

Taraxacum officinale Ekstraktlarının Klinik Örneklerden Elde Edilen Bakteri İzolatlarına Karşı Antibakteriyel Aktivitesinin Belirlenmesi ve Antioksidan Özelliklerinin Karşılaştırılması

Determination of Antibacterial Activity of *Taraxacum officinale* Extracts Against Bacterial Isolates Obtained from Clinical Samples and Comparison of Their Antioxidant Properties

Gülşah ALTAN¹(ID), Devrim DÜNDAR¹(ID), Ece GÜN POLAT²(ID), Arda ACEMİ³(ID)

¹ Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi, Tıbbi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Kocaeli.

¹ Kocaeli University Faculty of Medicine, Department of Medical Microbiology, Kocaeli, Türkiye.

² Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Kocaeli.

² Kocaeli University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Biology, Kocaeli, Türkiye.

³ Kocaeli Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Kocaeli.

³ Kocaeli University Faculty of Arts and Sciences, Department of Biology, Kocaeli, Türkiye.

*Bu çalışmanın bir bölümü, XL. Uluslararası Türk Mikrobiyoloji Kongresi (16-20 Kasım 2022, Antalya)'nde poster bildirisi olarak sunulmuştur.

Makale Atfı: Altan G, Dündar D, Gün Polat E, Acemi A. *Taraxacum officinale* ekstraktlarının klinik örneklerden elde edilen bakteri izolatlarına karşı antibakteriyel aktivitesinin belirlenmesi ve antioksidan özelliklerinin karşılaştırılması. Mikrobiyol Bul 2026;60(3):287-300.

ÖZ

Antibiyotik direncine bağlı olarak ortaya çıkan dirençli mikroorganizmaların artışı, enfeksiyon hastalıklarının tedavisinde önemli zorluklara neden olmaktadır. *Taraxacum officinale* (karahindiba) ekstraktlarının antimikrobiyal etkiye sahip olduğu bilinmektedir. Bu çalışma, Soxhlet cihazı ile ekstrakte edilen *T. officinale* bitkisinin farklı kısımlarına ait ekstraktlarının, hastane kaynaklı enfeksiyonlara neden olan farklı direnç paternlerindeki bakterilere karşı antibakteriyel aktivitesinin araştırılmasını amaçlamıştır. Etanolik ve metanolik ekstraktların antibakteriyel etkileri, klinik örneklerden elde edilen *Staphylococcus aureus* ve *Enterococcus* spp. (*Enterococcus faecalis* ve *Enterococcus faecium*), *Escherichia coli* ve *Pseudomonas aeruginosa* izolatları üzerinde disk difüzyon ve agar kuyu difüzyon yöntemleri kullanılarak test edilmiştir. Ayrıca ekstraktların toplam fenolik (TPC) ve flavonoid (TFC) içerikleri ile toplam antioksidan kapasiteleri (TAC), antibakteriyel aktiviteleriyle ilişkilendirilerek değerlendirilmiştir. Ekstraktların oluşturduğu ortalama inhibisyon zon çapları disk difüzyon yönteminde 6.0–8.0 mm, agar kuyu difüzyon yönteminde ise 8.0–20.6 mm arasında belirlenmiştir. Antibakteriyel aktivitenin özellikle *S. aureus* izolatlarında daha belirgin olduğu gözlenmiştir. Bununla birlikte, *Enterococcus* spp. izolatlarında inhibisyon zon çaplarının diğer bakterilere kıyasla daha geniş olduğu gözlenmiştir. Etanolik ve metanolik çiçek ekstraktları, yaprak ve kök ekstraktlarına göre izolatlar üzerinde daha yüksek antibakteriyel aktivite göstermiştir. Bununla birlikte, etanolik yaprak ekstraktlarının TPC, TFC ve TAC değerlerinin diğer ekstraktlara kıyasla daha yüksek olduğu; bu değerlerin sırasıyla 78.09 ± 1.13 mg GAE/g ekstrakt KA, 197.20 ± 6.22 mg KE/g ekstrakt KA ve 2.65 ± 0.03 µg AAE/mL ekstrakt olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma, dirençli izolatların neden olduğu enfeksiyonlara yönelik bitkisel ekstraktların antibakteriyel potansiyeline ilişkin ön veriler sunmaktadır.

Anahtar kelimeler: *Taraxacum officinale*; karahindiba; agar kuyu difüzyon yöntemi; disk difüzyon yöntemi; Soxhlet ekstraksiyonu.

ABSTRACT

The rise in antibiotic-resistant microorganisms poses challenges in treating infectious diseases. It is known that *Taraxacum officinale* (dandelion) extracts have antimicrobial effects. This study aimed to investigate the antibacterial activities of different parts of *T. officinale* extracted through the Soxhlet device, against bacteria with various resistance patterns that cause hospital-acquired infections. The antibacterial effects of ethanolic and methanolic extracts were tested against *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus* spp. (*Enterococcus faecalis* and *Enterococcus faecium*), *Escherichia coli* and *Pseudomonas aeruginosa* isolates obtained from clinical samples using disc and agar well diffusion methods. Besides, the total phenolic (TPC) and flavonoid contents (TFC) of the extracts, as well as their total antioxidant capacities (TAC), were evaluated in relation to their antibacterial activities. Mean inhibition zone diameters produced by extracts ranged between 6.0–8.0 mm in the disc diffusion method and 8.0–20.6 mm in the agar well diffusion method. Antibacterial activity was more pronounced particularly against *S. aureus* isolates. However, inhibition zone diameters against *Enterococcus* spp. isolates were found to be larger compared to those against other bacteria. Ethanolic and methanolic flower extracts had higher antibacterial activity on the isolates compared to leaf and root extracts. However, the TPC, TFC, and TAC values of ethanolic leaf extracts were higher than those of the other extracts, with values of 78.09 ± 1.13 mg GAE/g extract DW, 197.20 ± 6.22 mg QE/g extract DW, and 2.65 ± 0.03 µg AAE/mL extract, respectively. This study presents preliminary data on the antibacterial potential of herbal extracts against infections caused by resistant isolates.

Keywords: *Taraxacum officinale*; dandelion; agar well diffusion method; disc diffusion method; Soxhlet extraction.

GİRİŞ

Küresel bir sağlık sorunu olan antibiyotik direncindeki artış, çok ilaca dirençli bakterilerin ortaya çıkmasına, tedavi seçeneklerinin kısıtlanmasına ve sağlık hizmetleri üzerindeki yükün artmasına neden olmaktadır¹. Bu nedenle, yeni ve etkili tedavilerin sürdürülebilir üretimine yönelik araştırmalar devam etmektedir. Dirençli bakterilerin neden olduğu enfeksiyon hastalıklarının tedavisinde kullanılan antibiyotik seçeneklerinin sınırlı olması ve antibiyotiklerin sitotoksik etkileri nedeniyle enfeksiyon hastalıklarının tedavisinde bitki ekstraktı bazlı uygulamalar pratik ve doğal bir seçenek olabilir².

