı düşünülmektedir (Ootani ve ark., 2013).

Günümüzde, *Thymus* (kekik) uçucu yağının antimikrobiyal aktivitesi üzerine yapılan çalışmalar, *Thymus* (kekik) türlerinin hem klinik hem de endüstriyel alanlardaki potansiyelini ortaya koymakta ve bu durum, bu bitki türlerinin sürdürülebilir kullanımı ile ilgili stratejilerin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır. Türkiye'nin bu alandaki zengin biyoçeşitliliği, *Thymus* (kekik) türlerinin bilimsel araştırmalar ve ekonomik değer yaratma açısından önemli bir odak noktası haline gelmesini desteklemektedir (Coimbra ve ark., 2022; Mokhtari ve ark., 2023).

Bu çalışmanın amacı; Sivas ili Divriği ilçesinde endemik olarak bulunan çeşitli *Thymus* (kekik) türlerinden elde edilen uçucu yağların, domates ve biberde bakteriyel lekeye neden olan *Xanthomonas euvesicatoria* pv. *euvesicatoria*, elma ve armutta ateş yanıklığına sebep olan *Erwinia amylovora* ve hıyarda köşeli yaprak leke hastalığına yol açan *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* gibi önemli bitki patojenlerine karşı in vitro koşullarda antibakteriyel potansiyellerini belirlemektir.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışma kapsamında, Sivas ili Divriği ilçesinin endemik bitki örtüsü içerisinde yer alan *Thymus* (kekik) cinsine ait beş tür (*Thymus sipyleus* Boiss., *Thymus leucostomus* Hausskn. & Velen., *Thymus pectinatus* Fisch. & C.A.Mey., *Thymus serpyllum* L., *Thymus vulgaris* L.) üzerinde bu çalışma yapılmıştır. Bu bitkilere ait 30 örnek, Temmuz 2024'te bölgedeki farklı lokasyonlardan toplanmıştır. Toplanan bitki örnekleri Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi'nde muhafaza edilmiştir. Örneklerin lokasyon bilgileri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Toplanan örneklerin lokasyon bilgileri**Table 1.** Location information of collected samples

Koordinat	Konum
Lokasyon 1 39°26'58.5"N 38°02'08.7"E	Divriği-Sincan yolu, Divriği, Sivas, Türkiye
Lokasyon 2 39°29'02.0"N 37°44'11.5"E	Divriği- Zara yolu, Divriği, Sivas, Türkiye
Lokasyon 3 39°28'06.4"N 38°05'43.2"E	Maltepe, Divriği, Sivas, Türkiye
Lokasyon 4 39°26'20.6"N 37°44'11.8"E	Kırkgöz, Divriği, Sivas, Türkiye
Lokasyon 5 39°20'28.9"N 38°05'20.4"E	Kayaburun, Divriği, Sivas, Türkiye

2.1. Uçucu yağların ekstraksiyonu

Çalışmada kullanılan *Thymus* (kekik) türlerine ait bitki örnekleri, toplanmasının ardından gölgede kurutulmuş ve daha sonra Mikrodalga Destekli Solvent Ekstraksiyonu (MSE) yöntemi (Yaman ve ark., 2016) ile uçucu yağları elde edilmiştir. Toplanan 30 örneğin aynı tür olanlarından 500 g alınarak ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen uçucu yağlar, +4°C'de buzdolabında muhafaza edilmiştir.

2.2. Patojen bakteriler ve gelişme koşulları

Çalışmada, önceki araştırmalarda karakterize edilen ve Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Fitopatoloji Laboratuvarı'nda -80°C'de kriyojenik koşullarda saklanan üç farklı fitopatojen bakteri izolatu kullanılmıştır. Domates'ten izole edilen *Xanthomonas euvesicatoria* pv. *euvesicatoria* XCV2 (Akbaba ve ark., 2025), Elma'dan izole edilen *Erwinia amylovora* 163 (Şahin ve ark., 2020) ve Hıyar'dan izole edilen *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* CFPB2262 (Akbaba ve Ozaktan, 2018) izolatları patojen bakteri materyali olarak kullanılmıştır. Çalışmada, patojen bakterilerin çoğaltılması amacıyla yaygın kullanılan NA, YDC, King B ve SNA besi yerleri kullanılmıştır. YDC besi yeri özellikle *Xanthomonas* türleri için, King B besi yeri floresan *Pseudomonas* türleri için ve SNA besi yeri *Erwinia amylovora* gibi bazı bakteriler için tercih edilen yarı-seçici besi yerleridir (Schaad ve ark., 2001). Bu besi ortamlarında bakteriler, 24±2°C'de 48 saat boyunca inkube edilerek, saf koloniler elde edilmiştir.

