

Atf İçin: Tekiner Aydın, N., Dadaşoğlu, F. ve Kotan, R. (2023). Bazı Bakteriyel Yaş Çürüklük Etmenlerine Karşı *Saturaje hortensis* L. Uçucu Yağının Antibakteriyel Etkisi. *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13(1), 54-63.

To Cite: Tekiner Aydın, N., Dadaşoğlu, F.; & Kotan, R. (2023). Antibacterial Effect of *Saturaje hortensis* L. Essential Oil Against Some Bacterial Soft Rot Agents. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 13(1), 54-63.

Bazı Bakteriyel Yaş Çürüklük Etmenlerine Karşı *Saturaje hortensis* L. Uçucu Yağının Antibakteriyel Etkisi

Nasibe TEKİNER AYDIN^{1*}, Fatih DADAŞOĞLU², Recep KOTAN²

Öne Çıkanlar:

- Uçucu yağ
- Antibakteriyel aktivite
- Bitki Bakteri Hastalığı

Anahtar Kelimeler:

- Anahtar Antibakteriyel aktivite
- *Enterobacter cloacae*
- *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*
- *Saturaje hortensis* L.
- Uçucu yağ
- Yumuşak çürüklük

ÖZET:

Bu çalışma, Erzurum ilinde doğal olarak yetişen Koç otu bitkisi olarak bilinen *Saturaje hortensis* L. (çibriska) uçucu yağının patatesten yumuşak çürüklük hastalığına karşı *in vitro* şartlarda antibakteriyel etkisinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Erzurum ve Erzincan illerinden toplanmış hastalık belirtisi gösteren patates yumrularından bakteri izolatları elde edilmiştir. Elde edilen bakteri izolatlarının; patojenite testi, aşırı duyarlılık testi ve tanıları (Mikrobiyal tanı sistemi (MIS) ve Biolog sistemleri ile) yapılmıştır. Erzurum (Şenkaya) ilinden toplanan *S. hortensis*'ten hidrodistilasyon yöntemiyle uçucu yağ elde edilmiştir. Uçucu yağın antibakteriyel etkisi patojen bakteri izolatlarına karşı petride disk difüzyon yöntemi ile test edilmiştir. Antibiyotik duyarlılık testi için ticari antibiyotiklerden Rifampicin ve Gentamicin kullanılmıştır. Çalışma sonucunda 10 adet bakteri izolatu elde edilmiş ve bütün izolatların patojenite testi ile aşırı duyarlılık reaksiyon testi pozitif olarak belirlenmiştir. Patojen bakteri izolatları MIS ile tanı sonucu, *Enterobacter cloacae* (7 adet) ve *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* (3 adet) olarak tanılanmıştır. MIS ve Biolog tanı sistemlerine ait test sonuçlarının birbirini desteklemediği görülmüştür. Uçucu yağın, bakteri izolatlarının gelişimini 20-33.5 mm oranında engellediği tespit edilmiştir. Uçucu yağ en yüksek inhibisyon zonu F-37 (*P. c.* subsp. *carotovorum*, 33.5 mm) izolatu karşı, en düşük inhibisyon zonu ise F-11 (*E. cloacae*, 20 mm) izolatu karşı belirlenmiştir. Antibiyotik duyarlılık testinde kullanılan Rifampicin'in 0-10 mm ve Gentamicin'in 14.5-20.5 mm arasında inhibisyon zonu oluşturduğu belirlenmiştir. *S. hortensis* uçucu yağının farklı patojen bakteri izolatlarına karşı bakterisidal etkiye sahip olduğu, ancak kullanılan antibiyotiklerin ya etki etmediği ya da sadece engelleyici özelliğe sahip olduğu görülmüştür. Sonuç olarak yumuşak çürüklük oluşturan patojenlere karşı *S. hortensis* uçucu yağının kullanımının faydalı olacağı düşünülmektedir.

Antibacterial Effect of *Saturaje hortensis* L. Essential Oil Against Some Bacterial Soft Rot Agents

Highlights:

- Highlights Essential oil
- Antibacterial activity
- Plant bacterial disease

Keywords:

- Antibacterial activity
- *Enterobacter cloacae*
- essential oil
- *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*
- *Saturaje hortensis* L.,
- Soft rot

ABSTRACT:

This study was carried out to determine the antibacterial effect of *Saturaje hortensis* L. (çibriska) essential oil, which grows naturally in Erzurum, and is known as the Koç herb plant, against soft rot in potato under *in vitro* conditions. Bacterial isolates were obtained from potato tubers showing disease symptoms collected from different districts of Erzurum and Erzincan provinces. Bacterial isolates obtained; pathogenicity test, hypersensitivity test and diagnosis (with Microbial diagnosis system (MIS) and Biolog systems) were performed. Essential oil was obtained from *S. hortensis* collected from Erzurum (Şenkaya) province by hydrodistillation method. The antibacterial effect of essential oil was tested against pathogenic bacteria isolates by disk diffusion method in petri dishes. Commercial antibiotics Rifampicin and Gentamicin were used for antibiotic susceptibility testing. As a result of the study, 10 bacterial isolates were obtained and pathogenicity test and hypersensitivity reaction test of all isolates were positive. As a result of diagnosis of pathogenic bacterial isolates by MIS, *Enterobacter cloacae* (7 strain) and *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* (3 strain). It has been observed that the test results of the MIS and Biolog diagnostic systems do not support each other. It has been determined that the essential oil inhibits the growth of bacterial isolates by 20-33.5 mm. The highest inhibition zone of essential oil was determined against F-37 (*P. c.* subsp. *carotovorum*, 33.5 mm) isolate, and the lowest zone of inhibition was determined against F-11 (*E. cloacae*, 20 mm) isolate. It was determined that the antibiotic susceptibility test in created an inhibition zone between Rifampicin 0-10 mm and Gentamicin 14.5-20.5 mm. It has been observed that the essential oil of *S. hortensis* has a bactericidal effect against different pathogenic bacteria isolates, but the antibiotics used either do not have any effect or have only inhibitory properties. As a result, it is thought that the use of *S. hortensis* essential oil against soft rot pathogens will be beneficial.