Asteraceae (Papatyagiller) familyasına ait olan *Taraxacum* türleri, geleneksel tıpta sistit, karaciğer ve mide rahatsızlıkları, karaciğer ve böbrek detoksifikasyonu ve diyabet tedavisinde kullanılmıştır. Bu türler arasında *Taraxacum officinale* karahindiba olarak bilinen ve sıklıkla etnofarmakolojik amaçlarla kullanılan en yaygın türlerden biridir. Bu bitkinin sıtma, tüberküloz, bakteriyel enfeksiyonlar ve öksürük tedavisinde kullanıldığı bildirilmiş olup; ayrıca diüretik etkili olduğu da kabul edilmektedir³. *T. officinale*, özellikle kuzey yarımkürede olmak üzere sıcak ve ılıman bölgelerde bulunan çok yıllık, otsu, yenilebilir bir bitkidir. *T. officinale* ekstraktlarının çeşitli bakteri ve mantar türleri üzerinde antimikrobiyal aktivite gösterdiği daha önceki çalışmalarda bildirilmiştir. Bu etkinliğin, bitkinin içerdiği fenolik bileşikler ve terpenoidler gibi sekonder metabolitlerden kaynaklandığı ve bu bileşiklerin mikroorganizmaların hücre yapıları ve enzim sistemleri üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir³.

Bitkilerin farklı kısımları fitokimyasal bileşenler açısından değişkenlik göstermekte olup bu durum mikroorganizmalara karşı farklı antimikrobiyal etki paternleri oluşturabilmektedir. Bitki ekstraktlarının antimikrobiyal özellikleri, ekstraksiyon yöntemleri ve ekstraksiyonda

kullanılan çözücülere bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Ekstraktların antimikrobiyal etkisini doğrudan etkileyen fitokimyasal bileşiklerin ekstraksiyon verimi; kullanılan bitki organına, ekstraksiyon yöntemine ve çözücü tipine bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle, bu tür uygulamalar için en etkili bitki kısmının ve ekstraksiyonda kullanılan çözücünün seçimi kritik öneme sahiptir. Yaygın olarak kullanılan ekstraksiyon yöntemlerinden biri olan Soxhlet ekstraksiyonunun temel avantajı, ekstrakte edilen örneğin taze çözücü ile sürekli temas etmesi nedeniyle yüksek verimlilikte olması ve düşük maliyetidir⁴.

Bu bağlamda, *T.officinale* ekstraktlarının antibakteriyel etkilerinin bitkinin farklı kısımlarına ve kullanılan çözücüye bağlı olarak değişkenlik gösterebileceği düşünülmektedir. Ayrıca ekstraktların fenolik madde ve flavonoid içeriklerinin yanı sıra antioksidan aktivitelerinin de bitkinin farklı organları arasında farklılık gösterebileceği öngörülmektedir. Bu çalışmanın özgün yönü, *T.officinale* ekstraktlarının antibakteriyel etkisinin yalnızca standart izolatlar karşı değil, dirençli klinik bakteri izolatlarına karşı da araştırılması ve Soxhlet ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen farklı bitki kısımlarının etkinliklerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesidir. Bu doğrultuda, çalışmada *T.officinale*'nin çiçek, yaprak ve kök kısımlarından elde edilen etanolik ve metanolik ekstraktların antibakteriyel etkinliği ile toplam fenolik ve flavonoid içerikleri ve antioksidan aktiviteleri arasındaki olası ilişkilerin ortaya konması amaçlanmıştır.

GEREÇ ve YÖNTEM

Bu çalışma, Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu onayı ile gerçekleştirildi (Tarih: 26.07.2024 ve Karar no: 2024/12.07).

Bitki Ekstraktlarının ve Stok Çözeltilerinin Hazırlanması

Neredeyse tüm dünyada yaygın olarak bulunan *T.officinale* (L.) Weber ex F.H. Wigg bitkisi Nisan-Mayıs 2022 tarihlerinde Kocaeli Üniversitesi kampüsü ve çevresinden toplandı. Çiçek, yaprak, kök kısımları 60 °C'de 24 saat kurutulup öğütülerek toz (10–30 g) haline getirildi. Soxhlet ekstraktörü kullanılarak (%80, v/v) etanol (EtOH) ve metanolde (MeOH) 24 saat ekstrakte edildi. Ham ekstraktlar 60 °C'de 24 saat etüvde kurutuldu ve -80 °C'de saklandı. Ekstraktlar dimetil sülfoksitte (DMSO) çözüldü ve 200 mg/mL stok çözeltiler hazırlandı⁵.

Bakteri İzolatları

Çalışmaya çeşitli klinik örneklerden (idrar, yara, balgam, trakeal aspirat, bronkoalveolar lavaj) izole edilen 40 bakteri izolatu ve dört standart suş dahil edildi. İzolatlar, Aralık 2021-Haziran 2022'de Kocaeli Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Hastanesi poliklinik, servis ve yoğun bakım ünitelerine başvuran hastaların klinik örneklerinden ardışık olarak seçildi. Aynı hastaya ait mükerrer izolatlar çalışma dışı bırakıldı. Çalışmaya gram-pozitif bakterilerden beşer adet metisiline dirençli *Staphylococcus aureus* (MRSA), metisiline duyarlı *S.aureus* (MSSA), vankomisine dirençli *Enterococcus* spp. (VRE; dört *Enterococcus faecium*, bir *Enterococcus faecalis*) ve vankomisine duyarlı *Enterococcus* spp. (VSE; üç *E.faecium*, iki *E.faecalis*) dahil edildi. Gram-negatif bakterilerden ise beşer adet genişlemiş spektrumlu beta-laktamaz üreten (ESBL+) ve üretmeyen (ESBL-) *Escherichia coli*, çok ilaca

dirençli *Pseudomonas aeruginosa* (MDRPA) ve duyarlı *P.aeruginosa* (SPA) suşları kullanıldı. İzolatların tanımlanması VITEK® MS (bioMérieux, Fransa), antibiyotik duyarlılık testleri VITEK® 2 (bioMérieux, Fransa) sistemi ile gerçekleştirildi. Sonuçlar Avrupa Antimikrobiyal Duyarlılık Testi Komitesi kriterlerine göre değerlendirildi. MRSA oksasilin/sefoksitin, VRE vankomisin direncine göre tanımlandı. ESBL üretimi geniş spektrumlu sefalosporin direnci ve doğrulama testleriyle, MDRPA çoklu antibiyotik sınıflarına direnç varlığına göre değerlendirildi. Standart suşlar olarak *E.coli* ATCC 25922, *S.aureus* ATCC 29213, *E.faecalis* ATCC 29212 ve *P.aeruginosa* ATCC 27853 kullanıldı.

Disk Difüzyon Yöntemi

16-20 saat inkübe edilmiş bakteri kültürlerinden hazırlanan 0.5 McFarland bakteri süspansiyonları Mueller-Hinton agar (MHA) plaklarına inoküle edildi. 20 µg/µL konsantrasyondaki ekstraktlar disk difüzyon yöntemiyle test edildi. Stok çözeltiler 0.22 µm filtreden geçirilerek sterilize edildi ve 15 µL ekstrakt 6 mm çapındaki boş disklere emdirildi. Aynı hacimde DMSO ve gentamisin (CN, 10 µg; Bioanalyse, Türkiye) negatif ve pozitif kontrol olarak boş disklere emdirildi. Diskler MHA plaklarına yerleştirildi ve 37 °C'de 16-20 saat inkübe edildi⁶. Ekstrakt konsantrasyonları ve DMSO miktarı ön deneylerle optimize edildi.

Agar Kuyu Difüzyon Yöntemi

0.5 McFarland bulanıklığındaki bakteri süspansiyonları MHA plaklarına yayıldı ve agar-da 8 mm çapında kuyucuklar oluşturuldu. Stok çözeltilerden hazırlanan 100 µL ekstraktlar kuyucuk başına 200 µg/µL konsantrasyonda uygulandı. DMSO negatif kontrol, 20 µg/µL son konsantrasyonda gentamisin (CN) çözeltisi ise pozitif kontrol olarak kullanıldı. Plaklar 37 °C'de 16-20 saat inkübe edildi⁷. Ekstrakt konsantrasyonları ve DMSO miktarı ön deneylerle optimize edildi.

