

Salvia officinalis L. Esansiyel Yağının Antimikrobiyal ve Antioksidan Aktivite Potansiyelinin Değerlendirilmesi

Afranur ÖZÇOBAN^{1,2} , Ayça GEDİKOĞLU^{2*} 

¹ Konya Şeker Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi, Atırtırmalık Ürünler Fabrikası, Konya, TÜRKİYE

² Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Konya, TÜRKİYE

Öz: Bu çalışma, *Salvia officinalis* L., yaygın adıyla ada çayı bitkisinden elde edilen uçucu yağın kimyasal bileşimini, serbest radikal temizleme aktivitesini (IC50), ferric indirgeyici antioksidan güç (FRAP) değerini ve antimikrobiyal özellikler üzerindeki etkisini belirlemeyi amaçlamıştır. GC-MS analizi sonuçlarına göre, sırasıyla 3-thujen-2-bir (%26,21), (+)-2-bornanone (%16,47) ve 1,8-sineol'ün (%15,09) ada çayı uçucu yağında en yüksek yüzdeye sahip bileşikler olduğu görülmüştür. Ayrıca, uçucu yağ yüksek antioksidan aktivitesi göstermiş olup, IC50 değeri $5,507 \pm 0,723$ mg/ml ve FRAP değeri $2,129 \pm 0,136$ mM/g olarak bulunmuştur. Agar disk difüzyon testinin bulguları, en yüksek inhibisyon bölgelerinin *Bacillus cereus* NRRL B3711 ve *Bacillus subtilis* PY79 bakterilerine karşı olduğu görülürken, en düşük antibakteriyel etkinin *Listeria monocytogenes* ATCC 19115 ve *Escherichia coli* ATCC 25922 bakterilerine karşı olduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde, ada çayı uçucu yağ mikro tüp dilüsyon testinde en yüksek antibakteriyel etkiyi *Bacillus cereus* NRRL B3711 bakterisine karşı $2,94$ mg/ml MİK (minimum inhibisyon konsantrasyonu) değeri ile göstermiş olup, *Staphylococcus spp.*, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212, ve *Salmonella typhimurium* ATCC 14028 bakterilerine karşı $23,5$ mg/ml MİK değeri ile etkinliği en düşük çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Aromatik bitkiler, ada çayı, uçucu bileşenler, biyoaktivite, gıda patojenleri

Evaluation of The Antimicrobial and Antioxidant Activity Potential of *Salvia Officinalis* L. Essential Oil

Abstract: This study set out to determine the effects of *Salvia officinalis* L., commonly known as sage, on the chemical composition of the essential oil, its free radical scavenging activity (IC50), ferric-reducing antioxidant power (FRAP) value, and antimicrobial properties. According to the results of the GC-MS analysis, 3-thujen-2-one, (26.21%), (+)-2-bornanone (16.47%), and 1,8-cineole (15.09%) were the compounds with the highest percentage in the sage essential oil. In addition, the essential oil showed high antioxidant activity, providing an IC50 value of 5.507 ± 0.723 mg/ml and a FRAP value of 2.129 ± 0.136 mM/g. The findings of the agar disc diffusion test demonstrated that the highest inhibition zones were against *Bacillus cereus* NRRL B3711 and *Bacillus subtilis* PY79 bacteria, whereas the lowest antimicrobial effect was shown against *Listeria monocytogenes* ATCC 19115 and *Escherichia coli* ATCC 25922. Similarly, sage essential oil showed the highest antimicrobial effect in the broth dilution test with a minimum inhibitory concentration (MIC) value of 2.94 mg/ml against *Bacillus cereus* NRRL B3711, while its effectiveness against *Staphylococcus spp.*, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212, and *Salmonella typhimurium* ATCC 14028 bacteria was the lowest with a MIC value of 23.5 mg/ml.

Keywords: Aromatic plants, sage, volatile compounds, bioactivity, foodborne pathogens

GİRİŞ

Uçucu yağlar, bitkilerin farklı kısımlarından elde edilen renksiz, doğal, uçucu ve hoş kokulu sıvılardır. Terpenler, fenolik bileşikler ve alkoller dahil olmak üzere ikincil metabolitlerin bir karışımı olan uçucu yağlar, izopropenlerin ürettiği, antioksidan ve antimikrobiyal davranışlarıyla dikkat çekmektedir (Koyama ve Heinbokel, 2020). Bitkilerden elde edilen çok sayıda organik madde biyolojik etkiler göstermektedir. Aromatik ve tıbbi bitkilerden elde edilen uçucu yağlar, farklı bileşik türleri arasındaki radikalleri temizleme yetenekleri nedeniyle özel ilgi kazanmaktadır (de Sousa Barros ve ark., 2015). Esansiyel yağların antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu birçok çalışmayla kanıtlanmıştır (Boyle, 1955; Burt, 2004). Gıda endüstrisinde ürünlerin raf ömrünü uzatmak, gıdalarda bozulmaya neden olan bakterilerin çoğalmasını ve enzim aktivitesini önlemek ve gıda güvenliğini sağlama amacı ile koruyucular kullanılmaktadır. Tüketicilerde temiz içerikli ürünlere ilginin artması, yapay koruyucuların insan sağlığı üzerine etkileri ile ilgili yapılan çalışmalar sonucunda olumsuz etkilerinin kanıtlanması nedeniyle yapay gıda koruyucularının

