

***Echinacea purpurea* (Linnaeus) Moench Bitkisinin Su ve Etanol Ekstraktlarının**

Antioksidan ve Antimikrobiyal Aktivitesinin Karşılaştırılması

Esin Akarsu Oruç¹ , Ayhan Beyazpolat² , İsmet Meydan³ , Sinan Mean⁴ 

Öz: Ekinezya (*E. purpurea* L.), antioksidan, antimikrobiyal ve immünomodülatör etkileriyle bilinen tıbbi bir bitkidir. Bu çalışmada, *E. purpurea* L. nın su ve etanol ekstraktlarının toplam fenolik ve flavonoid madde içeriği, DPPH radikal süpürme aktivitesi ve antimikrobiyal etkinliği karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Toplam fenolik madde içeriği Folin-Ciocalteu, toplam flavonoid madde içeriği alüminyum klorür kolorimetrik yöntemi ile belirlenmiş; antioksidan aktivite BHA referans alınarak DPPH yöntemiyle, antimikrobiyal aktivite ise disk difüzyon yöntemiyle spiramisin karşılaştırmalı olarak test edilmiştir. Toplam fenolik madde içeriği su ekstraktında 15,75±0,31 mg GAE/g, etanol ekstraktında 17,80±0,60 mg GAE/g; toplam flavonoid içeriği ise sırasıyla 16,16±0,37 ve 17,12±0,74 mg QE/g olarak bulunmuştur. DPPH testinde etanol ekstraktı, test edilen tüm konsantrasyonlarda (50–1000 µg/mL) su ekstraktına kıyasla daha yüksek inhibisyon göstermiş, 1000 µg/mL'de %92,13 değerine ulaşmıştır (BHA: %96,45). Antimikrobiyal değerlendirmede su ekstraktı yalnızca *Pseudomonas aeruginosa*'ya karşı sınırlı etki gösterirken, etanol ekstraktı *Bacillus cereus* ve *Bacillus subtilis*'e karşı da inhibisyon oluşturmuştur. Elde edilen bulgular, etanol ekstraksiyonunun *E. purpurea* L. dan biyoaktif bileşen eldesinde su ekstraksiyonuna kıyasla genel olarak daha etkili olduğunu, ancak bu üstünlüğün parametreye göre değişkenlik gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Anahtar kelimeler: Antimikrobiyal aktivite, DPPH, *Echinacea purpurea*, fenolik içerik, flavonoid içerik.

Comparison of the Antioxidant and Antimicrobial Activities of Aqueous and Ethanolic Extracts of *Echinacea purpurea* (Linnaeus) Moench

Abstract: *Echinacea* (*E. purpurea* L.) is a medicinal plant known for its antioxidant, antimicrobial, and immunomodulatory properties. In this study, the total phenolic content (TPC), total flavonoid content (TFC), DPPH radical scavenging activity, and antimicrobial efficacy of aqueous and ethanolic extracts of echinacea were comparatively evaluated. TPC was determined via the Folin-Ciocalteu assay, TFC using the aluminum chloride colorimetric method, antioxidant capacity by the DPPH assay relative to BHA, and antimicrobial activity through disk diffusion compared with spiramycin. TPC values were 15.75 ± 0.31 and 17.80 ± 0.60 mg GAE/g, while TFC values were 16.16 ± 0.37 and 17.12 ± 0.74 mg QE/g for aqueous and ethanolic extracts, respectively. Across all tested concentrations (50–1000 µg/mL), the ethanolic extract exhibited stronger DPPH inhibition than the aqueous extract, reaching 92.13% at 1000 µg/mL (BHA: 96.45%). Antimicrobially, the aqueous extract showed limited efficacy solely against *Pseudomonas aeruginosa*, whereas the ethanolic extract additionally inhibited *Bacillus cereus* and *Bacillus subtilis*. Overall, ethanol extraction proved generally more effective than aqueous extraction for isolating bioactive compounds from echinacea, though the degree of superiority varied by parameter.

Keywords: Antimicrobial activity, DPPH, *Echinacea purpurea*, phenolic content, flavonoid content.

Geliş tarihi/Received: 11.08.2026 Kabul Tarihi/Accepted: 22.09.2026

Makale Türü: Araştırma Makalesi

¹Öğr. Gör., Van Y.Y.Ü., Sağlık Hizmetleri M.Y.O., esinakarsuorunc@yyu.edu.tr, 0000-0003-4034-7351

²Öğr. Gör., Hakkari Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri M.Y.O., ayhanbeyazpolat@hakkari.edu.tr, 0000-0002-7222-0956

³Doç. Dr. Van Sağlık Hizmetleri M.Y.O., ismetmeydan@yyu.edu.tr, 0000-0001-5640-6665

⁴Sinan Mean, Serbest Yazar, sinanmean@hotmail.com, 0009-0004-8823-7527

Giriş

Bitkiler, fenolik bileşikler, flavonoidler, alkamidler ve polisakkaritler gibi ikincil metabolitleri sayesinde antioksidan, antimikrobiyal ve immünomodülatör etkiler gösteren zengin bir doğal kaynak grubudur. Serbest radikallerin yol açtığı oksidatif stres, diyabet, ateroskleroz, kardiyovasküler hastalıklar, kanser ve enflamasyon gibi birçok kronik hastalığın patogeneğinde rol oynadığından, bitkisel antioksidanların araştırılması güncel bilimsel ilginin odağındadır (Riaz vd., 2023).