2.3. Antimikrobiyal aktivitenin belirlenmesi

Çalışmada, uçucu yağların antimikrobiyal potansiyeli, standart disk difüzyon yöntemi

(Murray ve ark., 1995; Harrigan, 1998) kullanılarak değerlendirilmiştir. -80°C'de saklanan bakteri kültürleri ilk önce Nutrient Agar (NA) içeren petrilere ekilmiş ve 24±2°C'de 48 saat boyunca inkübe edilerek canlandırılmış ve bakteri kolonileri +4°C'de günlük kullanım için saklanmıştır. Test için 24±2°C'de 48 saat boyunca NA ortamında geliştirilen saf bakteri kolonileri, steril saf su içerisinde süspanse edilmiştir. 3 farklı patojen için bakteri süspanسیونları spektrofotometre kullanılarak OD_{600nm}: 0,1 konsantrasyonda olacak şekilde hazırlanmıştır. Bu amaçla, 100 µL'lik patojen bakteri içeren süspanسیونlar sırasıyla NA besiyeri içeren petrilere yayılmış ve üzerine 5 µL uçucu yağ içeren 6 mm çapındaki diskler yerleştirilmiştir. 24±2°C'de 48 saat boyunca inkübasyona bırakılmıştır (Harrigan, 1998). 24±2°C'de 48 saatlik inkübasyon süresinin sonunda oluşan inhibisyon zonları, milimetrik olarak ölçülerek analiz edilmiştir. Tüm deneyler üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

2.4. Mikroplaka dilüsyon testi

Disk difüzyon testin sonuçlarına göre uçucu yağlara en duyarlı bulunan patojen bakteri suşu için Minimum İnhibitör Konsantrasyon (MIC) ve Minimum Bakterisidal Konsantrasyon (MBC) değerleri mikroplaka dilüsyon yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Çetin ve ark., 2011). Test için 24±2°C'de 48 saat boyunca NA ortamında geliştirilen saf bakteri kolonileri, steril saf su içinde süspanse edilmiştir. Patojen bakteri süspanسیونları spektrofotometre kullanılarak OD_{600nm}: 0,1 konsantrasyonda olacak şekilde hazırlanmıştır. Uçucu yağlar, dimetil sülfoksit (DMSO) içerisinde çözülerek 5 µL'ye kadar seyreltilmiştir. Ardışık iki katlı dilüsyonlarla 500'den 7,8 µL mL⁻¹'ye inen bir konsantrasyon aralığı elde edilmiştir. Deney

için 96 kuyucuklu plakalar, her kuyucuğa 95 µL besi yeri ve 5 µL inokulum eklenerek hazırlanmıştır. Pozitif kontrol kuyucuğunda 195 µL besi yeri, 5 µL inokulum ve 100 µL steril saf su kullanılmıştır. Negatif kontrol kuyucuğunda 195 µL besi yeri ve 5 µL steril saf su kullanılmıştır. Toplam hacim her kuyucukta eşit olacak şekilde 200 µL'dir. Test edilen her bir uçucu yağ örneği, her mikroorganizma için üç kez tekrarlanmıştır. Plakalar kapatıldıktan sonra uygun sıcaklıklarda 48 saat inkübe edilmiştir. Ardından belirli aralıklarda (0, 2, 4, 8, 12, 24 ve 48 saat) 600 nm'de absorbans ölçümü (ELx 800, Biotek Instrument Inc., Highland Park,