¹ Nasibe TEKİNER AYDIN (Orcid ID: 0000-0003-2396-7786), Artvin Çoruh Üniversitesi, Ali Nihat Gökyiğit Botanik Bahçesi Uygulama ve Araştırma Merkezi, Artvin, Türkiye

² Fatih DADAŞOĞLU (Orcid ID: 0000-0001-9331-1913), Recep KOTAN (Orcid ID: 0000-0001-6493-8936), Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Erzurum, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Nasibe TEKİNER AYDIN, e-mail: nasibetekiner@artvin.edu.tr

GİRİŞ

Dünya nüfusunun 2050 yılında ~10 milyar olacağı tahmin edilmektedir. Artan dünya nüfusuna yeterli gıdayı sağlayabilmek için ekilebilir arazilerden birim alanda alınacak ürün miktarında artış sağlanmalıdır (FAO, 2017). Ancak tohum aşamasından depolama sürecine kadar bitkisel üretimin ~%35 kaybının hastalık, zararlı ve yabancı otlardan dolayı olduğu (Agrios, 1997) ve bu kayıpların ~%60'nı fungal ve bakteriyel hastalıkların oluşturduğu bildirilmektedir. Günümüzde, tarım ürünlerinde görülen hastalıkların kontrolü için genellikle sentetik pestisitler (bakırlı preparatlar) ve bazen de antibiyotikler kullanılmaktadır. Ancak sınırlı sayıda pestisit bulunması, zamanla pestisitlere karşı oluşan dayanıklılık, birçok ülkede antibiyotik kullanımının yasaklanması ve bunların çevre ve insan sağlığına olan toksik etkileri nedeniyle alternatif mücadele yöntemleri önem kazanmıştır (Barnard ve ark., 1991; Isman, 2000; Dadaşoğlu ve ark., 2011). Çevre ve insan sağlığına karşı daha güvenli ve doğada biyolojik olarak bozulabilir olan bitki uçucu yağları ve ekstraktlarının bitki hastalıklarının mücadelesinde kullanılması daha çevreci bir yaklaşım olarak son yıllarda ilgi çekicidir.

Bitkisel uçucu yağlar ve bitki ekstraktları eski çağlardan beri birçok hastalığa karşı kullanılmaktadır. Bitkisel uçucu yağlar hidrofobik özellikte olup genellikle buhar damıtma sistemi ile konsantre halde elde edilmektedir (Bakkali ve ark., 2008). Ayrıca insan sağlığı açısından kullanımı daha kabul edilebilir olan bu esansiyel yağlar uçucu, geniş spektrumlu, pestisitlere alternatif, antifungal-antibakteriyel aktivite gibi çeşitli özelliklere sahiptir. Bu özellikleri nedeniyle, saprofitik/patojenik mikroorganizmaların kontrolünde başarılı bir şekilde kullanıldığı araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir (Dikbaş ve ark., 2008; Kotan ve ark., 2009; Kumar ve ark., 2014; Görmez ve ark., 2015; Nguir ve ark., 2016; Dadaşoğlu, 2016; Seyedtaghiya ve ark., 2021).

Türkiye sahip olduğu farklı iklim ve çevre koşullarından dolayı zengin bir bitki örtüsüne sahiptir. Ayrıca birçok bitki türünün anavatanıdır. Ülkemizde farklı cinslere ait (*Origanum*, *Thymus*, *Satureja*, *Coridothymus* ve *Thymbra*) kekik türleri mevcuttur (Sarı ve Oğuz 2002). *Satureja* cinsinin ise ülkemizde 15 türünün (5'i endemik) varlığı bilinmektedir (Baydar, 2005).

Bu çalışmada yer alan, *Lamiaceae* familyasına ait *Satureja hortensis* (çibriska, koç otu), ülkemizin Doğu Anadolu Bölgesinde yaygın olarak yetişen, yerel olarak 'Koç Otu' iyi bilinen aromatik ve tıbbi bir bitkidir (Şahin ve ark., 2003). Bitki tek yıllık, ~30-35 cm boylarında, çiçekleri eflatun/morumsu beyaz, genellikle kayalık ve eğimli arazilerde yetişmektedir (Davis, 1982).

S. hortensis'in, insan sağlığında kullanılmasının yanı sıra birçok bitki hastalığına karşı da etkili olduğu farklı araştırmacılar tarafından tespit edilmiştir (Şahin ve ark., 2003; Boyraz ve Özcan 2006; Adıgüzel ve ark., 2007; Dikbaş ve ark., 2008; Özkalp ve Özcan, 2009; Mihajilov-Krstev ve ark., 2009; Khalid, 2016; Sharifi ve ark., 2018; Rezaei, 2020; Babamahmoodi ve ark., 2021; Seyedtaghiya ve ark., 2021).

Bitki bakteri hastalıkları içerisinde yumuşak çürüklüğe sebep olan bakteriler geniş konukçu yelpazesi ile dünyada ve ülkemizde ekonomik öneme sahip birçok bitkide zarara neden olmaktadır (Alippi ve ark., 1997; Catara ve ark., 2001; Aysan ve ark., 2005; Costa ve ark., 2006; Kim ve ark., 2007; Ngadze ve ark., 2012; Dadaşoğlu ve Kotan, 2017). Yumuşak çürüklük hastalıklarına *Erwinia* (*Pectobacterium* ve *Dickeya*), *Pseudomonas*, *Enterobacter*, *Chryseobacterium* ve *Bacillus* cinslerine ait bakteriler neden olmaktadır (Masyahit ve ark., 2009; Bathily ve ark., 2010; Mikicinski ve ark., 2010; Santana ve ark., 2012; Dadaşoğlu ve Kotan, 2017).

Bu çalışmanın amacı, yumuşak çürüklüğe neden olan farklı bitki patojeni bakterilerine karşı *S. hortensis* L. uçucu yağının *in vitro* koşullarda etkililiğini ve etkili olan dozunu tespit etmektir.

MATERYAL VE METOT

Bitki Örneklerinin Toplanması ve Bakterilerin İzolasyonu

Erzurum (Oltu, Pasinler, Şenkaya) ve Erzincan (Çayırılı)'dan toplanan hastalık belirtisi gösteren patates yumruları hastalık etmenlerinin izolasyonları için kullanılmıştır. Araziden laboratuvara getirilen patates yumruları yüzeysel dezenfeksiyona tabi tutulmuştur. Daha sonra toplanan örneklerden alınan bitki kesitleri steril distile su (sdH₂O) içeren tüplere konulmuştur. Tüpler içerisindeki örnekler, 1 saat (sa) süre ile hematolojik çalkalayıcıda bekletildikten sonra Triptik Soy Agar (TSA) besi yerine ekimler yapılmıştır. Petriler 27°C inkübatörde inkübe edilmiş ve gelişen kolonilerden saflaştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen izolatlar; Luria Bertani (LB) +%30 Gliserol içeren tüplere konularak uzun süreli kullanım için -80°C'de saklanmıştır.