Asteraceae familyasından Echinacea cinsi, Kuzey Amerika kökenli olup çok sayıda tür ve varyeteden oluşmakta ve günümüzde Avrupa'da da yaygın biçimde yetiştirilmektedir (Ozcan vd., 2025). Yerli Amerikan halkları tarafından yara, yanık, egzama, böcek ısırığı, yılan sokması, diş ağrısı, boğaz enfeksiyonu, öksürük, tüberküloz ve mide krampları gibi çeşitli rahatsızlıkların tedavisinde geleneksel olarak kullanılmıştır (Ozcan vd., 2025). Cins içinde en yaygın araştırılan ve ticari ürünlerde en sık kullanılan tür *Echinacea purpurea* L. (*E. purpurea* L.) olup, kök, yaprak, gövde ve çiçek gibi farklı organlarında biyoaktif bileşik içeriği ve biyolojik aktivite bakımından belirgin farklılıklar gösterdiği bildirilmiştir (Burlou-Nagy vd., 2023). Bitkinin biyolojik ve farmakolojik özelliklerini derleyen incelemelerde antienflamatuar, antioksidan, antimikrobiyal, antiviral, antitümöral ve yara iyileştirici etkilerin yeterince desteklendiği, ancak preparatların standardizasyonunun tür, bitki kısmı ve ekstraksiyon yöntemine göre farklılık göstermesinin klinik çalışmalar arası karşılaştırmayı güçleştirdiği vurgulanmıştır (Burlou-Nagy vd., 2022; Manayi vd., 2015).

Echinacea türlerinin biyolojik aktivitesinden sorumlu başlıca bileşikler arasında alkamidler, kafeik asit türevleri (sikorik ve kaftarik asit), flavonoidler ve inulin başta olmak üzere yüksek molekül ağırlıklı polisakkaritler bulunmaktadır (Ahmadi, 2024). Bu bileşiklerin makrofaj ve doğal öldürücü hücre aktivitesini artırarak sitokin üretimi ve fagositozu uyardığı, böylece doğal ve kazanılmış bağışıklık yanıtının modülasyonuna katkı sağladığı bildirilmiştir (Ahmadi, 2024). Alkilamidlerin solunum yolu virüslerinin replikasyonunu ve enflamatuar sitokin ekspresyonunu baskıladığı, bunun bitkinin geleneksel soğuk algınlığı tedavisindeki kullanımını moleküler düzeyde desteklediği ifade edilmiştir (Puchalski vd., 2025). Nitekim *E. purpurea* L. ekstraktının SARS-CoV-2'nin çeşitli varyantlarına (alfa, beta, gama, delta, omikron) karşı geniş spektrumlu antiviral etki gösterdiği ve bu etkinin spike proteini-TMPRSS-2 etkileşimini engelleme mekanizmasına dayandığı in vitro bir çalışmada ortaya konmuştur (Vimalanathan vd., 2022). Bunu destekleyecek şekilde, günlük 2400 mg *E. purpurea* L. ekstraktı kullanımının solunum yolu enfeksiyonları ve SARS-CoV-2 vakalarının önlenmesinde koruyucu etki sağladığı randomize kontrollü bir klinik çalışmada gösterilmiştir (Kolev vd., 2022). Çocuklarda üst solunum yolu enfeksiyonları ve otitis media üzerine dokuz randomize kontrollü çalışmayı kapsayan yakın tarihli bir meta-analizde, *E. purpurea* L. kullanımının tedavi süresini, enfeksiyon insidansını ve antibiyotik kullanımını anlamlı düzeyde azalttığı bildirilmiştir (Pham vd., 2025). Agronomi ve bileşen birikimini ele alan güncel bir derlemede, fenolik ve alkamid içeriğinin yetiştirme koşulları, hasat zamanı ve bitki organına göre değişkenlik göstermesinin standardizasyonu zorlaştırdığı belirtilmiştir (Basile vd., 2024). Benzer biçimde, çiçek ve yapraklardaki fenolik-flavonoid içeriğin toplama saatine ve organa göre değiştiği, sabah alınan örneklerde antioksidan kapasitenin daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Ozcan vd., 2025).