endüstride yaygın kullanımına alternatif sağlayacak çalışmalara ihtiyaç vardır (Gökoğlu, 2018; Kumari ve ark., 2019). Farklı bitkilerden elde edilen bazı uçucu yağların doğal antimikrobiyal potansiyeli ve insan beslenmesindeki yeri, bunların sentetik bileşikler yerine gıdalarda doğal antimikrobiyal ajan olarak kullanılmasına olanak sağlayabilir ancak Gram + ve Gram – bakteriler için etkinliklerinin değiştiği de bilinmelidir (Wali ve ark., 2019; Wirńska ve ark., 2019).

Nane familyasından, Lamiaceae, olan ve halk arasında ada çayı olarak bilinen *Salvia officinalis* L., geçmişten günümüze hastalıkları tedavi etme, enfeksiyon etkilerini azaltma gibi

***Sorumlu Yazar:** ayca.gedikoglu.77@gmail.com

Bu çalışma Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi BAP-2021/0063 nolu proje tarafından desteklenmiştir.

Geliş Tarihi: 12 Mart 2024

Kabul Tarihi: 6 Haziran 2024

amaçlarla kullanılan çok yıllık bir bitkidir (Bağdat, 2006). Kurtuluş bitkisi olarak bilinir ve şifa anlamına gelen salvarem kökünden gelir. Polifenoller, flavonoidler açısından zengin *Salvia* türlerindeki fenoliklerin çoğunluğunu diterpenoidler, triterpenoidler, fenolik asitler ve flavonoidler oluşturur. Bu nedenle gıda, kozmetik ve farmasötik alanlarda bu amaçlarla sıklıkla kullanılmaktadır (Bonesi ve ark., 2017). *Salvia officinalis*'in yapraklarından elde edilen esansiyel yağ, güçlü ve çok yönlü bir doğal ekstraktır. Bu esansiyel yağ, kendine özgü aroması ve çok çeşitli potansiyel tedavi edici özelliklerine katkıda bulunan biyoaktif bileşiklerin karmaşık bir kombinasyonu ile karakterize edilir (Jakovljević ve ark., 2019).

Bu çalışmada ada çayı esansiyel yağının yağ bileşimi incelenmiştir, antimikrobiyal ve antioksidan aktivitesi ve doğal bir koruyucu olarak potansiyeli değerlendirilmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Uçucu yağ, ada çayı yağı, Türkiye'deki yerel bir üreticiden temin edilmiştir. Susuz sodyum sülfat, 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) ve 2,4,6 (2-pyridyl)-S-triazine (TPTZ) Sigma-5 Aldrich'ten (Almanya) satın alınmıştır. Demir sülfat (FeSO₄.7H₂O) Fisher Scientific (Leics, UK) satın alınmıştır. Peptonlu su; triptik soy broth (TSB) ve Mueller-Hinton agar (MHA) Merck KgaA (Germany) tarafından sağlanmıştır. Boş, steril test diskleri Oxoid (İngiltere) firmasından temin edilmiştir. Bakteri kültürleri, Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi (Türkiye) Mikrobiyoloji Laboratuvarı stok kültürlerinden elde edilmiştir.

Yöntem

Gaz Kromatografisi – Kütle Spektrometrisi (GC – MS)

Ada çayı uçucu yağının kimyasal bileşenlerini tespit etmek için Gedikoğlu ve ark. (2019)'nın metodu kullanılmıştır. Agilent J&W GC kolon (30 m x 0,25 mm iç çap, df = 0,25 m) ile donatılmış bir GC-MS QP2010 SE kullanılmış ve koşullar optimize edilmiştir. Enjektör ve dedektörün her ikisi 250 °C'ye ayarlanmıştır. Analiz koşulları Çizelge 1. de belirtilmiştir. Numune 1:10 (h/h) oranında n-hekzan ile seyreltilmiştir. Kombinasyon yüzdelerinin belirlenmesi için pik alan entegrasyonu kullanılmıştır. İyonlaşma voltajı olarak 70 eV (elektron volt) uygulanmıştır. Kütle yük oranı 40-400 atomik kütle birimi (amu)'dir. Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü (NIST) ve Wiley 9 kütle spektral kütüphane verileri ayrılmış bileşenleri eşleştirmek için kullanılmıştır. Kimyasal bileşenlerin yüzdelerini belirlemek için tepe alanı entegrasyonu gerçekleştirilmiştir.

DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) Antioksidan Aktivite Testi

DPPH serbest radikal temizleme kapasitesi Cuendet ve ark. (1997) 'nın belirttiği metoda göre ölçülmüştür. 5 ml %0.004 (a/h) DPPH metanolik çözeltisi bulunan tüplere 25, 50, 100 ve 150 mikro litre ada çayı yağı eklenmiştir. Oda sıcaklığında

ve karanlıkta 30 dakika beklemesine izin verildikten sonra Carry 60 UV-VisBioTek (Agilent, ABD) kullanılarak 517 nm'de absorbans değerleri elde edilmiştir. DPPH radikalının inhibisyonları şöyle hesaplanmıştır:

$$\text{İnhibisyon (\%)} = (\text{Akontrol} - \text{Anumune} / \text{Akontrol}) \times 100$$

Akontrol: Kontrol reaksiyonun absorbans değeri

Anumune: Uçucu yağın absorbans değeri

Daha sonra, yağ konsantrasyonlarına karşı gelen inhibisyon yüzdeleri ile grafik oluşturulmuş ve %50 inhibisyon sağlayan (IC50) değeri belirlenmiştir.

Ferrik İndirgeyici Antioksidan Güç (FRAP) Testi

Antioksidan aktivitesi tayini için Riahi ve ark. (2013) tarafından bildirilen Ferrik indirgeyici antioksidan güç (FRAP) metodu kullanılmıştır. FRAP reaktifi, pH değeri 3,6 olan asetat tamponu (300 mM), TPTZ çözeltisi (40 mM HCl içinde 10 mM TPTZ) ve FeCl₃.6H₂O (20 mM) 10:1:1 oranında karıştırılarak hazırlanmıştır. Testi gerçekleştirmek için 1:1 oranında ada çayı yağı ve metanol karıştırılmış, karanlık ortamda 15 dakika süreyle inkübe edilmiştir. Carry 60 UV-VisBioTek (Agilent, ABD) spektrometre cihazı ile 595 nm'de absorbanslar ölçülmüştür. Antioksidan potansiyeli, FeSO₄.7H₂O doğrusal regresyonu kullanılarak çizilen standart bir eğri kullanılarak belirlenmiştir (Gedikoğlu ve ark., 2019).

Çizelge 1. GC-MS analiz parametreleri

GC-MS	Değerler
Sıcaklık programı	5 dakika, 40°C ve 50 dakikada 5°C/dakika hızla 240°C
Taşıyıcı gaz	Helyum, 48,1 cm/s doğrusal hız
Numune hacmi	1,0 µl
Enjeksiyon	1:25 split oranı

Agar Disk Difüzyon Yöntemiyle Antibakteriyel Aktivite Testi

Antibakteriyel analizler için *Bacillus cereus* NRRL B3711, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212, *Staphylococcus aureus* ATCC 9144, *Staphylococcus epidermidis* ATCC 12228, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Salmonella enteritidis* ATCC 13076 ve *Salmonella typhimurium* ATCC 1402 kültürleri TSB besi yerlerine aktararak aktive edilmiştir. Kültürler 2500 rpm de 15 dakika santrifüj (1730R Micro Centrifuges) edildikten sonra elde edilen peletler yıkanmış ve kültürler elde edilmiştir.

S. officinalis uçucu yağının antibakteriyel aktivitesi agar disk difüzyon testi ile incelenmiştir. Stok kültürlerden elde edilen hücre kültürleri %0,9 NaCl çözeltisi ile seyreltilmiş ve densitometre kullanılarak, bulanıklığı 1x10⁸ KOB/ml (McFarland = 0,5) ayarlanmıştır. Bakteri süspansiyonlarının 100 mikro litresi MHA agar üzerine yayılmıştır. 10 mikro litre ada çayı yağı emdirilen steril diskler MHA ortamının üzerine yerleştirilmiştir. Plakalar 18 ile 24 saat arası 37°C'de inkübe edildikten sonra inhibisyon bölgesi incelenmiştir. İnhibisyon alanı mm cinsinden diskin çapı çıkarılarak belirlenmiştir.

Mikro Tüp Dilüsyon Yöntemi Antibakteriyel Aktivite Testi

Minimum inhibisyon konsantrasyonu (MİK) belirlemek için Gedikoğlu (2022) 'nin belirttiği 96 kuyucuklu mikropilaka metodu kullanılmıştır. Ada çayı uçucu yağı miktarı 0,092-47 mg arasında değişmektedir. İlk olarak, kuyucuklara 100 mikro litre TSB aktarılmıştır. Ardından, 100 mikro litre ada çayı yağı ilk kolona eklenmiştir. Konsantrasyon %50 azaltılacak şekilde ilk kuyucuktaki hacmin yarısı diğer kuyucuğa aktarılmıştır. Bu şekilde ilerlenerek 11. ve 12. sütun sırasıyla pozitif ve negatif kontrol kuyucukları olarak ayarlanmıştır. Daha önce belirtilen yedi bakterinin aktif kültürleri, her bakteri için 1-2 106 KOB/ml'lik nihai inokulum yoğunluğuna kadar seri olarak seyreltilmiştir. Daha sonra, 12. kolon, yani negatif kontrol dışındaki her kuyucuğa 100 mikro litre mikrobiyal süspansiyon eklenmiştir. Plak 37°C'de bir gece inkübe edildikten sonra MİK değerleri belirlenmiştir. MİK değerlerini tanımlamak için görünür bakteri üremesi olmayan en düşük konsantrasyon kullanılmıştır.