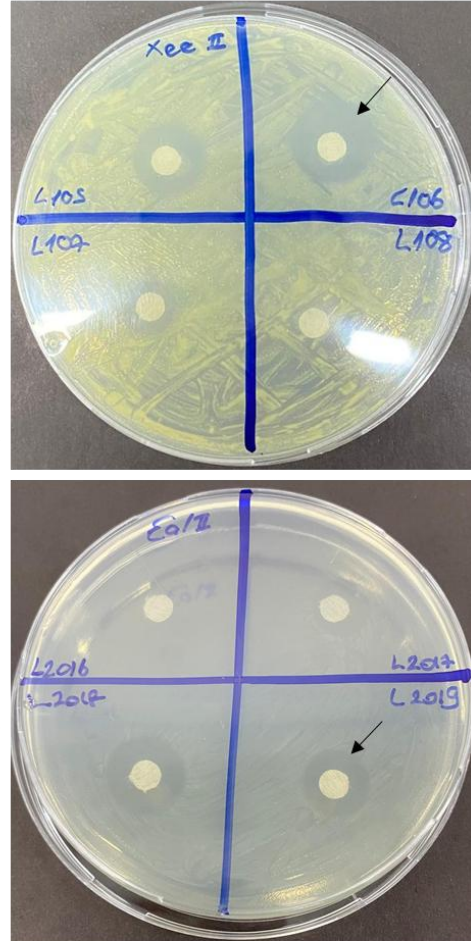
VT, ABD) yapılarak mikrobiyal büyüme kontrol edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Thymus (kekik) uçucu yağlarının antibakteriyel aktiviteleri in vitro koşullarda test edilmiş ve elde edilen sonuçlar Şekil 1'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre farklı uçucu yağ örneklerinin *E. amylovora* (Ea)'ya karşı 5-40 mm, *P. syringae* pv. *lacrymans* (Psl)'a karşı 5-7 mm ve *X. euvesicatoria* pv. *euvesicatoria* (Xee)'ya karşı 5-44 mm çapında değişen ölçülerde engelleme zonları oluşturduğu tespit edilmiştir.

	Ea(mm)	Psl (mm)	Xee(mm)
L101	17.5	5.0	15.0
L102	25.0	6.5	28.0
L103	5.0	5.0	5.0
L104	27.5	7.0	30.0
L105	13.5	6.0	17.5
L106	20.5	6.0	19.5
L107	7.5	5.0	9.0
L108	5.0	5.0	5.0
L109	10.0	5.0	5.0
L110	23.5	8.0	38.0
L111	10.5	5.0	13.0
L2012	22.0	6.0	34.0
L2013	40.0	6.0	38.0
L2014	15.0	7.0	44.0
L2015	40.0	6.0	44.0
L2016	25.0	6.5	19.0
L2017	12.0	6.5	19.0
L2018	15.0	6.0	20.5
L2019	12.0	6.0	31.0
L2020	29.0	6.0	40.0
L2021	32.0	6.0	30.0
L2022	19.0	6.0	40.0
L2023	11.5	6.0	22.0
L3024	5.0	6.0	5.5
L3025	5.0	5.5	5.5
L3026	12.0	6.5	20.0
L4027	5.0	6.5	34.0
L4028	5.0	6.0	40.0
L5029	15.5	6.5	15.0
L5030	8.5	6.5	36.0

Created with Datawrapper



Şekil 1. Farklı *Thymus* (kekik) uçucu yağlarının patojen bakterilere (*E. amylovora*, *P. syringae* pv. *lacrymans*, *X. euvesicatoria* pv. *euvesicatoria*) karşı oluşturdukları engelleme zonu çapı (mm)

Figure 1. Inhibition zone diameter (mm) created by different *Thymus* (thyme) essential oils against pathogenic bacteria (*E. amylovora*, *P. syringae* pv. *lacrymans*, *X. euvesicatoria* pv. *euvesicatoria*)

*Bulundukları lokasyonlara ve örnek sayılarına göre şu şekilde isimlendirilmişlerdir; L101= Lokasyon 1 Örnek 1, ... L201= Lokasyon 2 Örnek 1, ... L301= Lokasyon 3 Örnek 1, ... L401= Lokasyon 4 Örnek 1, ... L501= Lokasyon 5 Örnek 1.

Bu çalışmada ayrıca, *X. euvesicatoria* pv. *euvasicatoria*'ya karşı güçlü bir şekilde antibakteriyel etki gösteren *Thymus* (kekik) uçucu yağ örneklerinin zamana ve uygulama dozuna bağlı olarak antibakteriyel etkileri de belirlenmiştir (Şekil 2). Şekil 2'de gösterilen grafikler incelendiğinde L1O4, L1O10, L2O16, L2O20 ve L2O21 numaralı uçucu yağ örneklerinin başlangıç yoğunluklarının benzer dozu içeren diğer örneklerle göre oldukça yüksek olduğu görülmüştür. Bu yoğunluk farklılığı, uçucu yağların kimyasal bileşimi, fenolik içeriği ve biyolojik aktivitesine bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Uçucu yağların antimikrobiyal etkinliği büyük ölçüde kimyasal bileşimleri ve özellikle fenolik bileşenlerin yoğunluğuna bağlıdır. Timol ve karvakrol, bu yağlarda baskın olarak bulunan fenolik bileşenler olup, hücre zarını bozarak bakterilerin büyümesini inhibe etmektedir (Dorman ve Deans, 2000). L1O4 ve L2O21 gibi numunelerde, yüksek başlangıç yoğunlukları; bu fenolik bileşenlerin konsantrasyonunun diğer örneklerle kıyasla daha fazla olduğunu düşündürmektedir. Bu tür bileşenlerin serbest radikal giderici ve hücre geçirgenliğini bozucu etkileri, literatürde yaygın bir şekilde rapor edilmiştir (Burt, 2004).