Fenolik ve flavonoid içerik, ekstraktların antioksidan kapasitesiyle yakından ilişkilidir ve genellikle DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) yöntemiyle değerlendirilmektedir (Doğan vd.,

2025). *E. purpurea* L. çiçek ekstraktlarında toplam fenolik ve flavonoid içeriğinin, HPLC ile belirlenen protokatekuik, kafeik, kumarik, klorojenik ve ferulik asit gibi bileşenlere dayandığı gösterilmiştir (Korcan vd., 2025). Aynı çalışmada su ekstraktlarının DPPH süpürme kapasitesinin metanol ekstraktlarından daha yüksek bulunması, çözücü polaritesinin ekstraksiyon verimliliğindeki belirleyici rolünü göstermektedir (Doğan vd., 2021; Korcan vd., 2025). *E. purpurea* L. toprak üstü aksamının HPLC-DAD-ESI/MS ile karakterize edildiği bir çalışmada yedi fenolik asit ve sekiz flavonoid tanımlanmış, en yüksek antimikrobiyal aktivite diklorometan, etil asetat ve aseton ekstraktlarında gözlenmiştir (Coelho vd., 2020).

Aynı doğrultuda *E. purpurea* L. köklerinden su, etanol ve gliserol ile hazırlanan ekstraktların karşılaştırıldığı bir çalışmada, su ekstraksiyonunun polisakkarit ve protein gibi polar bileşenler, etanol ekstraksiyonunun ise fenolik bileşenler açısından daha verimli olduğu; sikorik asidin başlıca fenolik asit olduğu bildirilmiştir (Petrova vd., 2023). Benzer şekilde, klasik yöntemle hazırlanan etanollü ekstraktların ultrason destekli ekstraksiyona kıyasla daha yüksek fenolik-flavonoid içeriğe ve daha güçlü DPPH aktivitesine sahip olduğu bildirilmiştir (Stanisavljević vd., 2009). Hidroalkolik echinacea ekstraktlarında fenolik, flavonoid ve alkilamid içeriğinin Folin-Ciocalteu ve $AlCl_3$ yöntemleriyle belirlendiği, DPPH ve ABTS ile değerlendirilen antioksidan kapasitenin bitki organına ve çözücü sistemine göre değiştiği rapor edilmiştir (Aarland vd., 2017). Yakın tarihli bir çalışmada, *E. purpurea* L. ekstraktlarının in vitro antioksidan kapasitesinin ORAC ve HORAC gibi tamamlayıcı yöntemlerle de değerlendirildiği, elektrokimyasal sonuçların spektrofotometrik bulguları desteklediği bildirilmiştir (Vlasheva vd., 2025).

Antimikrobiyal açıdan, Echinacea ekstraktlarının gram pozitif ve gram negatif bakteriler ile bazı maya ve küf türleri üzerinde inhibitör etki gösterdiği, ekstraksiyon yöntemi ve çözücünden bağımsız olarak *Candida albicans* ve *Saccharomyces cerevisiae* üzerinde belirgin inhibisyon sağladığı bildirilmiştir (Stanisavljević vd., 2009). Korcan vd. (2025) ise antimikrobiyal aktivitenin özellikle *P. aeruginosa* ve *Klebsiella pneumoniae* suşlarına karşı belirgin olduğunu bildirmiştir. Kuzey İtalya kökenli *E. purpurea* L.-propolis karışımının hidroalkolik solüsyonunun MİK ve zaman-öldürme kinetiği testleriyle değerlendirildiği bir çalışmada, solüsyonun 13 referans ve klinik izolat üzerinde güçlü antimikrobiyal etki gösterdiği, ancak bakteriyel hareketliliği (swimming/swarming) anlamlı etkilemediği bildirilmiştir (Garzoli vd., 2023).

Literatürde *E. purpurea* L.'nin fenolik profili, antioksidan kapasitesi ve antimikrobiyal etkinliği farklı organ, çözücü ve ekstraksiyon yöntemleri açısından değerlendirilmiş olmakla birlikte, su ve etanol ekstraktlarının bu parametreler açısından karşılaştırmalı olarak ele alındığı çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir (Stanisavljević vd., 2009; Petrova vd., 2023; Ozcan vd., 2025). Bu doğrultuda mevcut çalışmada, Echinacea'nın su ve etanol ekstraktlarında toplam fenolik ve flavonoid madde içeriğinin belirlenmesi, DPPH radikal süpürme aktivitesinin karşılaştırılması ve antimikrobiyal aktivitenin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Yöntem

Bitki Ekstraktının Analiz İçin Hazırlanması

Çalışmada kullanılan ekinezya (*E. purpurea* L.) yaprak örneği ticari kaynaktan temin edilmiş ve bir öğütücü yardımıyla toz haline getirilmiştir. Öğütülmüş bitki materyalinden 100'er g alınarak iki farklı ekstraksiyon prosedürü uygulanmıştır: sulu ekstrakt hazırlığı için 500 mL distile su, etanolik ekstrakt hazırlığı için ise eşit miktarda bitki materyali kullanılarak %80'lik 500 mL etanol ortamında, manyetik karıştırıcı yardımıyla oda sıcaklığında 3 gün süreyle maserasyona

birakılmıştır. Maserasyon sonrasında elde edilen ekstreler Whatman süzgeç kâğıdından süzülerek katı kalıntılardan arındırılmış ve rotary evaporatör kullanılarak 50°C'de çözücünden (su/etanol) ayrıştırılmıştır. Konsantre edilen ekstreler falkon tüplerine aktararak -80°C'de 5 gün bekletilmiş, ardından liyofilizatör cihazında -80°C'de 48 saat süreyle liyofilize edilerek kuru ekstrakt formunda analiz aşamasına kadar muhafaza edilmiştir (Koçak vd., 2020).