İstatistiksel Analiz

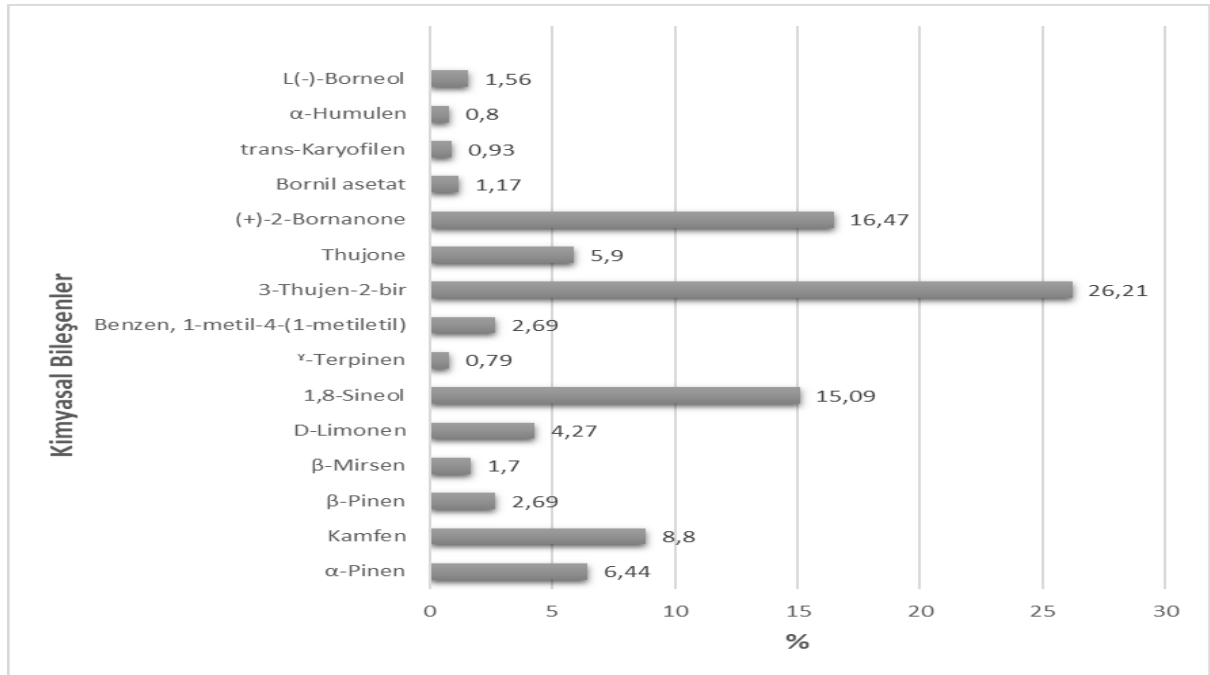
Tüm analizler iki bağımsız paralel olarak gerçekleştirilmiştir. Paraleller arasında fark olup olmadığı t- testi analizi ile test edilmiştir ($\alpha = 0,05$). Sonuçlar ortalama \pm standart sapma olarak sunulmuştur.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Ada Çayı Yağının Kimyasal Kompozisyonu

Salvia officinalis esansiyel yağının kimyasal bileşimi GC-MS ile belirlenmiştir. Esansiyel yağlar genellikle farklı bitki materyallerinde düşük konsantrasyonlarda bulunan uçucu

organik maddelerin karışımlarıdır (Reyes-Jurada ve ark., 2015). Analiz sonucunda toplam 50 bileşik tanımlanmış olup pik alanı %0,5'ten büyük olan ve toplam da uçucu yağın %95,51'ini oluşturan 15 bileşen Şekil 1. de gösterilmiştir. Bu çalışmada sırasıyla, 3-thujen-2-bir (%26,21), (+)-2-bornanone (%16,47), 1,8-sineol (%15,09), kamfen (%8,8) ve α -pinen (%6,44) bileşenlerinin ada çayı uçucu yağında en yüksek miktarlarda olduğu görülmüştür. Yapılan birçok çalışmada aktif bileşenlerdeki farklılıkların bölgesel, iklimsel koşullardan etkilendiği ve uygulanan ekstraksiyon teknolojisi gibi birçok faktöre göre de farklılık gösterdiği görülmüştür (Gedikoğlu ve ark., 2019). Arnavutluk kökenli *S. officinalis* esansiyel yağında bölgelere göre kafur veya α -thujone baskın olduğu görülmüştür (Ilić ve ark., 2023). Başka bir çalışmada ise naftalenon, kafur, 1,8- sineol ve α -tujon en yüksek yüzdeleri göstermiştir (Assaggafve ark., 2022). Analiz sonucunda pik alanı %8,8 olarak görülen kamfen ise kafur yağında görülen bir bileşendir. Fas bölgesinden toplanan *Salvia officinalis* L.'in GC-MS analizi ile kimyasal bileşimi incelendiği çalışmada %17 trans-thujone, %12,63 1,8-sineol, %12,24 kafur ve %9,87 karyofililen bileşiği tespit edilmiştir (Khiya ve ark., 2019). Afonso ve ark.(2019), tarafından yapılan bir araştırmada farklı *Salvia* türleri incelenmiş olup fenolik bileşik içeriğinin türler arasında farklılık gösterdiği sonucuna varılmıştır. *S. elegans*, *S. greggii* and *S. officinalis* L. ekstraktları yunnaneik asit, kafeoil, rosmanirik asit izomeri, salvianolik asit ve sagerinik asit gibi fenolik bileşenler ile karakterize edilmiştir.