Bakteri İzolatlarının Mikrobiyal Tanı Sistemi (MIS) ile Tanınması

Hastalıklı patates yumrularından elde edilen bakteri izolatlarının tanıları Sherlock Mikrobiyal Tanı Sistem (MIS, (Microbial ID, Newark, USA) ile yağ asiti metil ester (FAME) göre yapılmıştır (Miller, 1982; Sasser, 1990). FAME'ler, gaz kromatografi cihazı yardımı (HP6890; Hewlett Packard, Palo Alto, ABD) ile ayrılmıştır. Her bakteri izolatının yağ asiti profilleri, cihazda bulunan veri tabanları (TSBA 40) ile karşılaştırılmış ve tanıları yapılmıştır. Bakteri izolatlarının yağ asidi metil esterlerinin elde edilmesi ve analizi MIS sisteminin standart protokolü kullanılmıştır. Örnekler Tryptic Soy Agar (TSA; Merck) katı besiyerine 4 fazlı çizgi ekim yapılarak 25°C'de 24 sa süreyle inkübasyona bırakılmış ve sonra canlı bakteri hücreleri steril bir öze ile toplanarak ağızları teflon kapaklı steril cam test tüplerine aktarılmıştır. Mikroorganizmaların yağ asitlerini elde edebilmek için 4 farklı çözelti (bakteri hücrelerinin parçalanması, metilleştirme, saflaştırma ve bazik yıkama) kullanılmıştır ve en son aşamada üst fazda toplanan kısım pastör pipeti yardımı ile 2 ml'lik gaz kromatografi tüplerine transfer edilmiştir. Örnekler MIS cihazına alınıp cihaz çalıştırılmış ve tanı sonuçları alınmıştır (Paisley, 1995).

Bakteri İzolatlarının Biolog Sistemi ile Tanınması

Biolog sistem ile izolatların metabolik enzim profillerinin belirlenmesi ve buna bağlı olarak kullandıkları karbon kaynakları saptanmış ve buna göre türlerin tanıları yapılmıştır. Biolog tanımlaması (Biolog, U.S.A. SN E11175, Program: Biolog Microlog 34.20, $\lambda_1=405$ nm $\lambda_2=750$ nm), BIOLOG420/Databases/GN601 ve GP601 KID yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Bakteri izolatları TSA besiyerine çizgi usulü ile ekilmiş ve 27°C'de 24 sa süreyle inkübasyona bırakılmıştır. Kültürler steril eküvyon çubukları ile alınarak salina tampon çözeltisine (%0,5'lik NaCl) aktarılmış ve turbidimetre ile konsantrasyonları 10⁸ kob/ml ayarlanmıştır. Hazırlanan solüsyonlardan pipet ile 150 µl alınarak mikropate üzerindeki her bir çukurcuğa ilave edilmiş, mikropateler 16-24 sa süreyle 27°C'de inkübasyona bırakılmış ve inkübasyon sonrası mikropateler üzerinde metabolik reaksiyon sonrası oluşan renklenme gözlenmiştir. Bu renklenme ile bakteri izolatlarının metabolik reaksiyon profilleri Biolog kinetik okuyucuda okutularak tanı sonuçları elde edilmiştir. Tanı sonuçları sistemin paket programındaki bilinen mikroorganizmaların metabolik profilleri, test edilen mikroorganizmaların profilleri ile karşılaştırılarak sonuçlar alınmıştır (Holmes ve ark., 1994).

Patojenisite Testi

İzolasyon sonucu elde edilen bakteri izolatlarının patojenisite yeteneklerini test etmek amacıyla bakterilerden 10⁸ koloni oluşturan bakteri/mililitre (kob/ml) konsantrasyonda solüsyonlar hazırlanmıştır. Marketten alınmış patates yumruları yüzey dezenfeksiyonuna sterilizasyona tabi tutulmuştur. Daha sonra patates yumruları hazırlanan bakteri solüsyonları (100 µL) ile inoküle edilerek

nemlendirilmiş filtre kâğıdı içeren polietilen torbalar içerisine konulmuş ve 1 hafta boyunca oda sıcaklığında simptom oluşumu takip edilmiştir. Negatif kontrol olarak ise sdH₂O kullanılmıştır. Uygulamalar tesadüfi blok deseninde düzenlenmiş, her uygulama için 5 yumru kullanılmış ve üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür (Dadaşoğlu ve Kotan, 2017).

Tütünde Aşırı Duyarlılık Testi (HR)

Klement ve ark. (1964)'e göre bakteri izolatlarının 24 sa'lik kültürleri 10⁸ kob/ml'ye ayarlanmış ve bakteri solüsyonu tütün bitkisinin yapraklarında (*Nicotina tabacum* L.) test edilmiştir. Kontrol olarak sdH₂O kullanılmıştır. 24-48 sa sonra enjeksiyon yerlerinde oluşan ölü doku oluşumu pozitif, ölü doku oluşturmayanlar ise negatif olarak değerlendirilmiştir.

Bitki Materyali

S. hortensis bitkisinin toprak üstü kısımları, Türkiye'nin Doğu Anadolu bölgesindeki Gaziler Vadisi (Şenkaya, Erzurum)'den Temmuz 2019'da tam çiçeklenme döneminde toplanmıştır. Bitki materyallerinin taksonomik tanımlanması Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nin herbaryumundan yararlanılarak yapılmış, depolanması Atatürk Üniversitesi (Erzurum, Türkiye) Bitki Koruma Bölümü Bitki Klinik Laboratuvar'ında yapılmıştır.

Uçucu Yağın İzolasyonu

Toplanan bitkiler gölgede kurutulmuş ve toprak üstü kısımları (500 g) Clevenger tipi bir aparat kullanılarak 3 sa boyunca hidrodistilasyon yöntemine tabi tutularak uçucu yağ elde edilmiştir. Uçucu yağ daha sonra kullanılmak üzere 4°C'de kapalı bir şişede saklanmıştır (Dadaşoğlu, 2016).