Toplam Fenolik Madde Tayini

E. purpurea L. su ve etanol ekstraktlarının toplam fenolik madde miktarı, Folin-Ciocalteu yöntemiyle, Karimi vd. (2022)'nin bildirdiği prosedür temel alınarak spektrofotometrik olarak belirlenmiştir. Sonuçlar gallik asit eşdeğeri (GAE) cinsinden ifade edilmiştir. Bu amaçla 50, 100, 200, 400 ve 800 µg/mL konsantrasyonlarında gallik asit standart çözeltileri hazırlanmıştır. Standart çözeltiler ve *E. purpurea* L. ekstraktlarından alınan 40 µL örnek üzerine sırasıyla 1160 µL saf su, 200 µL Folin-Ciocalteu reaktifi ve 600 µL %20'lik Na₂CO₃ çözeltisi eklenmiştir. Hazırlanan karışımlar oda sıcaklığında karanlık ortamda 2 saat inkübe edildikten sonra absorbans değerleri 765 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak okunmuş ve gallik asit kalibrasyon eğrisinden yararlanılarak toplam fenolik madde içeriği mg GAE/g ekstrakt cinsinden hesaplanmıştır.

Toplam Flavonoid Madde Tayini

E. purpurea L. su ve etanol ekstraktlarının toplam flavonoid içeriği, Chang vd. (2002) tarafından geliştirilen alüminyum klorür kolorimetrik yöntemi kullanılarak tayin edilmiştir. Sonuçlar kuersetin eşdeğeri (QE) cinsinden ifade edilmiştir. Kalibrasyon için 50, 100, 200, 400 ve 800 µg/mL konsantrasyonlarında kuersetin standart çözeltileri hazırlanmıştır. Standart çözeltiler ve ekstraktlardan alınan 1 mL örnek üzerine sırasıyla 3 mL metanol, 0,2 mL %10'luk AlCl₃ çözeltisi, 0,2 mL 1M potasyum asetat (CH₃COOK) ve 5,6 mL distile su eklenmiştir. Karışımlar oda sıcaklığında 30 dakika inkübe edildikten sonra absorbans değerleri 415 nm'de ölçülmüş ve kuersetin kalibrasyon eğrisi kullanılarak toplam flavonoid içeriği hesaplanmıştır.

Antioksidan Aktivite (DPPH)

E. purpurea L. ekstraktlarının DPPH serbest radikal süpürme aktivitesi, Blois (1958) ve Koçak vd. (2020) tarafından tarif edilen yöntemle dayanılarak belirlenmiştir. Metanol içerisinde 0,1 mM konsantrasyonda DPPH çözeltisi hazırlanmıştır. Ekstraktlar 50, 100, 250, 500 ve 1000 µg/mL konsantrasyonlarında hazırlanmış ve her bir konsantrasyondan 3 mL alınarak eşit hacimde DPPH çözeltisiyle karıştırılmıştır. Karışımlar oda sıcaklığında ve karanlık ortamda 30 dakika inkübe edildikten sonra absorbans değerleri 517 nm'de spektrofotometrik olarak kaydedilmiştir. Örneklerle ait absorbans değerleri kontrol grubuyla kıyaslanarak değerlendirilmiş, serbest radikal giderim aktivitesi (% inhibisyon) aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır:

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

Ekstraktların DPPH radikal süpürme aktiviteleri, deneysel tekrarlanabilirliği ve ölçüm hassasiyetini sağlamak amacıyla üç teknik paralel (n=3) halinde ölçülmüş olup, karşılaştırma amacıyla standart antioksidan olarak bütillenmiş hidroksianizol (BHA) kullanılmıştır.