Farklı *Thymus* türlerinden elde edilen uçucu yağların kimyasal profilleri, yetiştikleri bölgeye, iklim koşullarına ve genetik faktörlere göre değişiklik göstermektedir. Sivas ili Divriği ilçesinden toplanan örneklerin yüksek antimikrobiyal etki göstermesi, bu bölgedeki bitkilerin çevresel stres koşullarına adaptasyon süreçleri ile ilişkilendirilebilir. Yörenin iklimsel ve edafik (toprak) özelliklerinin, bitkilerde ikincil metabolit üretimini teşvik ederek antimikrobiyal potansiyeli arttırdığı düşünülebilir.

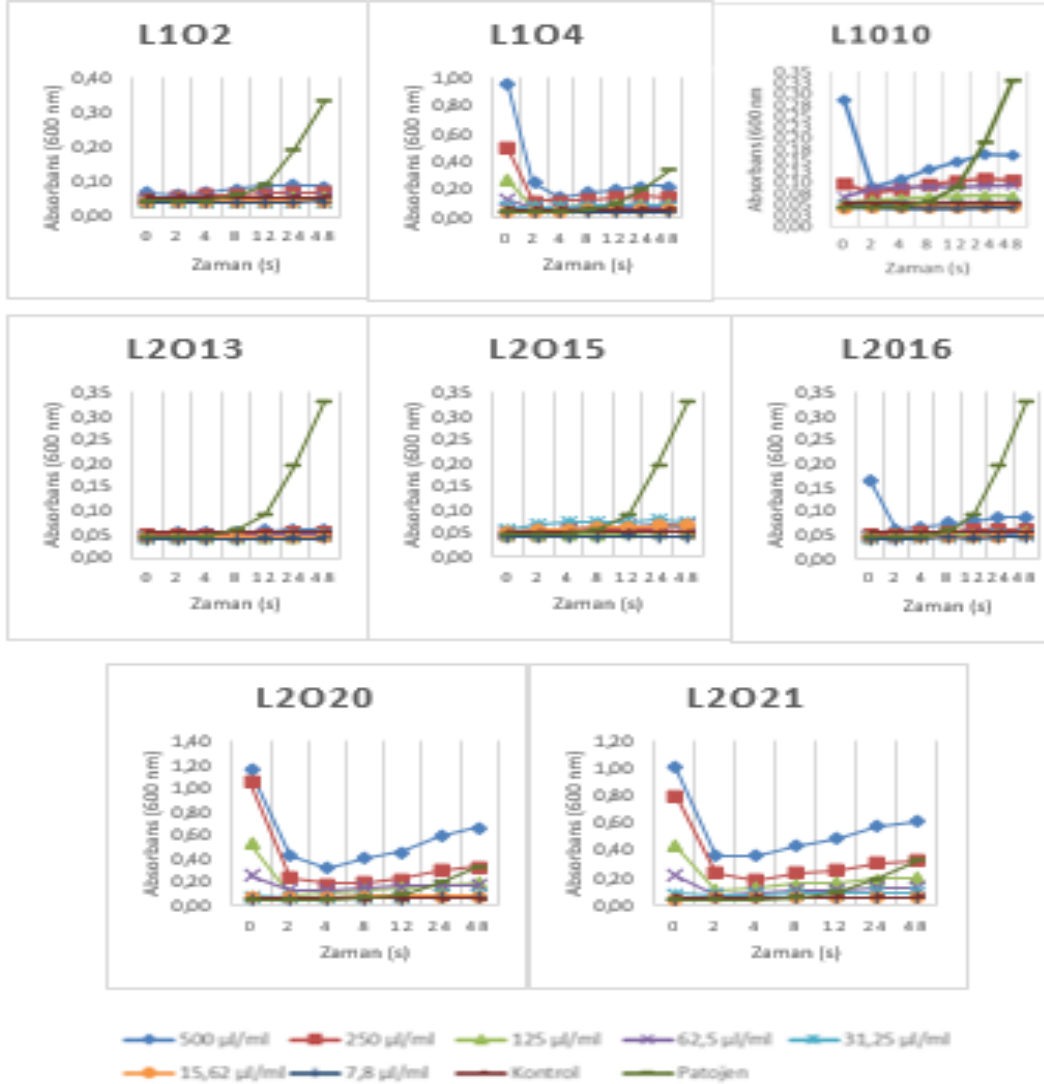
Yapılan çalışmalarda; çeşitli uçucu yağların, birçok *Xanthomonas* türüne karşı etkili olduğu gösterilmiştir (Kolozsvariné Nagy ve ark., 2023). Uçucu yağların, özellikle kekik (*Thymus vulgaris*) uçucu yağının, bitki patojeni bakterilere karşı antimikrobiyal etkileri üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Aktepe ve ark. (2019), farklı türlere ait uçucu yağlar (*Thymus vulgaris*, *Lavandula officinalis*