Uçucu Yağın Patojen Bakteri İzolatlarına Karşı İnhibisyon Zon Değerlerinin Belirlenmesi

Patojen bakteri izolatlarının 24 sa'lik sıvı kültürlerinden 10⁸ kob/ml bakteri süspansiyonu hazırlanmış ve 100 µl alınıp her bir izolat TSA besi yerine (90 mm petri) yayma ekim yapılmıştır. Daha sonra petri kabının orta noktasına uçucu yağ emdirilmiş Oxoid blank diskler (12.5 µl 6⁻¹ mm disk) yerleştirilmiştir. Petriyerler 27°C inkübatörde 48 sa inkübe edilmiştir. Daha sonra diskler etrafında oluşan inhibisyon zonu mm olarak ölçülmüştür. Her bir izolat için 6 tekrar yapılmış ve inhibisyon zon değerlerinin ortalaması alınmıştır (Dadaşoğlu, 2016).

Uçucu Yağın Minimal İnhibisyon Konsantrasyonunun (MIC) Belirlenmesi

S. hortensis uçucu yağının MIC değerlerinin hesaplanması için uçucu yağ %10 dimetilsülfoksit (DMSO) çözeltisi ile başlangıç dilüsyonu 1/1 v/v olacak şekilde 10 kat seri dilüsyonları hazırlanmıştır. Patojen bakteri izolatlarının 10⁸ kob/ml süspansiyonlarından yüzeye yayma yöntemi kullanılarak TSA besiyerine (100 µl) ekimler yapılmış ve farklı konsantrasyonlar da uçucu yağ emdirilmiş diskler eşit aralıklarla her petriye 6 adet olacak şekilde yerleştirilerek 27°C 48 sa inkübe edilmiştir. Sonra diskler etrafında inhibisyon zonunun oluşup oluşmadığına bakılmış ve buna bağlı olarak MIC değeri tespit edilmiştir. MIC değerlerinin bir düşük konsantrasyonu minimal bakterisidal konsantrasyonu olarak değerlendirilmiştir (Dadaşoğlu, 2016).

Antibiyotik Duyarlılık Testi

Patojen bakteri izolatlarının *S. hortensis* uçucu yağının etkisini kıyaslama yapabilmek için ticari Rifampicin (Oxoid, 30 µg) ve Gentamicin (Oxoid, 30 µg) antibiyotikleri kullanılmıştır. Bu amaçla bakteri izolatlarının 10⁸ kob/ml süspansiyonlarından TSA besi yerine (100 µl) yayma ekim yapılmış ve Rifampicin ve Gentamicin içeren antibiyotik diskler petri kabının orta noktasına yerleştirilmiştir. Daha sonra petriyerler 27°C inkübatörde 48 sa inkübe edilmiş ve diskler etrafında oluşan inhibisyon zonu (mm)

ölçülmüştür. İnhibisyon zon değerlerinin ortalaması alınarak değerler hesaplanmıştır. Test 6 tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

İstatistiksel Analiz

Elde edilen değerlere, JMP 5.0.1 istatistik yazılımı kullanılarak, istatistik analizi yapılmış ve ortalamalar arasındaki farklılıklar LS Means Student testine göre $P < 0.01$ önem seviyesinde karşılaştırılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Hastalıklı patates yumrularından toplam 10 adet bakteri izole edilmiştir (Çizelge 1). Patojenite ve aşırı duyarlılık test sonuçlarına göre bütün izolatlar pozitif sonuç vermiştir (Çizelge 2). 10 bakteri izolatının MIS tanı sonucuna göre 2 cins/2 tür ve Biolog tanı sonuçlarına göre 7 cins/7 tür'den oluştuğu görülmektedir. Benzerlik indekslerinin MIS için 0.83-0.52 arasında değiştiği, Biolog için 0.54-0.18 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Patojen bakteri izolatlarının tanı sonuçları

İK ¹	MIS	MBI ²	BIOLOG	BBI ³
F-11	<i>Enterobacter cloacae</i>	0.59	<i>Klebsiella pneumoniae pneumoniae</i>	0.29
F-37	<i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. <i>carotovorum</i>	0.76	<i>Enterobacter cloacae</i>	0.40
F-41	<i>Enterobacter cloacae</i>	0.70	<i>Raoultella terrigena</i>	0.24
F-741	<i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. <i>carotovorum</i>	0.67	<i>Vibrio vulnificus</i>	0.34
F-742	<i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. <i>carotovorum</i>	0.54	<i>Brevundimonas vesicularis</i>	0.38
F-795	<i>Enterobacter cloacae</i>	0.71	<i>Enterobacter cloacae</i>	0.18
F-796	<i>Enterobacter cloacae</i>	0.81	<i>Citrobacter freundii</i>	0.37
F-797	<i>Enterobacter cloacae</i>	0.83	<i>Enterobacter cloacae</i>	0.54
F-799	<i>Enterobacter cloacae</i>	0.80	<i>Citrobacter freundii</i>	0.39
F-865	<i>Enterobacter cloacae</i>	0.52	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	0.21

1. İzolat kodu, 2. MIS Benzerlik İndeksi, 3. BIOLOG Benzerlik İndeksi

Erwinia (*Pectobacterium*, *Dickeya*), *Pseudomonas*, *Enterobacter*, *Bacillus*, *Flavobacterium* ve *Chryseobacter* cinslerine ait türlerin yumuşak çürüklüğe neden olduğu farklı araştırmacılar tarafından kaydedilmiştir (Saygılı ve ark., 2005; Mikicinski ve ark., 2010; Van Vaerenbergh ve ark., 2012; Dadaşoğlu, 2016; Dadaşoğlu ve Kotan, 2017; Çetin ve Belgüzar, 2020). Bu çalışmada izolatların patojenisite ve aşırı duyarlılık reaksiyonu test sonuçlarının, MIS ile yapılan tanı sonuçlarını desteklediği saptanmıştır (Çizelge 2). Patojen olduğu belirlenen izolatlardan 2 tanesinin MIS ve Biolog sonuçlarının aynı olduğu diğer 8 izolatın ise farklı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Bu iki tanı sistemi sonuçları arasında bazı türlerde hatta cins düzeyinde bile tam bir uyumun olmadığı görülmüştür. MIS ve BIOLOG sistemleri bazı türlerin tanısında kesin sonuç verirken bazılarının tanısında ise kesin sonuç vermediği ve sonuçların alternatif yöntemlerle desteklenmesi gerektiği bilinmektedir (Oka ve ark., 2000; Kotan, 2002; Aysan ve ark., 2003; Dadaşoğlu ve Şahin, 2010; Wang ve ark., 2010; Mirik ve Aysan, 2011). Mikroorganizmaların tanılanmasında birçok yöntemden (konvansiyonel tanı testleri, Elisa, MIS, Biolog, moleküler yöntemler) faydalanılmaktadır. Çalışmamızda MIS ve Biolog sonuçları birbiri ile uyum içerisinde olmasa da daha önce yapılan biyokimyasal testler ile MIS sonuçları birbirini destekler niteliktedir (Çizelge 2).