Şekil 1. *Salvia officinalis* uçucu yağının gaz kromatografi kütle spektrometresi analiz sonuçları

Ada Çayı Yağının Antioksidan Aktivitesi

Bileşiklerin antioksidan aktivitesinin değerlendirilmesi için birçok yöntem vardır. Radikal yakalama özelliklerini değerlendirmek antioksidan aktiviteyi belirlemek için kullanılan bir metottur. FRAP ve DPPH metotları da bu amaçla tercih edilir. Serbest radikal DPPH bir elektronla etkileşime girdiğinde en yüksek emilim 517 nm' de gerçekleşir ve mor renk gözlenir (Baliyan ve ark., 2022). Serbest radikal yakalayıcı bir antioksidan, DPPH ile reaksiyona girerek DPPH-H'yi oluşturur ve daha az hidrojene sahip olması nedeniyle DPPH' den daha düşük absorbanza sahiptir. DPPH-H durumuna kıyasla bu radikal hali, toplanan elektron sayısı arttıkça renk bozulmasına neden olur ve sarımsı renk gözlenir (Gulcin ve Alwasel, 2023). Başlangıçtaki radikal DPPH konsantrasyonunu %50 azaltmak için gerekli olan uçucu yağ miktarı, serbest radikal temizleme aktivitesi için kullanılır ve IC50 olarak tanımlanır (Abadi ve Hassani, 2013). Düşük IC50 değerleri yüksek serbest radikal temizleme aktivitesini ifade eder (Farhat ve ark., 2014).

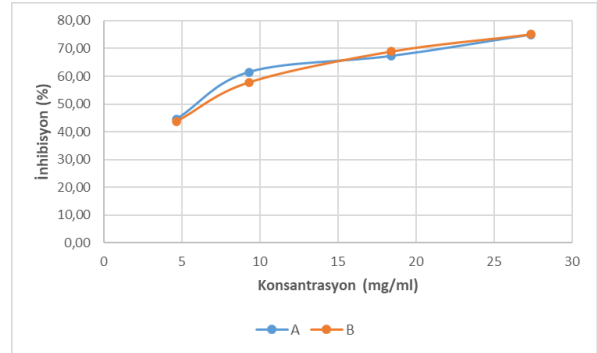
Bu çalışmada DPPH ve FRAP metoduyla ada çayı yağının antimikrobiyal aktivitesi incelenmiştir. Sonuçlar Çizelge 2 de gösterilmektedir.

Çizelge 2. *Salvia officinalis* uçucu yağının antioksidan aktivitesi

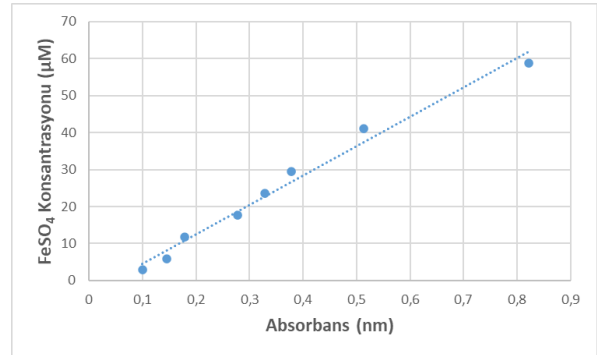
<i>Salvia officinalis</i> L.	DPPH	FRAP
Antioksidan aktivitesi	5,507 ± 0,723 mg/ml	2,129 ± 0,136 mM/g

Sonuçları elde etmek için Şekil 2 ve 3'deki grafikten elde edilen denklemler kullanılarak ada çayı uçucu yağının DPPH IC50 değeri 5,507 ± 0,723 mg/ml ve FRAP değeri 2,129 ± 0,136 mM/g olarak bulunmuştur. Sonuçlar değerlendirildiğinde, ada çayı uçucu yağının özellikle güçlü bir radikal süpürme kapasitesine sahip olduğu görülmüştür. Boufai ve ark. (2021) tarafından yapılan çalışmada *Salvia officinalis* yaprağının %80'lik etanol ile ekstrakte elde edilmesi ve solventin rotary evaporatörde evapore edilmesiyle elde edilen ekstrakt'ın anti-serbest radikal aktivitesi, 100 µg/ml konsantrasyon için %86'dır ve IC50 değeri 29,69 ± 1,32 µg/ml olarak belirtilmiştir. Mevcut çalışmada elde edilen IC50 değeri ile karşılaştırıldığında daha yüksek inhibisyon aktivitesine sahip olduğu görülmektedir. *Salvia officinalis* L.'in kurutulup, 70:30 metanol:su karışımıyla ekstraksiyonu sonucunda elde edilen ekstraktlar konsantre edilerek hidrometanolik ekstrakt, etil asetat fraksiyonu ve bütanol fraksiyonu elde edilip antioksidan aktiviteleri incelenmiştir. Farklı bölgelerden toplanmış ada çayı bitkisi için DPPH IC50 değeri 0,04 mg/ml ve 0,075 mg/ml ; FRAP IC50 değeri 0,037 mg/ml ve 0,031 mg/ml olarak saptanmıştır (Khiya ve ark., 2021). Farklı bölgelerden toplanan ve farklı fenolojik aşamalarda olan *S. officinalis*'in antioksidan aktivitesi incelendiğinde 112.87 ± 5.78 P (mM Fe(II)/mg) ile 186.43 ± 6.66 P (mM Fe(II)/mg) aralığında sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca her iki bölge için de en yüksek antioksidan aktivite çiçeklenme aşamasında elde edilen ekstraktlarda ölçülmüştür (Farhat ve ark., 2014).