Antimikrobiyal Analiz

E. purpurea L. ekstraktlarının antimikrobiyal etkinliğini değerlendirmek amacıyla, biri gram-negatif iki bakteri türü *Escherichia coli* (*E. coli*) ATCC 25922 ve *Pseudomonas aeruginosa* (*P. Aeruginosa*) ATCC 27853, gram-pozitif üç bakteri türü *Bacillus cereus* (*B. Cereus*) ATCC 10876, *Bacillus subtilis* (*B. Subtilis*) ATCC 6633 ve *Staphylococcus aureus* (*S. Aureus*) ATCC

29213 olmak üzere toplam beş standart mikroorganizma suşu test edilmiştir. Çalışmada kullanılan referans suşlar Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Laboratuvarı'ndan sağlanmıştır. Antimikrobiyal duyarlılık testlerinde pozitif kontrol olarak, özellikle Gram-pozitif bakterilere ve belirli Gram-negatif patojenlere karşı bilinen geniş spektrumlu etkinliği ve ticari standardizasyonu nedeniyle bir makrolid antibiyotik olan spiramisin seçilmiştir. *E. purpurea* L. ekstraktlarının antimikrobiyal aktivitesi, boş (steril) diskler kullanılarak disk difüzyon yöntemiyle, Okumuş ve Meydan (2016)'nın tarif ettiği prosedüre uygun şekilde gerçekleştirilmiştir.

İstatistiksel Analiz

Tüm deneysel analizler üç teknik paralel ($n=3$) halinde gerçekleştirilmiştir. Toplam fenolik ve flavonoid madde miktarları sırasıyla gallik asit ve kuersetin kalibrasyon doğrularının regresyon denklemlerinden yararlanılarak hesaplanmış ve veriler ortalama $\pm$ standart sapma (Ortalama $\pm$ SS) olarak sunulmuştur. DPPH radikal süpürme aktivitesi yüzde inhibisyon (% inhibisyon) olarak ifade edilmiştir. Matematiksel hesaplamalar ve grafikler Microsoft Excel yazılımı kullanılarak hazırlanmıştır.

Bulgular

Toplam Fenolik ve Flavonoid İçerik

E. purpurea L. bitkisinden hazırlanan su ve etanol ekstraktlarının toplam fenolik madde içerikleri gallik asit eşdeğeri (mg GAE/g ekstrakt) cinsinden toplam flavonoid madde içeriği ise kuersetin eşdeğeri (mg QE/g ekstrakt) olarak değerlendirilmiş olup tablo 1'de sunulmuştur. Toplam fenolik madde içeriği su ekstraktında $15,75 \pm 0,31$ mg GAE/g ekstrakt, etanol ekstraktında ise $17,80 \pm 0,60$ mg GAE/g ekstrakt olarak bulunmuştur. Toplam flavonoid madde içeriği ise su ekstraktında $16,16 \pm 0,37$ mg QE/g ekstrakt, etanol ekstraktında $17,12 \pm 0,74$ mg QE/g ekstrakt olarak tespit edilmiştir. Her iki parametre için de etanol ekstraktı, su ekstraktına kıyasla nispeten daha yüksek değerler göstermiştir.

Tablo 1

E. purpurea L. su ve etanol ekstraktlarının toplam fenolik ve toplam flavonoid madde içerikleri

Parametre	Su Ekstraktı	Etanol Ekstraktı
Toplam Fenolik İçerik (mg GAE/g ekstrakt)	$15,75 \pm 0,31$	$17,80 \pm 0,60$
Toplam Flavonoid İçerik (mg QE/g ekstrakt)	$16,16 \pm 0,37$	$17,12 \pm 0,74$

$\pm$: Ortalama standart sapma

DPPH Serbest Radikal Giderme Aktivitesi

E. purpurea L. su ve etanol ekstraktlarının DPPH serbest radikal giderme aktivitesi, standart antioksidan BHA ile karşılaştırmalı olarak 50–1000 $\mu\text{g/mL}$ konsantrasyon aralığında değerlendirilmiş olup elde edilen % inhibisyon değerleri Tablo 2'de sunulmuştur. Her iki ekstrakt de konsantrasyona bağımlı bir inhibisyon artışı sergilemiştir. En düşük konsantrasyonda (50 $\mu\text{g/mL}$) su ekstraktı %7,1, etanol ekstraktı %13,43 inhibisyon gösterirken, BHA aynı konsantrasyonda %91,59 gibi çok daha yüksek bir değere ulaşmıştır. Konsantrasyon arttıkça her iki ekstraktın inhibisyon değerleri de belirgin şekilde yükselmiş; 1000 $\mu\text{g/mL}$ konsantrasyonda su

ekstraktı %87,93, etanol ekstraktı %92,13 inhibisyon değerine ulaşmış, BHA ise %96,45 inhibisyon göstermiştir. Test edilen tüm konsantrasyonlarda etanol ekstraktının su ekstraktına kıyasla daha yüksek radikal giderme aktivitesi sergilediği, ancak her iki ekstraktın da BHA'nın gerisinde kaldığı gözlenmiştir.