S. hortensis uçucu yağının antibakteriyel aktivite test sonuçları Çizelge 3'te verilmiştir. Sonuçlara göre uçucu yağın test edilen patojen bakteri izolatlarına karşı değişen oranlarda (33.5-23.5 mm) inhibisyon zonu oluşturduğu gözlemlenmiş ve bütün izolatlara karşı antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir. Patojen bakteri izolatları arasında en yüksek inhibisyon zonunu F-37 izolatına (33.5 mm) karşı oluşturmuşken onu F-742 (31 mm) ve F-741 (30.5 mm) izolatları takip etmiştir.

Çizelge 2. Patojen bakteri izolatlarının patojenite, aşırı duyarlılık ve biyokimyasal test sonuçları

İK ¹	PT ²	HR ³	HŞ ⁴	KR ⁵	KT ⁶	OT ⁷	KOH ⁸
F-11	+	+	Ç ⁹	AK ¹⁰	+ ¹¹	- ¹²	-
F-37	+	+	Ç	AK	+	-	-
F-41	+	+	Ç	AK	+	-	-
F-741	+	+	Ç	AS ¹³	+	-	-
F-742	+	+	Ç	AS	+	-	-
F-795	+	+	Ç	AK	+	-	-
F-796	+	+	Ç	AK	+	-	-
F-797	+	+	Ç	AK	+	-	-
F-799	+	+	Ç	AK	+	-	-
F-865	+	+	Ç	AK	+	-	-

1. İzolat kodu, 2. Patojenite testi, 3. Aşırı duyarlılık testi, 4. Hücre Şekli, 5. Koloni Rengi, 6. Katalaz Testi, 7. Oksidaz Testi, 8. KOH: Potasyum Hidroksit Testi, 9. Çubuk, 10. Açık Krem, 11. + pozitif, 12. - negatif, 13. Açık Sarı

En düşük inhibisyon zonunu F-11 izolatına (20 mm) karşı oluşturmuştur. Patojen bakteri izolatlarının MIC değerleri ise 3.91-31.3 µl/ml arasında değişmiştir.

Çizelge 3. *Satureja hortensis* uçucu yağ ile antibiyotiklerin antibakteriyel aktiviteleri

İzolat	MIS	EOZ ¹ (mm)	R ² (mm)	G ³ (mm)	MIC ⁴ (µl/ml)
F-37	<i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. <i>carotovorum</i>	33.5±1.5	0±0.0	20±2.5	3.91
F-742	<i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. <i>carotovorum</i>	31±1.0	8±0.0	20.5±0.5	15.6
F-741	<i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. <i>carotovorum</i>	30.5±0.5	10±0.0	20±1.5	7.81
F-795	<i>Enterobacter cloacae</i>	30±0.0	0±0.0	15±0.0	7.81
F-796	<i>Enterobacter cloacae</i>	27±0.0	0±0.0	15±1.5	7.81
F-799	<i>Enterobacter cloacae</i>	27±1.0	0±0.0	10±0.0	15.6
F-797	<i>Enterobacter cloacae</i>	26.5±1.5	0±0.0	15±1.0	31.3
F-865	<i>Enterobacter cloacae</i>	25±0.0	0±0.0	15.5±0.5	7.81
F-41	<i>Enterobacter cloacae</i>	23.5±0.5	0±0.0	14.5±0.5	31.3
F-11	<i>Enterobacter cloacae</i>	20±0.0	8.5±0.5	15±1.0	15.6

1. EOZ: 12.5 µL uçucu yağ emdirilmiş blank disklerin (6 mm) etrafında oluşan inhibisyon zon çapı (mm) 2. R: Rifampicin (30 µg), 3. G: Gentamicin (30 µg), 4. MIC: minimal inhibisyon konsantrasyonu (µl/ml)

Antibiyotik duyarlılık testinde kullanılan Rifampicin 0-10 mm arasında antibakteriyel aktivite gösterirken F-37, F-41, F-795, F-796, F-797, F-799 ve F-865 izolatlarına etkili olmadığı belirlenmiştir. Gentamicin'in 14.5-20.5 mm arasında değişen antibakteriyel aktivite gösterdiği, en yüksek inhibisyon zonunu F-742 (20.5 mm)'ye karşı, en düşük inhibisyon zonunu ise F-799 (10 mm) izolatına karşı oluşturduğu tespit edilmiştir. Ticari antibiyotiklerin patojen izolatlarla karşı öldürücü değil engelleyici özelliğe sahip olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle *S. hortensis* uçucu yağının patojenlere (*E. cloacae* ve *P. c. subsp. carotovorum*) karşı öldürücü etkiye sahip olması bu hastalıkla mücadelede bu uçucu yağın kullanılabilme potansiyelinin yüksek olduğunu göstermektedir.

Tıbbi ve aromatik bitkilerin uçucu yağları, antimikrobiyal ve antioksidan aktivitelere sahip fenolikler, nitrojen bileşikler, vitaminler, terpenoidler ve çok çeşitli bileşikler içerdiği bildirilmiştir (Bakkali ve ark., 2008). *Satureja* cinsine ait türlerin uçucu yağlarının antimikrobiyal etkiye sahip olması, ekonomik önemi olan patojenlere karşı engelleyici etki göstermeleri bitki hastalıklarıyla mücadele yöntemleri içerisinde önemli bir yer almasına neden olmuştur (Chorianopoulos ve ark., 2004; Pavela, 2006; Dönmez ve ark., 2020). *S. hortensis*'ten elde edilen uçucu yağın GC-MS aracılığıyla kimyasal içeriğinde ana bileşenlerini timol (% 40.54), γ-terpinen (% 18.56), karvakrol (% 13.98) ve p-simen (8.97) olduğu tespit edilmiştir ve bu bileşiklerin patojenlerin gelişimini önlemede önemli rol oynadıkları belirtmiştir (Adıgüzel ve ark., 2007).