Çalışmalardan elde edilen sonuçlar arasındaki farklılıklar ekstrakt/yağın elde edilme yöntemindeki farklılıklar, bitkinin toplanma zamanı gibi birçok faktör ile ilişkilendirilebilir.



Şekil 2. *Salvia officinalis* uçucu yağının dpph radikal süpürme aktivitesi



Şekil 3. *Salvia officinalis* uçucu yağının ferric demir şelatlama kapasitesi

Ada Çayı Yağının Antibakteriyel Aktivitesi

Bitki özleri ve uçucu yağlar, antifungal, antibakteriyel ve antiviral özelliklere sahiptir ve doğal antimikrobiyal bileşenlerdir. Çizelge 3 *S. officinalis* uçucu yağının antimikrobiyal analizleri sonucu elde edilen verileri göstermektedir. Agar disk difüzyon testi sonucunda en yüksek inhibisyon alanının 35 ± 2,00 mm ile Gram + bir bakteri olan *Bacillus cereus* NRRL B3711 e karşı olduğu görülmektedir. Ayrıca, *Staphylococcus spp.* için de etkili bir antibakteriyel etkisi olduğu görülmektedir. Ancak, Gram + *Listeria monocytogenes* ATCC 19115 e karşı ise agar yayılma testinde antimikrobiyal bir etki görülmemiştir, en düşük inhibisyon ise Gram - *Escherichia coli* ATCC 25922 için görülmüştür. Benzer şekilde, ada çayı uçucu yağının mikro tüp dilüsyon testinde de *B. cereus* 'a karşı 2,94 mg/ml MİK değeri ile en yüksek inhibisyon etkisine sahip olduğu, bunun akabinde *B. subtilis*, *L. monocytogenes* ve *Salmonella enteritidis* 'e karşı da 5,88 mg/ml MİK değeri ile yüksek etki gösterdiği gözlemlenmiştir. Veriler, *S. officinalis* yağının araştırılan bakterilere karşı değişen seviyelerde antibakteriyel aktivite sergilediğini göstermektedir. Esansiyel yağların nano kapsülleme metoduyla çevresel koşullara karşı duyarlılığı azaltılarak, daha güçlü antimikrobiyal aktivite göstermesi sağlanabilir (Chouhan ve ark., 2017). Bir

çalışmada, kimyasal kompozisyonu incelendiğinde cis ve trans tujon, kafur, 1,8-sineolce zengin olan *S. officinalis* esansiyel yağından zeta potansiyeli -24,5 mV olan ve depolama süresine göre değişiklik göstermekle birlikte 150-300 nm damlacık çapına sahip nanoemülsiyon elde edilmiştir. Gram + ve Gram – için nanoemülsiyonun yağa göre daha yüksek antimikrobiyal aktivite gösterdiği görülmüştür. Bu nanoemülsiyonun depolama sürecinde 3 aya kadar esansiyel yağın yüksek oranda kaldığı görülmüştür, bu da antimikrobiyal aktiviteye sahip olmasının yanı sıra etkinliğini de uzun süre koruyabileceği çıkarımı yapılmıştır (Moghimive ark., 2017). Benzer olarak, *Lamiaceae*

familiyasına ait olan diğer bir bitkinin, *Thymbra spicata*, uçucu yağı ile yapılan bir çalışmada da, uçucu yağın gıda patojeni olan, *Staphylococcus spp.* ve *Salmonella spp.* karşı yüksek bir antibakteriyel etkisi olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, uçucu yağdan hazırlanan nanoemülsiyonun özellikle Gram – bakterilere karşı artan bir antimikrobiyal etkisi olduğu da belirlenmiştir (Gedikoğlu ve Çıkrıkçı Erünsal, 2023). Bu yapılan çalışmada Türkiye’de yaygın şekilde bulunan ada çayı uçucu yağı antibakteriyel etki göstermekte olup, özellikle *Bacillus spp.* karşı daha yüksek etkinlik göstermiştir.