ve *Syzygium aromaticum*) ile yaptıkları çalışmada, *Erwinia amylovora*'ya karşı sırasıyla 9.83, 8.69 ve 7.55 mm engelleme zonu kaydetmişlerdir. *Erwinia amylovora*'nın in vitro şartlarda gelişimini engellemede etkili bulunan bu uçucu yağlar, hastalığın mücadelesinde umut verici olarak değerlendirilmiştir. Kolozsvariné Nagy ve ark. (2023), *Thymus vulgaris* (kekik) uçucu yağının, diğer uçucu yağlar ile birlikte *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni* (*Xap*) bakterisine karşı antimikrobiyal etkilerini kapsamlı bir şekilde incelemiştir. Kekik uçucu yağı (*Thymus vulgaris*): *Xap* üzerinde önemli bir antibakteriyel etki göstermiştir. Minimum İnhibitör Konsantrasyon (MIC) değerleri, *Xap3* ve *XapG2* izolatları için 125 µg mL⁻¹ olarak belirlenmiştir. Bazı çalışmalarda farklı *Thymus* (kekik) türlerinin, bitki patojeni bakteriler ile aynı cins içerisinde yer alan *Pseudomonas aeruginosa* (Borugâ ve ark., 2014; Turhan ve Tural, 2017), *Pseudomonas pseudoalkaligenes* (Çetin ve ark., 2009), *Escherichia coli* (Ertürk ve ark. 2010; Uçar ve ark., 2015) ve *Staphylococcus aureus* (Ertürk ve ark., 2010; Uçar ve ark., 2015) gibi insan, hayvan ve fırsatçı bitki patojeni bakteri türleri üzerine de antibakteriyel etkileri olduğu tespit edilmiştir.

Grafiklerde (Şekil 2) kontrol olarak kullanılan sadece patojen bakteri içeren besi yerinde 48 saat sonunda bakteri gelişiminin düzenli bir şekilde arttığı görülmektedir. Ancak *Thymus* (kekik) uçucu yağ örneklerini içeren besi ortamlarının tümünde 48 saat sonunda bakteri gelişiminin başlangıç değerine göre sınırlandığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte L2O20 ve L2O21 *Thymus* (kekik) uçucu yağlarını içeren ortamlarda, uygulama dozu diğerleri ile aynı olmasına rağmen uçucu yağların başlangıç yoğunluğu oldukça yüksek olduğu için bakteriyel gelişim üzerine etkileri net olarak değerlendirilememektedir. Ayrıca L1O4, L1O10, L2O16, L2O20 ve L2O21 *Thymus* (kekik) uçucu yağ örneklerinde antibakteriyel etkinin 2. saate göre, 48 saat sonunda azaldığı görülmektedir. Ancak bu etki azalışı ile ilgili olarak ölçümler esnasında dışarıdan bulaşmaların, bu duruma etki edebileceği de göz ardı edilmemelidir. Uçucu

yağların etkinliğini belirleyen faktörler, bileşimleri, aktif bileşenlerde bulunan fonksiyonel gruplar ve bunların sinerjik etkileşimleridir. Antimikrobiyal etki mekanizması, kullanılan uçucu yağın türüne veya mikroorganizma türüne göre değişiklik

göstermektedir. Gram-negatif bakterilere kıyasla Gram-pozitif bakterilerin uçucu yağlara karşı daha duyarlı olduğu iyi bilinmektedir. Bu durum, bakterilerin farklı hücre duvarı yapılarına sahip olmalarından kaynaklanmaktadır (Dharsono ve ark., 2022)



Şekil 2. Farklı *Thymus* (kekik) uçucu yağ dozlarının patojen bakteri (*Xee*) üzerindeki antibakteriyel etkisinin zamana (0-48 saat) ve dozlara bağlı olarak değişimi

Figure 2. Antibacterial effects of different *Thymus* (thyme) essential oil doses on pathogenic bacteria (*Xee*) depending on time (0-48 hours) and doses.