Tablo 2

E. purpurea L. su ve etanol ekstraktları ile BHA'nın DPPH radikal giderme aktivitesi

Konsantrasyon (µg/mL)	BHA (% inhibisyon)	Su Ekstraktı (% inhibisyon)	Etanol Ekstraktı (% inhibisyon)
50	91.59	7.10	13.43
100	92.36	45.33	66.21
250	93.19	69.47	83.49
500	94.14	81.01	90.95
1000	96.45	87.93	92.13

Antimikrobiyal aktivite

E. purpurea L. su ve etanol ekstraktlarının antimikrobiyal aktivitesi, disk difüzyon yöntemiyle beş standart mikroorganizma suşuna karşı değerlendirilmiş ve standart antibiyotik spiramisin ile karşılaştırılmış olup elde edilen inhibisyon zonu çapları (mm) Tablo 3'te sunulmuştur. Su ekstraktı test edilen suşlar arasından yalnızca *P. aeruginosa* ATCC 27853'e karşı sınırlı bir inhibisyon zonu ($8 \pm 0,1$ mm) oluşturmuş, diğer dört suşa (*B. cereus*, *B. subtilis*, *E. coli*, *S. aureus*) karşı herhangi bir inhibisyon göstermemiştir. Etanol ekstraktı ise *B. cereus* ATCC 10876 ($12 \pm 0,2$ mm), *B. subtilis* ATCC 6633 ($8 \pm 0,1$ mm) ve *P. aeruginosa* ATCC 27853 ($8 \pm 0,4$ mm) üzerinde inhibisyon oluşturmuş, ancak *E. coli* ATCC 25922 ve *S. aureus* ATCC 29213'e karşı etkisiz kalmıştır. Spiramisin ise *B. cereus* ($21 \pm 0,7$ mm), *B. subtilis* ($26 \pm 0,2$ mm) ve *E. coli* ($13 \pm 0,1$ mm) üzerinde belirgin inhibisyon zonları oluştururken, *P. aeruginosa*'ya karşı etkisiz kalmış; buna karşın test edilen ekstraktların hiçbirinin etkili olmadığı *S. aureus*'a karşı ($18 \pm 0,8$ mm) aktivite göstermiştir.

Tablo 3

E. purpurea L. su ve etanol ekstraktları ile spiramisin'in çeşitli mikroorganizmalar üzerindeki inhibisyon zonu çapları

Mikroorganizma	Ekstrakt + Su	Ekstrakt + Etanol	Spiramisin
<i>B. cereus</i> ATCC 10876	-	12 ± 0.2 mm	21 ± 0.7 mm
<i>B. subtilis</i> ATCC 6633	-	8 ± 0.1 mm	26 ± 0.2 mm
<i>E. coli</i> ATCC 25922	-	-	13 ± 0.1 mm
<i>P. aeruginosa</i> ATCC 27853	$8 \pm 0,1$ mm	8 ± 0.4 mm	-
<i>S. aureus</i> ATCC 29213	-	-	18 ± 0.8 mm

mm: bakteri kültürü üzerinde oluşan inhibisyon zonunun çapı milimetre cinsinden verilmiştir.

"-": İnhibisyon zonu gözlenmemiştir.

Tartışma ve Sonuç

Elde edilen bulgular bir bütün olarak değerlendirildiğinde, *E. purpurea* L. bitkisinin fenolik ve flavonoid içeriği, antioksidan kapasitesi ve antimikrobiyal etkinliği açısından etanol ekstraktının su ekstraktına genel bir üstünlük sergilediği, ancak bu üstünlüğün parametreden parametreye değişen bir büyüklükte kaldığı görülmektedir. Toplam fenolik madde içeriğinde etanol ekstraktının su ekstraktına kıyasla yaklaşık %13 oranında daha yüksek değer göstermesi, *E. purpurea* L. nın fenolik profilini oluşturan başlıca bileşiklerin (özellikle sikorik asit ve kaftarik asit gibi kafeik asit türevlerinin) orta düzeyde polar bir yapıya sahip olması ve bu nedenle hem suda hem de etanolde kısmen çözünbilmesiyle açıklanabilir. Bulgaristan kökenli bir çalışmada *E. purpurea* L. köklerinden hazırlanan ekstraktlarda en yüksek ekstraksiyon veriminin su ile elde edilmesine karşın, fenolik bileşiklerin en etkin biçimde %40 etanol ve %60 gliserol ekstraktlarında geri kazanıldığına bildirilmesi (Petrova vd., 2023), organik çözücü içeren sistemlerin fenolik madde geri kazanımında saf suya kıyasla genel olarak daha etkili olduğu yönündeki eğilimi desteklemektedir. Bu eğilim, *E. purpurea* L. nın kuru toprak üstü aksamından %70 etanol ile hazırlanan ekstraktların ultrason destekli ekstraksiyona kıyasla %29 daha yüksek fenolik içerik sergilediğinin gösterildiği bir başka çalışmada da (Stanisavljević vd., 2009) doğrulanmaktadır. Öte yandan, fenolik madde içeriğinin bitki kısmına, hasat zamanına ve çözücü türüne göre geniş bir aralıkta değişebildiği de literatürde vurgulanmakta; *E. purpurea* L. çiçek ve yapraklarından metanol ve su ile hazırlanan ekstraktların karşılaştırıldığı yakın tarihli bir çalışmada su ekstraktının metanole kıyasla belirgin şekilde daha düşük fenolik değerler gösterdiğinin bildirilmesi (Ozcan vd., 2025), mevcut çalışmadaki su ekstraktı sonucunun çözücü polaritesiyle tutarlı olduğunu desteklemektedir.