Çizelge 3. *Salvia officinalis* uçucu yağının in vitro antimikrobiyal analiz sonuçları

Bakteri türleri	Agar yayılma testi	Sıvı yayılma testi
	Inhibisyon zon (mm)*	MİK (mg/ml)
<i>Bacillus cereus</i> NRRL B3711	35 ± 2,00	2,94 ± 0,00
<i>Bacillus subtilis</i> PY79	20,5 ± 2,50	5,88 ± 0,00
<i>Enterococcus faecalis</i> ATCC 29212	11,5 ± 1,50	23,5 ± 0,00
<i>Listeria monocytogenes</i> ATCC 19115	-	5,88 ± 0,00
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 9144	15 ± 2,00	23,5 ± 0,00
<i>Staphylococcus epidermidis</i> ATCC 12228	25 ± 1,00	23,5 ± 0,00
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	2 ± 1,00	11,75 ± 0,00
<i>Salmonella</i> Enteritidis ATCC 13076	9,5 ± 0,50	5,88 ± 0,00
<i>Salmonella</i> Typhimurium ATCC 14028	10,5 ± 2,50	23,5 ± 0,00

*Değerler ortalama ± standart sapma şeklinde ifade edilmiştir (n = 2).

SONUÇ

Bu çalışma sonucunda ada çayı yağının kimyasal bileşimi incelenmiş, antimikrobiyal ve antioksidan kapasitesi belirlenmiştir. Kimyasal bileşimi incelendiğinde yüksek oranda 3-thujen-2-on ve 2-bornanone içeren ada çayı yağının antioksidan aktivitesi DPPH ve FRAP için sırasıyla 5,507 ± 0,723 mg/ml ve 2,129 ± 0,136 mM/g olarak ölçülmüştür. Antimikrobiyal analizler sonucunda en yüksek inhibisyonzon özellikle *B. cereus* ve *B. subtilis*’e karşıyken, benzer şekilde mikro tüp dilüsyon testinde en düşük MİK değerleri *B. cereus*, *B. subtilis* ve *E. faecalis*’e karşı gözlenmiştir. Sonuç olarak ada çayı uçucu yağı yapılan bu in vitro çalışmada antibakteriyel potansiyel sergilemiştir. İleriki çalışmalarda, ada çayı yağının model gıdalarda kaplama, film veya emülsiyon uygulaması şeklinde antimikrobiyal potansiyeli, ürünlerin raf ömürlerini etkileyen bakteri, küf, ve mayalar üzerindeki etkileri ve ürünlerin kalitesini etkileyen diğer faktörler incelenebilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde finansal destek sağlayan Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü’ne teşekkürlerimizi sunarız (Proje No: 2021/0063). Ayrıca Konya Şeker Atıştırmalık fabrikasından Mensur Gün’e GC-MS analizi sırasındaki yardımlarından dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Abadi A, Hassani A (2013) Essential Oil Composition and Antioxidant Activity of Marrubium vulgare L. Growing Wild in Eastern Algeria. International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy 9(1): 17-24.

Afonso AF, Pereira OR, Fernandes Â, Calhelha RC, Silva AM, Ferreira IC, Cardoso SM (2019) Phytochemical Composition and Bioactive Effects of *Salvia africana*, *Salvia officinalis* ‘Icterina’ and *Salvia Mexicana* Aqueous Extracts. Molecules 24(23): 4327.

Assaggaf HM, Naceiri Mrabti H, Rajab BS, Attar AA, Alyamani RA, Hamed M, El Omari N, El Meniy N, Hazzoumi Z, BenaliT, Al-Mijalli SH, Zengin G, Al Dhaberi Y, Eid AH, Bouyahya A (2022) Chemical Analysis and Investigation of Biological Effects of *Salvia officinalis* Essential Oils at Three Phenological Stages. Molecules 27(16): 5157.

Bağdat RB (2006) Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Kullanım alanları, Tıbbi Adaçayı (*Salvia officinalis* L.) ve Ülkemizde Kekik Adıyla Bilinen Türlerin Yetiştirme Teknikleri. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi 15(1-2): 19-28.

Baliyan S, Mukherjee R, Priyadarshini A, Vibhuti A, Gupta A, Pandey RP, Chang CM (2022) Determination of Antioxidants by DPPH Radical Scavenging Activity and Quantitative Phytochemical Analysis of *Ficus religiosa*. Molecules 27(4): 1326.

Bonesi M, Loizzo MR, Acquaviva R, Malfa GA, Aiello F, Tundis R (2017) Anti-inflammatory and Antioxidant Agents from *Salvia* genus (Lamiaceae): An Assessment of the Current State of Knowledge. Anti-Inflammatory & Anti-Allergy Agents in Medicinal Chemistry (Formerly Current Medicinal Chemistry-Anti-Inflammatory and Anti-Allergy Agents) 16(2): 70-86.

Boufadi MY, Keddari S, Moulai-Hacene F, Sara CHAA (2021) Chemical Composition, Antioxidant and Anti-