Şekil 2’de verilen grafikler ve eldeki veriler incelendiğinde, yalnızca patojen içeren grupta absorbans (OD₆₀₀) zamanla artış göstermiştir. *Thymus* (kekik) uçucu yağlarının düşük konsantrasyonlarda dahi etkili olduğunu ve minimum inhibitör konsantrasyonunun (MIC) oldukça düşük olabileceğini göstermiştir. MIC

değeri, L2020 ve L2021 *Thymus* (kekik) uçucu yağları için 31,25 µl ml⁻¹ konsantrasyondayken, diğer *Thymus* (kekik) uçucu yağ örnekleri için en düşük konsantrasyon olan 7,8 µl ml⁻¹ civarında olduğu, çünkü bu dozda bile büyümenin engellendiği görülmüştür.

4. Sonuç

Sonuç olarak yukarıda belirtilen çalışmalar, *Thymus* (kekik) türlerinin uçucu yağlarının bitki patojeni bakterilere karşı güçlü antimikrobiyal etkilere sahip olduğunu göstermektedir. Bu antimikrobiyal etki; ilgili literatür çalışmalarında da görüldüğü gibi, *Thymus* (kekik) uçucu yağlarının ana aktif bileşenleri olan timol ve karvakrol'un; hücre zarını bozarak bakteriyel membran geçirgenliğini artırması ve hücre ölümüne neden olması ile ilişkilidir. Özellikle, *Erwinia amylovora* ve *Pseudomonas syringae* türlerine karşı kekik uçucu yağının antibakteriyel etkinliği vurgulanmıştır. Çalışmamızda da benzer sonuçlar elde edilmiştir, bu durumun literatürdeki bulgularla uyumlu olduğunu ve *Thymus* (kekik) uçucu yağlarının bitki patojenleriyle biyolojik mücadelede potansiyel bir kaynak olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir. Ancak, *Xanthomonas euvesicatoria* pv. *euvesicatoria*'ya karşı *Thymus* (kekik) uçucu yağlarının etkisinin zamana bağlı olarak değişimini inceleyen sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu nedenle, yaptığımız bu çalışmadaki bulgular, bu alanda önemli bir katkı sağlayabilir ve gelecekteki araştırmalar için temel teşkil edebilir.

Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulunduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Açıklama

Bu çalışma Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi "Sivas İli Divriği İlçesinde Doğal Olarak Bulunan Bazı *Thymus* L. Taxonlarının Uçucu Yağ ve Bazı Kalite Kriterleri Bakımından ISSR Markörleri Kullanılarak Karakterizasyonu" başlıklı doktora tezinden üretilmiştir.

Kaynaklar

- Akbaba, M., Dönmez, M.F., Hürkan, K., 2025. Characterization of causal agents of bacterial spot on tomato fields In Iğdır plain (Türkiye). *Journal of Agricultural Science and Technology*, 1-12.
- Akbaba, M., Ozaktan, H., 2018. Biocontrol of angular leaf spot disease and colonization of cucumber (*Cucumis sativus* L.) by endophytic bacteria. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 28: 14.
- Aktepe, B.P., Mertoğlu, K., Evrenosoğlu, Y., Aysan, Y., 2019. Farklı bitki uçucu yağların *Erwinia amylovora*'ya karşı antibakteriyel etkisinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(1):34-41.
- Al-Shuneigat, J., Al-Sarayreh, S., Al-saraireh, Y., Al-Qudah, M., Al-Tarawneh, I., Albataineh, E., 2014. Effects of wild thymus vulgaris essential oil on clinical isolates biofilm-forming bacteria. *IOSR Journal of Dental and Medical Sciences*, 13(9): 62-66.
- Bakshi, M., Kumar, A., 2021. Copper-based nanoparticles in the soil-plant environment: assessing their applications, interactions, fate and toxicity. *Chemosphere*, 281:130940.
- Balick, M.J., Cox, P.A., 2020. Plants, People, And Culture: The Science of Ethnobotany. Garland Science, New York.
- Battah, B., Rajab, A., Shbibe, L., Dhaliwal, J., Goh, K., Ming, L., Soukkaireh, C., 2022. Evaluation of antibiofilm activity of *Thymus syriacus* essential oil against clinically isolated mdr bacteria. *Progress in Microbes & Molecular Biology*, 5(1).
- Borugă, O., Jianu, C., Mișcă, C., Goleț, I., Gruia, A.T., Horhat, F.G., 2014. *Thymus vulgaris* essential oil: chemical composition and antimicrobial activity. *Journal of Medicine and Life*, 7(Special Issue 3): 56.