Ekstraktların Toplam Fenolik ve Flavonoid İçeriklerinin Belirlenmesi

Ekstraktların toplam fenolik madde içeriği, Johari ve Khong (2019) yönteminin modifiye edilmesiyle belirlendi⁸. 100 µL ekstrakt (1 mg/mL), 10 kat seyreltilmiş 750 µL Folin-Ciocalteu reaktifi (PanReac AppliChem) ile karıştırıldıktan sonra oda sıcaklığında beş dakika bekletildi. Ardından 750 µL sodyum karbonat (Na_2CO_3 , Merck) eklendi ve reaksiyon karışımı 45 °C'de 30 dakika inkübe edildi ve absorbansı UV-Vis spektrometresi (T60U, PG Instruments) ile 760 nm'de ölçüldü. Standart eğri hazırlığında gallik asit (Alfa Aesar) çözeltileri kullanıldı. Sonuçlar, g ekstrakt kuru ağırlığı başına mg gallik asit eş değeri (mg GAE/g ekstraktKA) olarak ifade edildi.

Ekstraktların toplam flavonoid içeriği Phuyal ve arkadaşlarının⁹ yöntemine göre belirlendi. Bir mL ekstrakt (1 mg/mL), 4 mL damıtılmış su ve 300 µL (%5, m/w) sodyum nitrit (NaNO_2 , Merck) ile karıştırılarak beş dakika inkübe edildi. Ardından 300 µL (%10, m/w) alüminyum klorür (AlCl_3 , PanReac AppliChem) eklendi ve altı dakika inkübe edildi. Daha sonra 2 mL 1M sodyum hidroksit (NaOH , Merck) ve 4.4 mL damıtılmış su ilave edildi. Absorbansı aynı spektrometre kullanılarak 510 nm'de ölçüldü. Standart eğri hazırlığında kuersetin (TCI) çözeltileri kullanıldı. Sonuçlar, g ekstrakt kuru ağırlığı başına mg kuersetin eş değeri (mg KE/g ekstrakt KA) olarak ifade edildi.

C Vitamini Eş Değeri Antioksidan Kapasitesinin Belirlenmesi

Ekstraktların toplam antioksidan kapasitesi, fosfomolibden testi aracılığıyla askorbik asit eş değerleri olarak belirlendi¹⁰. Ekstraktlar 250, 500 ve 1000 µg/mL konsantrasyonlarda test edildi. Ekstraktın 100 µL'lik kısmı, reaktifle (0.6 M sülfürik asit, 28 mM sodyum fosfat ve 4 mM amonyum molibdat) karıştırılarak 95 °C'de 90 dakika inkübe edildi. Absorbansı aynı spektrometre kullanılarak 695 nm'de ölçüldü. Standart eğri hazırlığında askorbik asit (neoFroxx) çözeltileri kullanıldı. Sonuçlar mL ekstrakt başına µg askorbik asit eş değeri (µg AAE/mL ekstrakt) olarak ifade edildi.

Verilerin Değerlendirilmesi ve İstatistiksel Analiz

Bitkiler için klinik kesim noktaları bulunmadığından ekstraktlarda gözlenen herhangi bir zon oluşumu etkili kabul edildi. Bazı izolatlarda DMSO'nun antibakteriyel etkisi gözlemlendiğinde net zon değerleri, ekstrakt zon çapından DMSO zon çapı çıkarılarak hesaplandı. Veriler ortalama $\pm$ standart sapma olarak ifade edildi. İstatistiksel analiz, Statistical Package for the Social Sciences Statistics 20 (IBM, ABD) kullanılarak gerçekleştirildi. Antimikrobiyal testlerde kategorik değişkenler arasındaki ilişkiler ki-kare analizi ile değerlendirildi. $p < 0.05$ değeri anlamlı kabul edildi. Tek yönlü varyans analizi sonrasında biyokimyasal testlerde Duncan'ın çoklu karşılaştırma testi $p < 0.05$ önem düzeyinde uygulandı.

Tablo 1. *T.officinale*'nin Farklı Kısımlarından Elde Edilen Ekstraktların Fiziksel Özellikleri ve Ekstrakt Verimleri

Çözücü	Bitki kısmı	Fiziksel özellikler	Ekstraksiyon için kullanılan biyokütle miktarı (g)	Ekstraksiyon verimi (g)	Verim (%)
MeOH	Yaprak	Kahverengi toz	25	6.0	24.0
	Kök	Bal rengi kahverengi toz	30	4.3	14.3
	Çiçek	Siyahımsı kahverengi toz	15	4.6	30.7
EtOH	Yaprak	Kahverengi toz	10	2.1	21.0
	Kök	Bal rengi kahverengi toz	15	2.2	14.7
	Çiçek	Siyahımsı kahverengi toz	15	5.4	36.0

EtOH: Etanol, MeOH: Metanol.

BULGULAR

T.officinale'nin farklı bitki kısımlarına (çiçek, kök ve yaprak) ait ekstraksiyon verimleri Tablo I'de sunulmuştur. Antibakteriyel etki gözlenen izolat oranları bitki kısmı, çözücü tipi ve yöntem türüne göre Tablo II'de verilmiştir. Her iki yöntemde çiçek ekstraktları için bu oranlar %57.5–65.0, kök ekstraktları için %22.5–32.5 ve yaprak ekstraktları için %17.5–27.5 aralığında saptanmıştır. Disk difüzyon yönteminde kök ve yaprak ekstraktları için antibakteriyel etki gözlenen izolat oranları sırasıyla %22.5–27.5 ve %17.5–22.5 aralığında; agar kuyu difüzyon yönteminde ise sırasıyla %32.5 ve %27.5 olarak belirlenmiştir.

T.officinale ekstraktlarının antibakteriyel etkileri disk difüzyon ve agar kuyu difüzyon yöntemleri ile değerlendirilmiş ve sonuçlar Tablo III'te gösterilmiştir. Değerlendirmelerde, DMSO kontrolüne göre düzeltilmiş net inhibisyon zon değerleri kullanılmıştır. Veriler

ortalama $\pm$ standart sapma olarak ifade edilmiştir. Disk difüzyon yönteminde ortalama inhibisyon zon çapları 6.0–7.4 mm, agar kuyu difüzyon yönteminde ise 8.0–20.6 mm arasında belirlenmiştir.

Tablo II. Klinik Bakteri İzolatlarına Karşı Test Edilen *T.officinale* Ekstraktlarının Bitki Kısım, Çözücü Tipi ve Yöntem Türüne Göre Etkinlik Oranları (n= 40)

Bitki kısmı	Disk difüzyon yöntemi % (antibakteriyel etki gözlenen izolat/ toplam izolat)		Agar kuyu difüzyon yöntemi % (antibakteriyel etki gözlenen izolat/ toplam izolat)	
	EtOH	MeOH	EtOH	MeOH
Çiçek	%57.5 (23/40)	%60.0 (24/40)	%65.0 (26/40)	%57.5 (23/40)
Kök	%22.5 (9/40)	%27.5 (11/40)	%32.5 (13/40)	%32.5 (13/40)
Yaprak	%17.5 (7/40)	%22.5 (9/40)	%27.5 (11/40)	%27.5 (11/40)

EtOH: Etanol, MeOH: Metanol. Çalışmada yer alan klinik izolatlar *S.aureus*, *E.coli*, *P.aeruginosa* ve *Enterococcus* spp. türlerinden oluşmaktadır (n= 40). Yüzdelere, net antibakteriyel etki gözlenen izolat sayısının toplam izolat sayısına oranını ifade etmektedir. Antibakteriyel etki, ekstrakt zonundan DMSO zonunun çıkarılması ile elde edilen net inhibisyon zonuna göre değerlendirilmiştir. Gruplar arasındaki farklar ki-kare testiyle analiz edilmiştir.