Son yıllarda, tüm dünyada bitki koruma programlarında kullanılan bakırlı bileşikler ve antibiyotiklerin çevrenin bozulmasına, hastalık ve zararlı organizmalarda direnç gelişimine, hedef olmayan organizmalar üzerinde etkiye, kalıntı sorununa ve kullanıcılarda doğrudan toksisiteye neden

olduğu farklı araştırmacılar tarafından tespit edilmiştir (Rodriguez ve ark., 1997; Şahin and Miller, 1997; White ve ark., 2002; Prakash ve ark., 2008; Asogwa ve ark., 2010; Bajpai ve ark., 2010; Ruffo Roberto ve ark., 2019). Bu çalışmada da kullanılan ticari antibiyotiklere karşı zamanla patojen bakteriler üzerinde belirli oranlarda direnç geliştiği gözlemlenmiştir. Bu nedenle pestisit ve antibiyotiklerin yaşamı destekleyen sistemler üzerindeki zararlı etkilerini en aza indirecek alternatif yaklaşımların araştırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu noktada bitki bakteri hastalıklarına karşı bitki uçucu yağlarının antimikrobiyal ajan olarak kullanılması ilk tercihlerden birisi olmalıdır (Bajpai ve ark., 2010; Kotan ve ark., 2013; Öksel ve Mirik, 2015; Dadaşoğlu, 2016; Schollenberger ve ark., 2018; Bouchekouk ve ark., 2019; Dönmez ve ark., 2020; Bozkurt ve ark., 2020).

SONUÇ

Yumuşak çürüklük etmeni olan *E. cloacae* ve *P. c.* subsp. *carotovorum* bitki patojeni bakteri izolatlarına karşı *S. hortensis* (çibriska, koç otu) uçucu yağının bakterisidal aktiviteye sahip olduğu, ticari antibiyotiklerin ise engelleyici özelliğinin olduğu ya da etkili olmadığı belirlenmiştir. Bu veriler daha sonra yapılması planlanan kontrollü şartlarda etkili bulunan konsantrasyonların *in vivo* uygulamalara ışık tutacak sonuç ve önerileri bünyesinde barındırmaktadır.

Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Yazar Katkısı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Adıgüzel, A., Özer, H., Kılıç, H. ve Çetin B. (2007). Screening of antimicrobial activity of essential oil and methanol extract of *Satureja hortensis* on food borne bacteria and fungi. *Czech Journal of Food Sciences*, 25, 81-89.
- Agrios, G. N. (1997). *Plant Pathology*. Department of Plant Pathology University of Florida 4th ed. Academic Press, USA.
- Alippi, A. M., Dal Bo, E., Ronco, L. B. ve Casanova, P. E. (1997). Tomato as a new host of *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* in Argentina. *Plant Disease*, 81(2), 230.
- Asogwa, E. U., Ndubuaku, T. C. N., Ugwu JA ve Awe O. O. (2010). Prospects of botanical pesticides from Neem, *Azadirachta indica* for routine protection of cocoa farms against the brown cocoa mirid *Sahlbergella singularis* in Nigeria. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4, 1-6.
- Aysan, Y., Karataş, A. ve Çınar, O. (2003). Biological control of bacterial stem rot caused by *Erwinia chrysanthemi* on tomato. *Crop Protection*, 22(6), 807-811.
- Aysan, Y., Şahin, F., Cetinkaya-Yildiz, R., Mirik, M. ve Yucel, Y. (2005). Occurrence and primer inoculum sources of bacterial stem rot caused by *Erwinia* species on tomato in the eastern Mediterranean region of Turkey. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 112(1), 42-51.
- Babamahmoodi, F., Azadbakht, M., Hosseinimehr, S. J., Akbari, F., Alizadeh-Navaei, R., Sharifpour, A., Asgarirad, H. ve Delavarian, L. (2021). Effect of a herbal medicine containing *Satureja hortensis* L., *Hypericum perforatum* L. and *Foeniculum vulgare* L. on patients with Covid-19 infection. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*, 30(194), 1-10.
- Bajpai, V. K., Cho, M. J. ve Kang, S. C. (2010). Control of plant pathogenic bacteria of *Xanthomonas* spp. by the essential oil and extracts of *Metasequoia glyptostroboides* Miki ex Hu *in vitro* and *in vivo*. *Journal of Phytopathology*, 1580(7-8), 479-486.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D. ve Idaomar, M. (2008). Biological effect of essential oils-a review. *Food and Chemical Toxicology*, 46, 446-475.