- Bozdemir, Ç., 2019. Türkiye’de yetişen kekik türleri, ekonomik önemi ve kullanım alanları. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 29(3): 583-594.
- Burt, S., 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International Journal of Food Microbiology*, 94(3): 223-253.
- Celen Yuceturk, S., Aydogan Turkoglu, S., Kockar, F., Kucukbay, F.Z., Azaz, A.D., 2021. Essential oil chemical composition, antimicrobial, anticancer, and antioxidant effects of *Thymus convolutus* Klokov in Türkiye. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 76(5-6): 193-203.
- Çetin, B., Çakmakçı, S., Cakmakci, R., 2009. The investigation of antimicrobial activity of thyme and oregano essential oils. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35(2): 145-154.
- Chaube, H.S., Singh U.S., 2018. Plant Disease Management: Principles and Practices. CRC Press, Boca Raton.
- Coimbra, A., Ferreira, S., Duarte, A.P., 2022. Biological properties of *Thymus zygis* essential oil with emphasis on antimicrobial activity and food application. *Food Chemistry*, 393: 133370.
- Corona, F., Martinez J.L., 2013. Phenotypic resistance to antibiotics. *Antibiotics*, 2(2): 237–255.
- Dharsono, H.D.A., Putri, S.A., Kurnia, D., Dudi, D., Satari, M.H., 2022. Ocimum species: A review on chemical constituents and antibacterial activity. *Molecules*, 27(19): 6350.
- Dorman, H.D., Deans, S.G., 2000. Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *Journal of Applied Microbiology*, 88(2): 308-316.
- Ekor, M., 2014. The growing use of herbal medicines: issues relating to adverse reactions and challenges in monitoring safety. *Frontiers in Pharmacology*, 4: 177.
- Ertürk, R., Çelik, C., Kaygusuz, R., Aydın, H., 2010. Ticari olarak satılan kekik ve nane uçucu yağlarının antimikrobiyal aktiviteleri. *Cumhuriyet Medical Journal*, 32(4): 281-286.
- Fournomiti, M., Kimbaris, A., Mantzourani, I., Plessas, S., Theodoridou, I., Papaemmanouil, V., Alexopoulos, A., 2015. Antimicrobial activity of essential oils of cultivated oregano (*Origanum vulgare*), sage (*Salvia officinalis*), and thyme (*Thymus vulgaris*) against clinical isolates of *Escherichia coli*, *Klebsiella oxytoca*, and *Klebsiella pneumoniae*. *Microbial ecology in Health and Disease*, 26(1).
- Galovičová, L., Borotová, P., Válková, V., Vuković, N., Vukić, M., Štefániková, J., Kačániová, M., 2021. *Thymus vulgaris* essential oil and its biological activity. *Plants*, 10(9): 1959.
- Hammer, K.A., Carson, C.F., Riley, T.V., 1999. Antimicrobial activity of essential oils and other plant extracts. *Journal of Applied Microbiology*, 86(6): 985-990.
- Harrigan, W.F., 1998. Laboratory Methods in Food Microbiology. No: 308. Academic Press.
- Hosseinizadeh, S., Jafarikukhdan, A., Hosseini, A., Armand, R., 2015. The application of medicinal plants in traditional and modern medicine: a review of *Thymus vulgaris*. *International Journal of Clinical Medicine*, 6(9): 635-642.
- Inoue, M., Hayashi, S., Craker, L.E., 2019. Role of medicinal and aromatic plants: Past, present, and future. *Pharmacognosy-Medicinal Plants*, 13: 1.
- Baherimoghdam, T., Naseri, N., Khandani, A., Nouripour-Sisakht, S., Safaeian, R., 2020. Antifungal effect of *Thymus vulgaris* essential oil and chlorhexidine on candida albicans colonies accumulated on removable orthodontic appliances: a double- blinded clinical trial. *Research Square*.