Gram-pozitif bakterilerden MSSA, MRSA, VSE ve VRE izolatlarında disk difüzyon yönteminde ortalama inhibisyon zon çapları sırasıyla 6.2–7.4 mm, 6.4–7.4 mm, 6.0–8.0 mm ve 6.0–6.2 mm; agar kuyu difüzyon yönteminde ise 10.6–12.2 mm, 10.4–15.4 mm, 8.6–17.2 mm ve 8.0–20.6 mm olarak hesaplanmıştır.

Gram-negatif bakterilerden ESBL pozitif *E.coli*, ESBL negatif *E.coli*, MDRPA ve SPA izolatlarında disk difüzyon yönteminde ortalama inhibisyon zon çapları sırasıyla 6.2–7.4 mm, 6.0–7.2 mm, 6.4–7.4 mm ve 6.0–7.2 mm; agar kuyu difüzyon yönteminde ise tüm izolatlar için 8.0–9.6 mm arasında belirlenmiştir.

Standart suşlara ait inhibisyon zon çapları disk difüzyon yönteminde *S.aureus* ATCC 29213, *E.faecalis* ATCC 29212, *E.coli* ATCC 25922 ve *P.aeruginosa* ATCC 27853 için sırasıyla 6–8 mm, 6–7 mm, 6–8 mm ve 6–8 mm; agar kuyu difüzyon yönteminde ise 11–14 mm, 8–11 mm, 10–11 mm ve 11–13 mm olarak belirlenmiştir.

T.officinale ekstraktlarının disk difüzyon ve agar kuyu difüzyon yöntemleriyle karşılaştırmalı aktivite görüntüleri Şekil 1’de verilmiştir.

İstatistiksel analiz, bitki kısmı ile antibakteriyel aktivite arasında anlamlı bir ilişki olduğunu göstermiştir ($p < 0.001$). Çiçek (%60), kök (%28.7) ve yaprak (%23.7) kısımlarına ait antibakteriyel aktivite oranları arasında anlamlı fark saptanmıştır ($p < 0.001$).

Bakteri türleri ile antibakteriyel aktivite arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur ($p < 0.001$). MSSA, ESBL negatif *E.coli* ($p < 0.001$), ESBL pozitif *E.coli* ($p = 0.013$), SPA ($p < 0.001$), MDRPA ($p < 0.001$), VSE ($p = 0.001$) ve VRE ($p < 0.001$) ile karşılaştırıldığında anlamlı farklılık göstermiştir.

Tablo III. *T.officinale* Ekstraktlarının Klinik İzolatlara ve Standart Suşlara Karşı Antibakteriyel Aktiviteleri

Bakteri türü	Bitki kısmı	Disk difüzyon yöntemi inhibisyon zonu (mm)					Agar kuyu difüzyon yöntemi inhibisyon zonu (mm)				
		EtOH	DMSO	MeOH	DMSO	CN	EtOH	DMSO	MeOH	DMSO	CN
MSSA (n= 5)	Çiçek	7.4 ± 0.55		7.4 ± 0.55		20.8 ± 1.30	12.2 ± 0.45		12.2 ± 1.30		
	Kök	6.4 ± 0.89	6.0 ± 0.00	6.4 ± 0.89	6.0 ± 0.00	20.8 ± 1.30	11.2 ± 1.10	8.4 ± 0.89	10.8 ± 0.84	-	30.2 ± 0.45
	Yaprak	6.2 ± 0.45		6.2 ± 0.45		20.8 ± 1.30	10.6 ± 0.89		10.6 ± 0.89		
MRSA (n= 5)	Çiçek	7.4 ± 0.55		6.4 ± 0.55			15.4 ± 3.36		15.0 ± 2.92		
	Kök	7.0 ± 1.22	6.2 ± 0.45	6.4 ± 0.89	6.0 ± 0.00	17.4 ± 6.58	11.0 ± 3.16	9.6 ± 2.61	11.4 ± 1.52	9.0 ± 2.24	24.6 ± 9.09
	Yaprak	6.4 ± 0.55		6.2 ± 0.45			11.8 ± 2.28		10.4 ± 2.41		
ESBL (+) <i>E.coli</i> (n= 5)	Çiçek	6.6 ± 0.55		7.4 ± 0.89			9.6 ± 2.19		9.4 ± 1.67		
	Kök	6.8 ± 1.10	6.0 ± 0.00	7.4 ± 0.89	6.6 ± 0.55	20.8 ± 1.30	8.8 ± 1.79	10.4 ± 0.55	9.4 ± 1.67	10.8 ± 0.84	30.2 ± 0.45
	Yaprak	6.2 ± 0.45		6.8 ± 0.84			8.0 ± 0.00		8.6 ± 1.34		
ESBL (-) <i>E.coli</i> (n= 5)	Çiçek	6.4 ± 0.55		7.2 ± 0.89			9.6 ± 2.19		8.0 ± 0.00		
	Kök	6.0 ± 0.00	6.0 ± 0.00	6.0 ± 0.00	7.0 ± 0.00	18.8 ± 5.31	8.8 ± 1.79	11.0 ± 0.00	8.6 ± 1.34	10.4 ± 1.14	22.2 ± 6.76
	Yaprak	6.0 ± 0.00		6.0 ± 0.00			8.0 ± 0.00		8.8 ± 1.79		
MDRPA (n= 5)	Çiçek	6.6 ± 0.55		7.4 ± 0.89			9.6 ± 2.19		9.4 ± 1.67		
	Kök	6.8 ± 1.10	6.0 ± 0.00	7.4 ± 0.89	6.0 ± 0.00	15.8 ± 6.66	8.8 ± 1.79	11.4 ± 2.07	8.6 ± 1.34	15.2 ± 4.44	22.4 ± 8.64
	Yaprak	6.4 ± 0.55		6.8 ± 0.84			8.0 ± 0.00		8.6 ± 1.34		
SPA (n= 5)	Çiçek	6.4 ± 0.55		7.2 ± 1.10			9.6 ± 2.19		8.0 ± 0.00		
	Kök	6.0 ± 0.00	6.0 ± 0.00	6.0 ± 0.00	6.0 ± 0.00	17.2 ± 1.79	8.8 ± 1.79	10.2 ± 0.45	8.6 ± 1.34	14.8 ± 3.77	23.6 ± 1.52
	Yaprak	6.0 ± 0.00		6.0 ± 0.00			8.0 ± 0.00		8.8 ± 1.79		
VRE (n= 5)	Çiçek	6.2 ± 0.45		6.0 ± 0.00			20.6 ± 0.89		17.2 ± 3.03		
	Kök	6.0 ± 0.00	6.0 ± 0.00	6.0 ± 0.00	6.0 ± 0.00	8.8 ± 6.26	8.0 ± 0.00	8.0 ± 0.00	8.0 ± 0.00	8.0 ± 0.00	16.2 ± 8.76
	Yaprak	6.0 ± 0.00		6.0 ± 0.00			8.0 ± 0.00		8.0 ± 0.00		

Tablo III. *T.officinale* Ekstraktlarının Klinik İzolatlara ve Standart Suşlara Karşı Antibakteriyel Aktiviteleri (devamı)