Toplam flavonoid içeriği açısından da benzer yönde ancak daha sınırlı bir fark gözlenmiş olması, *E. purpurea* L. nin flavonoid profilini oluşturan bileşiklerin polarite bakımından fenolik bileşiklere kıyasla su ve etanol arasında daha dengeli bir dağılım sergileyebileceğine işaret etmektedir. Ozcan vd. (2025), yaprak ve çiçek örneklerinde çözücülerin genel ortalamasına göre en yüksek flavonoid veriminin metanol ekstraksiyonuyla elde edildiğini, su ekstraksiyonunun ise belirgin şekilde daha düşük kaldığını bildirmiştir; bu bulgu alkol bazlı çözücülerin flavonoid verimini artırma eğilimini desteklemekle birlikte, mevcut çalışmada gözlenen farkın bu örnekten daha sınırlı kalması, kullanılan bitki materyalinin kısmı, ekstraksiyon süresi ve sıcaklığı gibi metodolojik farklılıklara bağlanabilir. Burlou-Nagy vd. (2023) tarafından farklı referans standardı (rutin/kerasetin eşdeğeri) ve birim tanımı kullanılarak rapor edilen flavonoid değerleri ise, literatürdeki standardizasyon eksikliğinin çalışmalar arası doğrudan sayısal karşılaştırmayı güçleştiren önemli bir faktör olduğunu ortaya koymaktadır. Nitekim Chen vd. (2015) tarafından ekstraksiyon yönteminin *E. purpurea* L. çiçek ekstraktlarının biyoaktif bileşen içeriği üzerindeki etkisinin incelendiği çalışmada da, çözücü seçiminin yalnızca flavonoid miktarını değil, ekstraktın genel biyoaktivite profilini bütünüyle etkilediği gösterilmiştir.

Stanisavljević vd. (2009) tarafından %70 etanol ile hazırlanan ekstraktta bildirilen %93,6'lık DPPH süpürme aktivitesi, mevcut çalışmada en yüksek konsantrasyonda etanol ekstraktı için elde edilen değere oldukça yakın bulunmuş; benzer şekilde Lee vd. (2009) tarafından %55 etanol ile hazırlanan ekstraktta 500 µg/mL konsantrasyonda bildirilen %85,1'lik inhibisyon değeri de, mevcut çalışmadaki aynı konsantrasyon noktasındaki bulgularla büyük ölçüde tutarlı bir aralıkta yer almıştır. Bununla birlikte, Korcan vd. (2025) tarafından su ekstraktının DPPH% değerlerinin metanol ekstraktına kıyasla daha yüksek bulunduğu bildirilmesi, çözücü-aktivite

ilişkisinin her zaman tek yönlü ilerlemediğini, bitki organı, ekstraksiyon koşulları ve analiz protokolündeki farklılıkların da belirleyici olabileceğini göstermektedir; bu da *E. purpurea* L. üzerine yapılan antioksidan çalışmalarının sonuçlarını doğrudan genellemenin risklerine dikkat çekmektedir.

Antimikrobiyal aktivite bulguları ise, fenolik/flavonoid içerik ve antioksidan kapasitede gözlenen etanol lehine eğilimin, antibakteriyel etkinliğe daha sınırlı ve suşa özgü biçimde yansıdığını göstermektedir. Su ekstraktının test edilen suşların büyük çoğunluğuna karşı etkisiz kalması, etanol ekstraktının ise yalnızca belirli Gram-pozitif suşlar ile bir Gram-negatif suşa karşı aktivite sergilemesi, *E. purpurea* L. nın başlıca antimikrobiyal bileşenlerinin (alkilamidler, uçucu bileşenler) fenolik/flavonoid bileşiklere kıyasla daha apolar bir yapıya sahip olabileceğine ve bu nedenle su ile yeterince ekstrakte edilemediğini ile açıklanabilir. Stanisavljević vd. (2009), klasik ve ultrason destekli ekstraksiyonla hazırlanan etanol ekstraktlarının çeşitli bakteri suşlarına karşı orta düzeyde inhibisyon zonları oluşturduğunu, buna karşın maya türlerine karşı çok daha güçlü bir etki gösterdiğini bildirmiş; bu bulgu, mevcut çalışmadaki sınırlı ve suşa özgü aktivite profiliyle kısmen örtüşmekle birlikte, mutlak zon çaplarındaki farklılıklar bitki materyalinin kısmı ve konsantrasyon farklarına bağlanabilir. Ahmadi (2024) tarafından hazırlanan derlemede de birçok suşun (*Acinetobacter baumannii*, *Klebsiella pneumoniae*, vankomisin dirençli *Enterococcus faecalis* dahil) farklı çalışmalarda *E. purpurea* L. preparatlarına görece dirençli bulunduğunun aktarılması, *E. purpurea* L. nın antibakteriyel etkinliğinin suşa, çözücüye ve konsantrasyona bağlı olarak tutarsız bir profil sergilediği yönündeki genel literatür gözlemini desteklemekte ve mevcut çalışmada su ekstraktının büyük ölçüde etkisiz kalmasıyla uyumlu bir tablo ortaya koymaktadır.