- Barnard, M., Padgitt, M. ve Uri, N. D. (1997). Pesticide and its measurement. *International Pest Control*, 39, 161-164.
- Bathily, H., Babana, A. H. ve Samake, F. (2010). *Bacillus pumilus*, a new pathogen on potato tubers in storage in Mali. *African Journal of Microbiology Research*, 4(20), 2067-2071.
- Baydar, H. (2005). Tıbbi, aromatik ve keyf bitkileri bilim ve teknolojisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları No:51, Isparta-Türkiye.
- Bouchekouk, C., Kara, F. Z., Tail, G., Saidi, F. ve Benabdelkader, T. (2019). Essential oil composition and antibacterial activity of *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn. *Biologia Futura*, 70(1), 56-61.
- Boyras, N. ve Özcan, M. (2006). Inhibition of phytopathogenic fungi by essential oil, hydrosol, ground material and extract of summer savory (*Satureja hortensis* L.) growing wild in Turkey. *International Journal of Food Microbiology*, 107, 238-242.
- Bozkurt, İ. A., Soylu, S., Kara, M. ve Soylu, E. M. (2020). Chemical composition and antibacterial activity of essential oils isolated from medicinal plants against gall forming plant pathogenic bacterial disease agents. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(6), 1474-1482.
- Catara, V., Bella, P. ve Polizzi, G. (2001). First report of bacterial stem rot caused by *Pectobacterium carotovorum carotovorum* and *P. carotovorum atrosepticum* on grafted eggplant in Italy. *Plant Disease*, 85(8), 291.
- Chorianopoulos, N., Kalpoutzakis, E., Aligiannis, N., Mitaku, S., Nychas, G. J. ve Haroutounian, S. A. (2004). Essential oils of *Satureja*, *Origanum*, and *Thymus* species: chemical composition and antibacterial activities against food borne pathogens. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(26), 8261-8267.
- Costa, A. B., Eloy, M., Cruz, L., Janse, J. D. ve Oliveira, H. (2006). Studies on pectolytic *Erwinia* spp. in Portugal reveal unusual strains of *E. carotovora* subsp. *atroseptica*. *Journal of Phtopathology*, 88(2), 161-169.
- Çetin, M. ve Belgüzar, S. (2020). Determination of the prevalence of potato soft rot and black leg disease in potato production areas of Tokat province and identification of disease causal agent. *Turkish Journal of Agriculture Food Science and Technology*, 8(2), 399-406.
- Dadaşoğlu, F. (2016). Yumuşak çürüklük etmeni *Bacillus pumilus* izolatlarına karşı çakşır otu (*Ferula communis*) uçucu yağ ve ekstralarının antibakteriyel etkisi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(4), 83-90.
- Dadaşoğlu, F. ve Şahin, F. (2010). Bakterilerin yüzük kelebeği *Malacosoma neustria* L.(Lepidoptera: Lasiocampidae)'nın biyolojik mücadelesinde kullanımı. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 41(2), 97-104.
- Dadaşoğlu, F. ve Kotan, R. (2017). Bazı sebze ve meyvelerde yumuşak çürüklük oluşturan pektolitik bakterilerin tanı ve karakterizasyonu. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(1), 155-161.
- Dadaşoğlu, F., Aydın, T., Kotan, R., Çakır, A., Özer, H., Kordalı, Ş., Çakmakçı, R., Dikbaş, N. ve Mete, E. (2011). Antibacterial activities of extracts and essential oils of three *Origanum* species against plant pathogenic bacteria and their potential use as seed disinfectants. *Journal of Plant Pathology*, 93, 271-282.
- Davis, P. H. (1982). Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Edinburg University Press Cilt:7, (pp. 315-320). Edinburgh-Scotland.
- Dikbaş, N., Kotan, R., Dadaşoğlu, F. ve Şahin, F. (2008). Control of *Aspergillus flavus* with essential oil and methanol extract of *Satureja hortensis*. *International Journal of Food Microbiology*, 124, 179-182.

- Dönmez, M. F., Şahin, B. U. ve Bozhüyük, A. U. (2020). *Satureja* türlerinden elde edilen uçucu yağ ve ekstraktlarının fasulyede bakteriyel patojenlere karşı antibakteriyel etkisi. *Journal of Agriculture*, 3(2), 57-70.
- Food and Agriculture Organization of the United States (FAO). (2017). Erişim adresi: www.faostat.org (Erişim Tarihi: 14.08.2022).
- Görmez, A., Bozari, S., Yanmış, D., Güllüce, M., Şahin, F. ve Ağar, G. (2015). Chemical composition and antibacterial activity of essential oils of two species of Lamiaceae against phytopathogenic bacteria. *Polish Journal of Microbiology*, 64, 121-127.
- Holmes, B., Costas, M., Ganner, M., On, S. L. W. ve Stevens, M. (1994). Evaluation of biolog system for identification of some gram-negative bacteria of clinical importance. *Journal of Clinical Microbiology*, 32(8), 1970-1975.
- Isman, M. B. (2000). Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Protection*, 19, 603-608.
- Khalid, K. A. (2016). Essential oil constituents of summer savory plants propagated and adapted under Egyptian climate. *Journal of Applied Sciences*, 16, 54-57.
- Kim, H. J., Joen, Y. H., Kim, S. G. ve Kim, Y. H. (2007). First report on bacterial soft rot of graft-cactus *Chamaecereus silvestrii* caused by *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* in Korea. *The Plant Pathology Journal*, 23(4), 314-317.
- Klement, Z., Farkas, G. L. ve Lovrekovich, L. (1964). Hypersensitive reaction induced by phytopathogenic bacteria in the tobacco leaf. *Phytopathology*, 54, 474-477.
- Kotan, R. (2002). *Doğu Anadolu Bölgesi'nde Yetiştirilen Yumuşak Çekirdekli Meyve Ağaçlarından İzole Edilen Patojen Ve Saprofitik Bakteriyel Organizmaların Klasik Ve Moleküler Metodlar İle Tanısı Ve Biyolojik Mücadele İmkânlarının Araştırılması* (Doktora Tezi). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>.
- Kotan, R., Karagöz, K. ve Şahin, F. (2009). *Erwinia amylovora* strainlerinin streptomisin sülfata karşı duyarlılıkları ve strainlerin yağ asidi metil esterleri ile antibiyotiğe duyarlılıkları arasındaki ilişkinin belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40(1), 1-7.
- Kotan, R., Dadaşoğlu, F., Karagöz, K., Çakır, A., Özer, H., Kordalı, Ş., Çakmakçı, R. ve Dikbaş, N. (2013). Antibacterial activity of the essential oil and extracts of *Satureja hortensis* against plant pathogenic bacteria and their potential use as seed disinfectants. *Scientia Horticulturae*, 153, 34-41.
- Kumar, V., Mathela, C. S., Tewari, A. K. ve Bisht, K. S. (2014). *In vitro* inhibition activity of essential oils from some Lamiaceae species against phytopathogenic fungi. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 114, 67-71.
- Masyahit, M., Sijam, K., Awang, Y. ve Mohd Satar, M. G. (2009). First report on bacterial soft rot disease on dragon fruit (*Hylocereus* spp.) caused by *Enterobacter cloacae* in Peninsular Malaysia. *International Journal of Agriculture and Biology*, 11, 659-666.
- Mihajilov-Krstev, T., Radnović, D., Kitić, D., Zlatković, B., Ristić, M. ve Branković, S. (2009). Chemical composition and antimicrobial activity of *Satureja hortensis* L. essential oil. *Central European Journal of Biology*, 4, 411-416.
- Mikicinski, A., Sobiczewski, P., Sulikowska, M., Pulawska, J. ve Treder, J. (2010). Pectolytic bacteria associated with soft rot of calla lily (*Zantedeschia* spp.) tubers. *Journal of Phytopathology*, 158, 201-209.
- Miller, L. T. (1982). Single derivatization method for routine analysis of bacterial whole-cell fatty acid methyl esters including hydroxy acids. *Journal of Clinical Microbiology*, 16, 584-586.
- Mirik, M. ve Aysan, Y. (2011). Marmara bölgesinde zeytin dal kanseri hastalığının yaygınlığı ve *Pseudomonas savastanoi* pv. *savastanoi* izolatlarının fenotipik ve genotipik karakterizasyonu. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 17, 279-290.