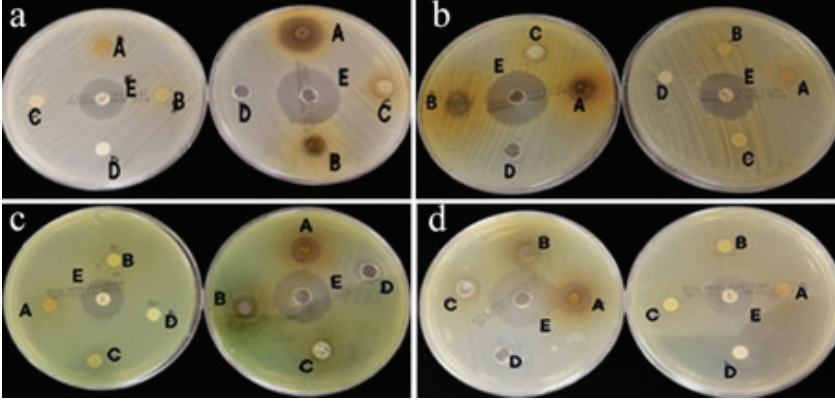
	Çiçek	7.2 ± 1.79		7.6 ± 1.67			12.6 ± 2.88		17.2 ± 2.68		
VSE (n= 5)	Kök	6.2 ± 0.45	6.0 ± 0.00	8.0 ± 4.47	6.0 ± 0.00	13.6 ± 10.01	8.6 ± 1.34	8.0 ± 0.00	9.2 ± 2.49	8.0 ± 0.00	14.2 ± 6.03
	Yaprak	6.0 ± 0.00		7.0 ± 2.24			8.8 ± 1.79		9.0 ± 2.24		
<i>S.aureus</i> ATCC 29213	Çiçek	8		7			14		11		
	Kök	6	6	8	6	21	11	10	11	8	29
	Yaprak	7		6			11		12		
<i>E.coli</i> ATCC 25922	Çiçek	7		8			11		10		
	Kök	7	6	7	7	21	10	11	10	8	23
	Yaprak	6		7			11		10		
<i>P.aeruginosa</i> ATCC 27853	Çiçek	6		8			13		13		
	Kök	6	6	6	6	19	12	12	11	12	25
	Yaprak	6		6			13		12		
<i>E.faecalis</i> ATCC 29212	Çiçek	7		6			11		10		
	Kök	6	6	6	6	12	8	8	8	8	26
	Yaprak	6		6			8		8		

*EtOH: Etanol, MeOH: Metanol, DMSO: Dimetil sülfoksit, CN: Gentamisin. Değerler inhibisyon zon çaplarını (mm) göstermektedir (Net zon= Ekstrakt – DMSO). DMSO kontrolleri, her ekstrakt (EtOH ve MeOH) için ayrı ayrı değerlendirilmiş ve ortalama ± standart sapma olarak sunulmuştur. Disk difüzyon yönteminde disk çapı 6 mm olduğundan 6 mm inhibisyon zonu etkisiz kabul edilmiştir. Agar kuyu difüzyon yönteminde ise 8 mm çapında kuyular kullanılmış ve 8 mm inhibisyon zonu etkisiz olarak değerlendirilmiştir.

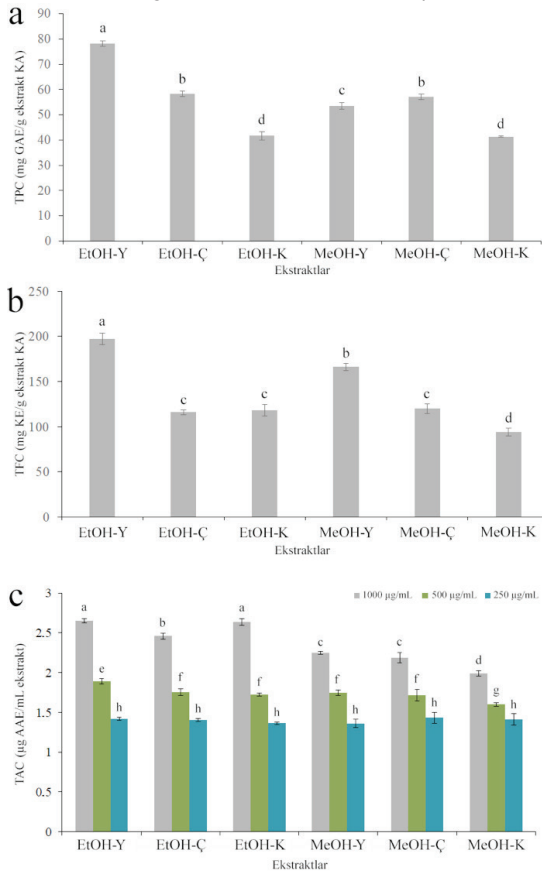
MRSA ile ESBL negatif *E.coli* ($p < 0.001$), SPA ($p < 0.001$), MDRPA ($p = 0.004$), VSE ($p = 0.007$) ve VRE ($p < 0.001$) arasında anlamlı fark saptanmıştır. ESBL pozitif *E.coli* ile SPA arasında da anlamlı fark bulunmuştur ($p = 0.014$).

Yöntem ile antibakteriyel etkinlik arasında anlamlı bir ilişki saptanmamıştır ($p = 0.220$). Çözücü ile aktivite arasında anlamlı ilişki bulunmamıştır ($p = 0.925$). Bitki kısımlarına göre yapılan analizlerde de çözücü ile aktivite arasında anlamlı ilişki saptanmamıştır (çiçek: $p = 0.872$; kök: $p = 0.861$; yaprak: $p = 0.853$).

Etanolik yaprak ekstraktı en yüksek (78.09 ± 1.13 mg GAE/g ekstrakt KA) toplam fenolik madde içeriğini (TPC) verirken, en düşük (41.34 ± 0.23 mg GAE/g ekstrakt KA) TPC metanolik kök ekstraktında saptanmıştır (Şekil 2a). Aynı ekstraktlar sırasıyla en yüksek (197.20 ± 6.22 mg KE/g ekstrakt KA) ve en düşük (93.78 ± 4.35 mg KE/g ekstrakt KA) toplam flavonoid içeriğine (TFC) sahiptir (Şekil 2b). C vitamini eş değer antioksidan kapasite testi, 250 µg/mL konsantrasyonda ekstraktların önemli ölçüde farklı antioksidan özelliklere sahip olmadığını göstermiştir. Ancak ekstraktların konsantrasyonu arttıkça antioksidan özellikleri daha belirgin hale gelmiştir. Etanolik yaprak ve kök ekstraktları istatistiksel olarak aynı antioksidan kapasiteye sahipken, etanolik yaprak ekstraktı 1000 µg/mL'de en yüksek sonucu (2.65 ± 0.03 µg AAE/mL ekstrakt) vermiştir. En düşük antioksidan kapasite (1.99 ± 0.03 µg AAE/mL ekstrakt) 1000 µg/mL'de metanolik kök ekstraktında bulunmuştur. Etanolik ekstraktlar metanolik ekstraktlardan daha yüksek antioksidan özellikler göstermiştir (Şekil 2c).



Şekil 1. *T.officinale* ekstraktlarının dirençli izolatlar karşı disk difüzyon ve agar kuyu difüzyon yöntemleriyle karşılaştırmalı aktivite görüntüleri. a.: MRSA, b.: ESBL + *E.coli*, c.: MDRPA, d.: VRE. A: Çiçek ekstraktı, B: Yaprak ekstraktı, C: Kök ekstraktı, D: DMSO (negatif kontrol), E: Gentamisin (pozitif kontrol).