- Kolozsváriné Nagy, J., Móricz, Á.M., Böszörményi, A., Ambrus, Á., Schwarczinger, I., 2023. Antibacterial effect of essential oils and their components against *Xanthomonas arboricola* pv. pruni revealed by microdilution and direct bioautographic assays. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 13: 1204027.
- Kowalczyk, A., Przychodna, M., Sopata, S., Bodalska, A., Fecka, I., 2020. Thymol and thyme essential oil—new insights into selected therapeutic applications. *Molecules*, 25(18): 4125.
- Lalancette, N., McFarland, K.A., 2007. Phytotoxicity of copper-based bactericides to peach and nectarine. *Plant Disease*, 91(9): 1122–1130.
- Maag, B., Boning, D., Voelker, B., 2000. Assessing the environmental impact of copper CMP. *Semiconductor International*, 23(12):101–106.
- Micucci, M., Protti, M., Aldini, R., Frosini, M., Corazza, I., Marzetti, C., Budriesi, R., 2020. *Thymus vulgaris* L. essential oil solid formulation: chemical profile and spasmolytic and antimicrobial effects. *Biomolecules*, 10(6): 860.
- Mokhtari, R., Kazemi Fard, M., Rezaei, M., Moftakharzadeh, S.A., Mohseni, A., 2023. Antioxidant, antimicrobial activities, and characterization of phenolic compounds of thyme (*Thymus vulgaris* L.), sage (*Salvia officinalis* L.), and thyme–sage mixture extracts. *Journal of Food Quality*, 2023(1): 2602454.
- Murray, P.R., Baron, E.J., Pfaller, M.A., Tenover, F.C., Tenover, R.H., 1995. *Manual of Clinical Microbiology*, Washington: ASM.
- Ootani, M.A., Aguiar, R.W., Ramos, A.C.C., Brito, D.R., Silva, J.B.D., Cajazeira, J.P., 2013. Use of essential oils in agriculture. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, 4(2):162–174.
- Rota, M.C., Herrera, A., Martínez, R.M., Sotomayor, J.A., Jordán, M.J., 2008. Antimicrobial activity and chemical composition of *Thymus vulgaris*, *Thymus zygis* and *Thymus hyemalis* essential oils. *Food Control*, 19(7): 681–687.
- Şahin, M., Mısırlı, A., Özaktan, H., 2020. Determination of fire blight (*Erwinia amylovora*) susceptibility in Türkiye's *Cydonia oblonga* Mill. Germplasm. *European Journal of Plant Pathology*, 157: 227–237.
- Sandoval-Motta, S., Aldana, M., 2016. Adaptive resistance to antibiotics in bacteria: a systems biology perspective. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Systems Biology and Medicine*, 8(3): 253–267.
- Schaad, N.W., Jones, J.B., Chun, W., 2001. *Laboratory Guide For The Identification Of Plant Pathogenic Bacteria*. American Phytopathological Society (APS Press), St Paul, USA.
- Sharma, A., Abrahamian, P., Carvalho, R., Choudhary, M., Paret, M.L., Vallad, G.E., Jones, J.B., 2022. Future of bacterial disease management in crop production. *Annual Review of Phytopathology*, 60:259–282.
- Singh, R.S., 2017. *Introduction to principles of plant pathology*. Oxford and IBH Publishing, New Delhi.
- Turhan, S., Tural, S., 2017. Kekik (*Thymus Vulgaris* L.), biberiye (*Rosmarinus Officinalis* L.) ve defne (*Lauris Nobilis* L.) uçucu yağlarının ve karışımlarının antimikrobiyal ve antioksidan özellikleri. *Gıda*, 42(5): 588–596.
- Ucar, E., Köse, E.O., Özyiğit, Y., Turgut, K., 2015. Bazı tıbbi ve aromatik bitkilerde esansiyel yağların antimikrobiyal aktivitelerinin belirlenmesi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(2): 118–124.
- Yaman, T., Kuleaşan, Ş., 2016. Uçucu yağ elde etmede gelişmiş ekstraksiyon yöntemleri. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(Özel 1): 78–83.

- Yıldız, H., Tüzün, G., Erbayraktar, E., 2022. Sarı kantoron (*Hypericum perforatum*) bitkisinin antioksidan ve antimikrobiyal özellikleri üzerine bir araştırma. *Ispc Journal of Science Institute*, 1(1): 27-32.

Atıf Şekli	Yıldız, H., Akbaba, M., Karaköy, T., 2025. <i>Thymus</i> (Kekik) Uçucu Yağlarının Bazı Bitki Patojen Bakterilere Karşı Antibakteriyel Etkisi. <i>ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 9(2): 547-557. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.15205719 .
To Cite	Yıldız, H., Akbaba, M., Karaköy, T., 2025. Antibacterial Effects of <i>Thymus</i> Essential Oils Against Certain Plant Pathogenic Bacteria. <i>ISPEC Journal of Agricultural Sciences</i> , 9(2): 547-557. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.15205719 .