- Inflammatory Properties of *Salvia officinalis* Extract from Algeria. *Pharmacognosy Journal* 13(2).
- Boyle W (1955) Spices and Essential Oils as Preservatives. *The American Perfumer and Essential Oil Review* 66(1): 25-28.
- Burt S (2004) Essential Oils: Their Antibacterial Properties and Potential Applications in Foods—A Review. *International Journal of Food Microbiology* 94(3): 223-253.
- Chouhan S, Sharma K, Guleria S (2017) Antimicrobial Activity of Some Essential Oils—Present Status and Future Perspectives. *Medicines* 4(3): 58.
- Cuendet M, Hostettmann K, Potterat O, Dyatmiko W (1997) Iridoid Glucosides with Free Radical Scavenging Properties from *Fagraeablumei*. *Helvetica Chimica Acta* 80(4): 1144-1152.
- de Sousa Barros A, de Moraes SM, Ferreira PAT, Vieira ÍGP, Craveiro AA, dos Santos Fontenelle RO, de Menezes JEA, da Silva FWF, de Sousa HA (2015) Chemical Composition and Functional Properties of Essential Oils from *Mentha* Species. *Industrial Crops and Products* 76: 557-564.
- Elshamy A, Abd-ElGawad A, Mohamed T, El Gendy AEN, Abd El Aty AA, Saleh I, Moustafa MF, Hussien TA, Pare PW, Hegazy MEF (2021) Extraction Development for Antimicrobial and Phytotoxic Essential Oils From Asteraceae Species: *Achillea fragrantissima*, *Artemisia judaica* and *Tanacetum sinaicum*. *Flavour and Fragrance Journal* 36(3): 352-364.
- Farhat, MB, Chaouch-Hamada, R, Sotomayor, JA, Landoulsi, A, Jordán, MJ (2014) Antioxidant Potential of *Salvia officinalis* L. Residues as Affected by the Harvesting Time. *Industrial Crops and Products* 54:78-85.
- Gedikoğlu A (2022) Antimicrobial and Antioxidant Activities of Commercialized Turkish Propolis Extract, and Application to Beef Meatballs. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology* 10(10): 2021-2029.
- Gedikoğlu A, Çıkrıkçı Erünsal S (2023) Characterization of a *Thymbra spicata* Essential Oil—Pectin Nanoemulsion, and Antimicrobial Activity Against Foodborne Pathogenic Bacteria. *Journal of Food Measurement and Characterization* 17:3195-3206.
- Gedikoğlu A, Sökmen M, Çivit A (2019). Evaluation of *Thymus vulgaris* and *Thymbra spicata* Essential Oils and Plant Extracts for Chemical Composition, Antioxidant, and Antimicrobial Properties. *Food Science & Nutrition* 7(5): 1704-1714.
- Gökoğlu N (2018) Novel Natural Food Preservatives and Applications in Seafood Preservation: A Review. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 99:2068-2077.
- Gulcin İ, Alwasel SH (2023) DPPH Radical Scavenging Assay. *Processes* 11(8): 2248.
- Ilic Z, Kevrešan Ž, Šunić L, Stanojević L, Milenković L, Stanojević J, Milenković A, Cvetković D (2023) Chemical Profiling and Antioxidant Activity of Wild and Cultivated Sage (*Salvia officinalis* L.) *Essential Oil. Horticulturae* 9(6): 624.
- Jakovljević M; Jokić S, Molnar M, Jašić M, Babić J, Jukić H, Banjari I (2019) Bioactive Profile of Various *Salvia officinalis* L. Preparations. *Plants* 8: 55.
- Khiya Z, Hayani M, Gamar A, Kharchouf S, Amine S, Berrekhis F, Bouzoubae A, Zair T, El Hilali F (2019) Valorization of the *Salvia officinalis* L. of the Morocco Bioactive Extracts: Phytochemistry, Antioxidant Activity and Corrosion Inhibition. *Journal of King Saud University-Science* 31(3): 322-335.
- Khiya Z, Oualcadi Y, Gamar A, Berrekhis F, Zair T, Hilali FE (2021) Correlation of Total Polyphenolic Content With Antioxidant Activity of Hydromethanolic Extract And Their Fractions of the *Salvia officinalis* Leaves from Different Regions of Morocco. *Journal of Chemistry* 1-11.
- Koyama S, Heinbockel T (2020) The Effects of Essential Oils and Terpenes in Relation to Their Routes of Intake and Application. *International Journal of Molecular Sciences* 21(5): 1558.
- Kumari PK, Akhila S, Rao YS, Devi BR (2019) Alternative to Artificial Preservatives. *Systematic Reviews in Pharmacy* 10(1): 99-102.
- Moghimi R, Aliahmadi A, McClements DJ, Rafati H (2017) Nanoemulsification of *Salvia officinalis* Essential Oil; The Impact on The Antibacterial Activity in Liquid and Vapour Phase. *Journal of Bionanoscience* 11(1): 80-86.
- 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.
- Riahi L, Chograni H, Elferchichi M, Zaouali Y, Zoghalmi N, Mliki A (2013) Variations in Tunisian Wormwood Essential Oil Profiles and Phenolic Contents Between Leaves and Flowers and Their Effects on Antioxidant Activities. *Industrial Crops and Products* 46:290-296.
- Wali AF, Hamad EA, Khazandar AA, Al-Azzawi AM, Sarheed OA, Menezes GA, Alam A (2019) Antimicrobial and in vitro Antioxidant Activity of *Salvia officinalis* L. Against Various Re-Emergent Multidrug Resistance Microbial Pathogens. *Annals of Phytomedicine* 8(2): 115-120.
- Wińska K, Mączka W. Łyczko J, Grabarczyk M, Czubaszek A, Szumny A (2019) Essential Oils as Antimicrobial Agents—Myth or Real Alternative?. *Molecules* 24(11): 2130.