Şekil 2. *T.officinale* ekstraktlarının toplam fenolik madde içeriği (TPC; a), toplam flavonoid içeriği (TFC; b) ve toplam antioksidan kapasitesi (TAC; c). Veriler ortalama $\pm$ standart sapmayı temsil eder. Aynı harflere sahip ortalamalar Duncan çoklu aralık testine göre $p < 0.05$ önem derecesinde farklı değildir. Y: Yaprak, Ç: Çiçek, K: Kök, GAE: Gallik asit eş değeri, KE: Kuersetin eş değeri, AAE: Askorbik asit eş değeri.

TARTIŞMA

Bitkiler, kolay ulaşılabilir ve düşük maliyetli doğal ürünler olduğundan yaygın kullanılmaktadır. *T.officinale* geleneksel tıpta öksürük, ishal, böbrek taşı, gut, sarılık ile mesane, karaciğer ve mide rahatsızlıklarının tedavisinde tercih edilmektedir¹¹.

Taraxacum türlerinin antimikrobiyal etkinliği ilk kez *Saccharomyces cerevisiae* ve *Candida albicans*'ta yapılan çalışmada bildirilmiştir¹². Antimikrobiyal etkinin triterpenoidler, flavonoidler, steroller, oligosakkaritler, kuersetin, kafeik asit gibi bileşiklerle ilişkili olduğu gösterilmiştir¹³⁻¹⁶. Bakterilerde hücre duvarı hasarına ve quorum algılama sisteminin bas-
kılanmasına, mantarlarda ise konidial çimlenmenin inhibisyonuna yol açarak antimikro-
biyal etki gösterdiği bildirilmiştir^{3,16,17}.

T.officinale'nin antimikrobiyal etkileri farklı yöntemlerle incelenmiştir. Agar kuyu difüzyon yönteminde çiçek, yaprak ve kökün su, etil asetat, diklorometan ve metanol ekstraktları *P.aeruginosa*'ya karşı inhibitör etki göstermemiştir⁷. Çalışmamızda agar kuyu difüzyon yöntemine göre metanolik çiçek, yaprak ve kök ekstraktlarının inhibisyon zonu *P.aeruginosa*'da 8–13 mm ölçülmüştür. Başka bir çalışmada disk difüzyon yönteminde metanolik çiçek ekstraktlarının *E.coli*, *S.aureus*, *E.faecalis* ve *P.aeruginosa*'da zon oluşturmadığı bildirilirken, çalışmamızda *E.coli*, *S.aureus* ve *P.aeruginosa*'da 6–8 mm, *Enterococcus* spp.'de 6–10 mm inhibisyon zonu ölçülmüştür⁶. Çalışmalar arasındaki farklılıklar; bitkilerin yetiştiği çevresel koşullar, fizyolojik yaş, sekonder metabolit içerikleri, ekstraksiyon yöntemleri, çözücü saflığı ve antimikrobiyal duyarlılık testlerindeki optimizasyon farklılıkları ile ilişkili olabilir.

T.officinale'nin antimikrobiyal aktivitesini araştıran çalışmalarda ekstraksiyon aşamasında çeşitli çözücüler kullanılmıştır. Disk difüzyon yöntemi kullanılan çalışmada, etil asetatlı çiçek ekstraktları *E.coli* ve *S.aureus*'ta 16 mm, *Salmonella Typhi*'de 14 mm, *Bacillus cereus*'ta 18 mm inhibisyon zonu oluşturmuştur¹⁸. Sıvı mikrodilüsyon yöntemi kullanılan çalışmada, hekzan ekstraktlarının minimum inhibitör konsantrasyon (MİK) değeri *S.aureus*'ta 200 µg/mL, *E.coli* ve *Klebsiella pneumoniae*'de 400 µg/mL ve *Proteus mirabilis*'te 800 µg/mL olarak belirlenmiştir. Etil asetat ekstraktları sadece *E.coli*'ye etki göstermiş ve MİK değeri 1600 µg/mL olarak bildirilmiştir¹⁵. Başka bir çalışmada aseton ekstraktlarının MİK değeri *E.coli* ve *Serratia marcescens*'te 1 mg/mL, *S.aureus* ve *Proteus vulgaris*'te 5 mg/mL, *B.subtilis*'te 7 mg/mL olarak gözlenmiştir¹⁹. Diğer çalışmada etanolik yaprak ekstraktlarının *E.coli* ve *S.aureus* üzerinde konsantrasyona bağlı inhibisyon gösterdiği, sulu ekstraktların ise yalnızca *E.coli*'ye karşı etkili olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılar etanol ekstraktının sulu ekstraktan daha etkili olduğunu, *E.coli*'nin ekstraktlara karşı en duyarlı bakteri olduğunu vurgulamışlardır²⁰. Çalışmamızda etanolik ekstraktların daha etkili olduğu ve önceki çalışmanın aksine etanolik yaprak ekstraktlarında *P.aeruginosa*'ya karşı da antibakteriyel etki gözlenmiştir²⁰. Ayrıca etanolik yaprak ekstraktları VRE, SPA ve ESBL negatif *E.coli* dışındaki izolatlara karşı da antibakteriyel etki göstermiştir. Etanolik yaprak ekstraktları VSE izolatlarında yalnızca agar kuyu difüzyon yöntemiyle etkili bulunmuştur. Çalışmalar arasındaki farklılık ekstraksiyon yönteminden kaynaklanmış olabilir. Ayrıca, çalışmamızda Soxhlet ekstraksiyonuyla hazırlanan ekstraktlar yoğun bakım ünitelerinde

ciddi enfeksiyon ve yüksek mortalite ile ilişkili MRSA ve VRE izolatlarına karşı antibakteriyel etki göstermiştir.

Etanolik ve metanolik ekstraktlar arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark gözlenmemesi, çözücü tipinin tek başına belirleyici bir faktör olmayabileceğini düşündürmektedir. Her iki yöntemde de etanolik ve metanolik çiçek ekstraktlarında diğer kısımlara göre daha yüksek antibakteriyel aktivite ve ekstraksiyon verimi gözlenmiştir. Bu durum, çiçek kısmının biyoaktif bileşikler açısından daha zengin olabileceğini desteklemektedir. Ekstraktların *S.aureus*'a karşı antibakteriyel aktivitesi diğer bakterilere göre daha belirgin bulunurken, *Enterococcus spp.*'de diğer bakterilere göre daha geniş inhibisyon zonları gözlenmiştir. Bu durumun, gram-pozitif bakterilerin geçirgen hücre duvar yapısı nedeniyle fenolik bileşiklere daha duyarlı olmasından kaynaklandığı düşünülmüştür. DMSO'nun *E.coli* ve *P.aeruginosa*'da inhibitör etkisi gözlenmiş olup bu durum literatürde de bildirilmiştir^{21,22}. Bu nedenle antimikrobiyal etkinlik verileri değerlendirilirken DMSO'nun inhibisyon zonları üzerindeki etkisi dikkate alınmalıdır.