- Ngadze, E., Brady, C. L., Coutinho, T. A. ve Van Der Waals, J. E. (2012). Pectinolytic bacteria associated with potato soft rot and blackleg in South Africa and Zimbabwe. *European Journal of Plant Pathology*, 134, 533-549.
- Nguir, A., Mabrouk, H., Douki, W., Ben Ismail, M., Ben Jannet, H., Flamini, G. ve Hamza, M. A. (2016). Chemical composition and bioactivities of the essential oil from different organs of *Ferula communis* L. growing in Tunisia. *Medicinal Chemistry Research*, 25, 515-525.
- Oka, N., Hartel, P. G., Finlay-Moore, O., Gagliardi, J., Zuberer, D. A., Fuhrmann, J. J., Angle, J. S. ve Skipper, H. D. (2000). Misidentification of soil bacteria by fatty acid methyl ester (FAME) and BIOLOG analyses. *Biology and Fertility of Soils*, 32(3), 256-258.
- Öksel, C. ve Mirik, M. (2015). Zeytin dal kanseri etmeni *Pseudomonas savastanoi* pv. *savastanoi*'ye karşı *in vitro* koşullarda farklı bitkilerin uçucu yağlarının etkisi. *Bitki Koruma Bülteni*, 55, 265-275.
- Özkalp, B. ve Özcan, M. M. (2009). Antibacterial activity of several concentrations of sater (*Satureja hortensis* L.) essential oil on spoilage and pathogenic food-related microorganisms. *World Applied Sciences Journal*, 6(4), 509-514.
- Paisley, R. (1995). MIS whole cell fatty acid analysis by gas chromatography. MIDI. Inc., Newark, DE, 5.
- Pavela, R. (2006). Insecticidal activity of essential oils against cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae*). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 9, 99-106.
- Prakash, A., Rao, J. ve Nandagopal, V. (2008). Future of botanical pesticides in rice, wheat, pulses and vegetables pest management. *Journal of Biopesticides*, 1, 154-169.
- Rezaei, R. (2020). Effect of essential oils on bacterial canker disease in citrus. *Plant Pathology Science*, 9(1), 30-39.
- Rodriguez, H., Aguilar, L. ve Lao, M. (1997). Variations in xanthan production by antibiotic resistant mutants of *Xanthomonas campestris*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 48, 626-629.
- Ruffo Roberto, S., Youssef, K., Hashim, A. F. ve Ippolito, A. (2019). Nanomaterials as alternative control means against postharvest diseases in fruit crops. *Nanomaterials*, 9(12), 1752.
- Santana, M. A., Rodriguez, M., Matehus, J., Faks, J., Bocsanczy, A., Gerstl, A., Romay, G., Montilla, J., Fernande, C. E., Moreno Zambrano, N. ve Marval, D. (2012). A new bacterial disease of cassava in Venezuela caused by *Enterobacter cloacae*. *International Journal of Agriculture Biology*. 14(2), 183-189.
- Schollenberger, M., Staniek, T. M., Paduch-Cichal, E., Dasiewicz, B., Gadomska-Gajadur, A. ve Mirzwa-Mroz, E. (2018). The activity of essential oils obtained from species and interspecies hybrids of the *Mentha* genus against selected plant pathogenic bacteria. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 17(6), 167-174.
- Şahin, F. ve Miller, S. A. (1997). Identification of the bacterial leaf spot pathogen of lettuce, *Xanthomonas campestris* pv. *vitians*, in Ohio and assessment of cultivar resistance and seed treatment. *Plant Diseases*, 81, 1443-1446.
- Şahin, F., Karaman, I., Güllüce, M., Ögütçü, H., Şengül, M., Adıgüzel, A., Öztürk, S. ve Kotan, R. (2003). Evaluation of antimicrobial actives of *Satureja hortensis* L. *Journal of Ethnopharmacology*, 87, 61-65.
- Sarı, A. O. ve Oğuz, B. (2002). Kekik. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Ege Tarımsal Araştırmalar Enstitüsü Yayın No: 108, İzmir-Türkiye.
- Sasser, M. 1990. Identification of bacteria through fatty acid analysis in methods in phytobacteriology (Z. Klement, K. Rudolph, and D. Sands, eds.). Akademia Kiado (pp. 199-204). Budapest-Hungary.

- Saygılı, H., Aysan, Y., Şahin, F., Mirik, M. ve Üstün, N, (2005). Phenotypic characterization of tomato pith necrosis pathogens in Turkey. American Phytopathological Society Annual Meeting, Austin, Texas, USA.
- Seyedtaghiya, M. H., Fasaee, B. N. ve Peighambari, S. M. (2021). Antimicrobial and antibiofilm effects of *Satureja hortensis* essential oil against *Escherichia coli* and *Salmonella* isolated from poultry. *Iranian Journal of Microbiology*, 13(1), 74-80.
- Sharifi, A., Mohammadzadeh, A., Zahraei Salehi, T. ve Mahmoodi, P. (2018). Antibacterial, antibiofilm and antiquorum sensing effects of *Thymus daenensis* and *Satureja hortensis* essential oils against *Staphylococcus aureus* isolates. *Journal of Applied Microbiology*, 124, 379-388.
- Van Vaerenbergh, J., Baeyen, S., De Vos, P. ve Maes, M. (2012). Sequence diversity in the *Dickeya* Flic gene: phylogeny of the *Dickeya* genus and TaqMan PCR for '*D. solani*', New Biovar 3 variant on potato in Europe. *Plos One*, 7, 5, e35738.
- Wang, G. F., Xie, G. L., Zhu, B., Huang, J. S., Liu, B., Kawicha, P., Benyon, L. ve Duan, Y. P. (2010). Identification and characterization of the *Enterobacter* complex causing mulberry (*Morus alba*) wilt disease in China. *European Journal of Plant Pathology*, 126, 465-478.
- White, D. G., Zhao, S., Simjee, S., Wagner, D. D. ve Mcdermott, P. F. (2002). Antimicrobial resistance of food-borne pathogens. *Microbes and Infection*, 4, 405-412.