Standart suşlar klinik izolatlar karşılaştırıldığında, inhibisyon zonlarının benzer dağılım sergilediği ancak zon çaplarının suşlara göre değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir. Bu durum antibakteriyel etkinliğin yalnız bitki kısmına değil, bakterilerin fenotipik ve genotipik özelliklerine de bağlı olabileceğini düşündürmektedir. *S.aureus* ATCC 29213 suşunda çiçek ekstraktlarının, özellikle agar kuyu difüzyon yönteminde, daha geniş zonlar oluşturmaları, gram-pozitif bakteriler üzerindeki etkinliğin daha belirgin olabileceğini göstermektedir. Buna karşılık, *E.faecalis* ATCC 29212 suşunda çiçek ekstraktlarının daha düşük zonlar oluşturmaları, gram-pozitif bakterilerde tür düzeyinde farklılıklar olabileceğini göstermektedir. *E.coli* ATCC 25922 ve *P.aeruginosa* ATCC 27853 gibi gram-negatif suşlarda tüm ekstraktların klinik izolatlara göre daha geniş zonlar oluşturmaları klinik izolatlardaki ek direnç mekanizmalarının ekstrakt etkinliğini sınırlayabileceğini düşündürmektedir.

Fenolik bileşikler, flavonoidler, fenolik asitler, tanenler ve stilbenler gibi bitki kaynaklı sekonder metabolitlerin antimikrobiyal etkiye sahip olduğu bilinmektedir²³. Metanolik ekstraktlarda gözlenen yüksek antimikrobiyal aktivite, fenolik bileşiklerin daha yüksek ekstraksiyon verimi ile ilişkili olabilir. Bir çalışmada *T.officinale*'nin TPC ve TFC içerikleri sırasıyla 23.58 ± 0.97 mg GAE/g ekstrakt ve 7.76 ± 0.81 mg KE/g ekstrakt olarak bildirilmiştir²⁴. Çalışmamızda elde edilen daha yüksek TPC ve TFC değerleri, ekstraksiyon yöntemleri arasındaki farklılıklardan kaynaklanabilir ve Soxhlet ekstraksiyon yönteminin flavonoid ekstraksiyonunda etkili olabileceğini düşündürmektedir. Başka bir çalışmada, farklı çözücülerle hazırlanan ekstraktların *P.mirabilis* ve *P.vulgaris*'e karşı antibakteriyel etki gösterdiği ve sulu ekstraktlarda metanolik ekstraktlara göre daha yüksek flavonoid içeriği bulunabileceği bildirilmiştir²⁵. Çalışmamızda etanolik ekstraktlarda daha yüksek TPC ve TFC değerleri ile antioksidan kapasitenin gözlenmesi, fenolik bileşiklerin bu ekstraktların antibakteriyel ve antioksidan etkinliğinde rol oynayabileceğini düşündürmektedir.

Çalışmamızda *T.officinale* ekstraktlarının antibakteriyel aktivitesi dört türe ait 40 klinik izolat ve dört standart suşa karşı disk difüzyon yöntemi ve agar kuyu difüzyon yöntemi kullanılarak karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Agar kuyu difüzyon yönteminde

genellikle daha geniş inhibisyon zonları gözlenmiştir. Bu durum, ekstraktların agar içinde daha etkin difüzyonu ile ilişkili olabilir. Bitki ekstraktlarının antimikrobiyal etkinliğinin değerlendirilmesinde difüzyon ve mikrodilüsyon yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır²⁶. Difüzyon yöntemleri ön tarama çalışmalarında hızlı sonuç sağlamaları ve inhibisyon zonlarının doğrudan gözlemlenebilmesi nedeniyle sık tercih edilmektedir. Bununla birlikte, bitki ekstraktlarının kompleks yapısı sıvı mikrodilüsyon yöntemlerinde çökelti oluşumuna ve optik yoğunluk ölçümlerini ve yorumlamayı etkileyebilmektedir²⁷. Bu nedenle agar kuyu difüzyon yöntemi, ekstraktların doğrudan agar matrisi içinde değerlendirilmesine olanak sağlayan pratik bir yaklaşım sunmaktadır.

Difüzyon yöntemleri kantitatif veri sağlamamakta ve ekstraktların difüzyon özelliklerine bağlı değişkenlik gösterebilmektedir. Çalışmamızda MİK, minimum bakterisidal konsantrasyon ve sitotoksikite analizlerinin yapılmamış olması önemli bir sınırlılıktır.

Literatürde *T.officinale*'nin enfeksiyon ilişkili klinik kullanım alanlarına yönelik çalışmalar sınırlı sayıda olup enflamasyon ve yara iyileşmesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Rando-mize kontrollü bir klinik çalışmada *T.officinale* preparatının topikal uygulanmasının çene cerrahisi sonrası gelişen yüz şişliği ve ağız açıklığı kısıtlılığının azaltılmasında yararlı olduğu gösterilmiştir²⁸. *T.officinale* içeren D-mannoz bazlı kombinasyon preparatının akut komplike olmayan *E.coli* üriner sistem enfeksiyonlarında klinik ve bakteriyolojik iyileşme sağladığı bildirilmiştir²⁹. Son yıllarda yapılan deneysel çalışmalarda ise *T.officinale* içeren hidrojel yara örtülerinin *S.aureus* ilişkili enfekte yara modellerinde enflamasyonu azalttığı, toksin nötralizasyonuna katkı sağladığı ve yara iyileşmesini hızlandırdığı gösterilmiştir³⁰. Çalışmamızda antibakteriyel aktivite ile birlikte TPC, TFC ve antioksidan kapasitenin birlikte araştırılmış olması, *T.officinale* ekstraktlarının enfeksiyon ilişkili enflamasyon, oksidatif stres ve doku hasarı üzerindeki olası etkilerine yönelik gelecekte yapılacak klinik çalışmalara katkı sağlayabilecek veriler sunabilir.

Sonuç olarak, çalışmamız Soxhlet ekstraksiyon yöntemiyle hazırlanan *T.officinale* ekstraktlarının antibakteriyel etkinliğini klinik dirençli izolatlar üzerinde değerlendiren ve bitkinin farklı kısımlarını karşılaştıran sınırlı sayıdaki çalışmalardan biri olup yöntemsel açıdan katkı sağlayabilecek veriler sunmaktadır. Özellikle çiçek ekstraktları dirençli bakteriler dahil olmak üzere yüksek antibakteriyel aktivite göstermiştir. Disk difüzyon ve agar kuyu difüzyon yöntemleri arasında gözlenen farklılıklar, bitki ekstraktlarının antimikrobiyal etkinliğinin değerlendirilmesinde standart yöntem ihtiyacını göstermektedir. Bitkisel ürünlerin potansiyel sitotoksik etkileri göz önünde bulundurulmalı ve standartlaştırılmamış bitkisel tedaviler tıbbi tedavinin yerine kullanılmamalıdır.

ETİK KURUL ONAYI

Bu çalışma, Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından onaylanmıştır (Tarih: 26.07.2024 ve Karar No: 2024/12.07).

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar bu makale ile ilgili herhangi bir çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

KAYNAKLAR

1. Salam MA, Al-Amin MY, Salam MT, Pawar JS, Akhter N, Rabaan AA, et al. Antimicrobial resistance: A growing serious threat for global public health. *Healthcare (Basel)* 2023; 11(13): 1946. <https://doi.org/10.3390/healthcare11131946>
2. Al-Sheikh HM, Sultan I, Kumar V, Rather IA, Al-Sheikh H, Jan TA, et al. Plant-based phytochemicals as possible alternative to antibiotics in combating bacterial drug resistance. *Antibiotics (Basel)* 2020; 9(8): 480. <https://doi.org/10.3390/antibiotics9080480>
3. Valenzuela MEM, Díaz Peralta K, Jorquera Martínez L, Chamy Maggi R. *Taraxacum* genus: Potential antibacterial and antifungal activity. In: Builders P, editor. *Herbal medicine*. IntechOpen; 2018. <https://doi.org/10.5772/intechopen.71619>
4. Büyüktuncel E. Gelişmiş ekstraksiyon teknikleri I. Hacettepe Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi 2012; 32(2): 209-42. <https://izlik.org/JA32DE46LG>
5. Acemi A, Duruksu G, Özen F. Cytostatic effects of methanolic extracts of *Amsonia orientalis* Decne. on MCF-7 and DU145 cancer cell lines. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 2017; 45(1): 36-42. <https://doi.org/10.15835/nbha45110576>
6. Semerci AB, İnceçayır D, Tunç K, Sağıroğlu M. Antimicrobial activity of different flower extracts. *Curr Pers MAPs* 2019; 2: 53-8. <https://doi.org/10.38093/cupmap.585933>
7. Amin Mir M, Sawhney SS, Jassal MS. Antimicrobial activity of various extracts of *Taraxacum officinale*. *J Microb Biochem Technol* 2016; 8: 210-5. <https://doi.org/10.4172/1948-5948.1000287>
8. Johari MA, Khong HY. Total phenolic content and antioxidant and antibacterial activities of *Pereskia bleo*. *Adv Pharmacol Sci* 2019; 7428593. <https://doi.org/10.1155/2019/7428593>
9. Phuyal N, Jha PK, Raturi PP, Rajbhandary S. Total phenolic, flavonoid contents, and antioxidant activities of fruit, seed, and bark extracts of *Zanthoxylum armatum* DC. *Sci World J* 2020; 8780704. <https://doi.org/10.1155/2020/8780704>
10. Nartey D, Gyasi JN, Borquaye LS. Chemical composition and biological activities of the essential oils of *Chrysophyllum albidum* G. Don (African Star Apple). *Biochem ResInt* 2021; 9911713. <https://doi.org/10.1155/2021/9911713>
11. Sharifi-Rad M, Roberts TH, Matthews KR, Bezerra CF, Morais-Braga M, Coutinho HDM, et al. Ethnobotany of the genus *Taraxacum* -Phytochemicals and antimicrobial activity. *Phytother Res* 2018; 32(11): 2131-45. <https://doi.org/10.1002/ptr.6157>
12. Wat CK, Johns T, Towers GH. Phototoxic and antibiotic activities of plants of the Asteraceae used in folk medicine. *J Ethnopharmacol* 1980; 2(3): 279-90. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(80\)81006-3](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(80)81006-3)
13. Qian L, Zhou Y, Teng Z, Du CL, Tian C. Preparation and antibacterial activity of oligosaccharides derived from dandelion. *Int J Biol Macromol* 2014; 64: 392-4. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2013.12.031>
14. Wang HB. Cellulase-assisted extraction and antibacterial activity of polysaccharides from the dandelion *Taraxacum officinale*. *Carbohydr Polym* 2014; 103: 140-2. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.12.029>
15. Díaz K, Espinoza L, Madrid A, Pizarro L, Chamy R. Isolation and identification of compounds from bioactive extracts of *Taraxacum officinale* Weber ex F. H. Wigg. (Dandelion) as a potential source of antibacterial agents. *Evid Based Complement Alternat Med* 2018; 2706417. <https://doi.org/10.1155/2018/2706417>
16. Hao F, Deng X, Yu X, Wang W, Yan W, Zhao X, et al. *Taraxacum*: A review of ethnopharmacology, phytochemistry and pharmacological activity. *Am J Chin Med* 2024; 52(1): 183-215. <https://doi.org/10.1142/S0192415X24500083>
17. Zaki A, Shaaban M, Hashish N, Amer M, Lahloub M. Assessment of anti-quorum sensing activity for some ornamental and medicinal plants native to Egypt. *Sci Pharm* 2013; 81(1): 251-8. <https://doi.org/10.3797/scipharm.1204-26>
18. Ghaima KK, Hashim NM, Ali SA. Antibacterial and antioxidant activities of ethyl acetate extract of nettle (*Urtica dioica*) and dandelion (*Taraxacum officinale*). *J Appl Pharm Sci* 2013; 3(5): 96-9.
19. Jaca TP, Kambizi L. Antibacterial properties of some wild leafy vegetables of the Eastern Cape Province, South Africa. *J Med Plants Res* 2011; 5(13): 2624-8.

20. Oseni LA, Yussif I. Screening ethanolic and aqueous leaf extracts of *Taraxacum officinale* for in vitro bacteria growth inhibition. *J Pharm Biomed Sci* 2012; 20: 6.
21. Yahya MFZR, Alias Z, Karsani SA. Antibiofilm activity and mode of action of DMSO alone and its combination with afatinib against Gram-negative pathogens. *Folia Microbiol* 2018; 63(1): 23-30. <https://doi.org/10.1007/s12223-017-0532-9>
22. Deutch CE. Inhibition of urease activity in the urinary tract pathogens *Staphylococcus saprophyticus* and *Proteus mirabilis* by dimethyl sulfoxide (DMSO). *J Appl Microbiol* 2020; 128(5): 1514-23. <https://doi.org/10.1111/jam.14560>
23. Chen X, Lan W, Xie J. Natural phenolic compounds: Antimicrobial properties, antimicrobial mechanisms, and potential utilization in the preservation of aquatic products. *Food Chem* 2024; 440: 138198. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.138198>
24. Yılmaz A, Gözcü S. Antioxidant potential and phenolic content of *Taraxacum officinale* root extract. *Pharmata* 2025; 5(2): 33-7. <https://doi.org/10.62425/pharmata.1629878>
25. Chen B, Liu Y, Cock IE. *Taraxacum officinale* (L.) Weber ex F.H. Wigg root extracts inhibit the growth of bacterial triggers of selected autoimmune inflammatory diseases and potentiate the activity of conventional antibiotics. *Pharmacogn Commun* 2024; 14(3): 102-14. <https://doi.org/10.5530/pc.2024.3.17>
26. Balouiri M, Sadiki M, Ibnsouda SK. Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review. *J Pharm Anal* 2016; 6(2): 71-79. <https://doi.org/10.1016/j.jpha.2015.11.005>
27. Liu M, Seidel V, Katerere DR, Gray AI. Colorimetric broth microdilution method for the antifungal screening of plant extracts against yeasts. *Methods* 2007; 42(4): 325-9. <https://doi.org/10.1016/j.ymeth.2007.02.013>
28. Zhao S, Zhang J, Liu X, Guo K, Wang X. External application of dandelion combined with borneol effectively reduced pain and facial swelling after jaw surgery. *Medicine (Baltimore)* 2023; 102(38): e35258. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000035258>
29. Salvatore S, Ruffolo AF, Stabile G, Casiraghi A, Zito G, De Seta F. A randomized controlled trial comparing a new d-mannose-based dietary supplement to placebo for the treatment of uncomplicated *Escherichia coli* urinary tract infections. *Eur Urol Focus* 2023; 9(4): 654-9. <https://doi.org/10.1016/j.euf.2022.12.013>
30. Tan S, Liu Z, Cong M, Zhong X, Mao Y, Fan M, et al. Dandelion-derived vesicles-laden hydrogel dressings capable of neutralizing *Staphylococcus aureus* exotoxins for the care of invasive wounds. *J Control Release* 2024; 368: 355-71. <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2024.02.045>



Bu eser CC BY-NC Atıf-GayriTicari Türev Eser Yaratma 4.0 Uluslararası Lisansı kapsamında lisanslanmıştır.

Veri Paylaşım Beyanı: Bu çalışmanın bulgularını destekleyen veriler, makul talepler doğrultusunda sorumlu yazardan temin edilebilir.

©Telif Hakkı 2026 Mikrobiyoloji Bülteni'ne aittir. Makale metnine www.mikrobiyolbul.org web sayfasından ulaşılabilir.