Bu çalışmada elde edilen bulgular, *E. purpurea* L. bitkisinden fenolik ve flavonoid bileşiklerin ekstraksiyonunda bu çalışma koşullarında etanolün su ekstraksiyonuna kıyasla daha etkili olduğunu, ancak bu farkın sınırlı düzeyde kaldığını göstermektedir; bu durum, *E. purpurea* L. nın fenolik profilini oluşturan bileşiklerin (sikorik asit, kaftarik asit gibi) polarite açısından su ile etanol arasında bir ara konumda yer almasıyla açıklanabilir. DPPH testinde etanol ekstraktı tüm konsantrasyonlarda (50–1000 µg/mL) su ekstraktına kıyasla daha yüksek inhibisyon göstermiş, ancak her iki ekstrakt da standart antioksidan BHA'nın gerisinde kalmıştır. Antimikrobiyal değerlendirmede su ekstraktı test edilen suşların büyük çoğunluğuna karşı etkisiz kalırken, etanol ekstraktı yalnızca belirli Gram-pozitif suşlar (*B. cereus*, *B. subtilis*) ile bir Gram-negatif suşa (*P. aeruginosa*) karşı sınırlı aktivite sergilemiştir; bu da *E. purpurea* L. nın başlıca antimikrobiyal bileşenlerinin apolar/orta polariteli yapısıyla, dolayısıyla su ile yeterince ekstrakte edilememesiyle uyumludur. Genel olarak, tüm parametrelerde etanol ekstraktının üstünlüğü çözücü seçiminin bioaktif bileşen profili üzerindeki belirleyici rolünü ortaya koymakta, ancak bitkisel ekstraktların sentetik referans standartlara (BHA, spiramisin) kıyasla daha zayıf ve değişken bir performans sergilediği de görülmektedir. Bulguların doğrulanması ve bileşen profilinin aydınlatılması için HPLC gibi ileri analitik yöntemlerle desteklenmiş çalışmalara ihtiyaç vardır.

Etik Kurul Onayı / Etik Bildirim: Bu çalışmada insan veya hayvan denek/materyali kullanılmadığından ve çalışma yalnızca ticari temin edilen bitkisel materyaller üzerinden yürütülen *in vitro* laboratuvar analizlerini kapsadığından etik kurul onayına gerek bulunmamaktadır.

Yazar Çıkar Çatışması Bilgisi: Bu çalışmada çıkar çatışması yoktur ve finansman desteği alınmamıştır.

Yazar Katkısı: Yazarlar makaleye eşit katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Kaynakça

- Aarland, R. C., Bañuelos-Hernández, A. E., Fragoso-Serrano, M., Sierra-Palacios, E. D. C., Díaz de León-Sánchez, F., Pérez-Flores, L. J., ... & Mendoza-Espinoza, J. A. (2017). Studies on phytochemical, antioxidant, anti-inflammatory, hypoglycaemic and antiproliferative activities of *E. purpurea* L. and *Echinacea angustifolia* extracts. *Pharmaceutical Biology*, 55(1), 649–656. <https://doi.org/10.1080/13880209.2016.1265989>.
- Ahmadi, F. (2024). Phytochemistry, mechanisms, and preclinical studies of *Echinacea* extracts in modulating immune responses to bacterial and viral infections: A comprehensive review. *Antibiotics*, 13(10), 947. <https://doi.org/10.3390/antibiotics13100947>
- Ahmadi, F., Kariman, K., Mousavi, M., & Rengel, Z. (2024). *Echinacea*: Bioactive compounds and agronomy. *Plants*, 13(9), 1235. <https://doi.org/10.3390/plants13091235>
- Bhakya, S., Muthukrishnan, S., Sukumaran, M., & Muthukumar, M. (2016). Biogenic synthesis of silver nanoparticles and their antioxidant and antibacterial activity. *Applied Nanoscience*, 6(5), 755–766. <https://doi.org/10.1007/s13204-015-0473-z>
- Blois, M. S. (1958). Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181(4617), 1199–1200. <https://doi.org/10.1038/1811199a0>
- Burlou-Nagy, C., Bănică, F., Jurca, T., Vicaș, L. G., Marian, E., Mureșan, M. E., Bácskay, I., Kiss, R., Fehér, P., & Pallag, A. (2022). *E. purpurea* L. (L.) Moench: Biological and pharmacological properties—A review. *Plants*, 11(9), 1244. <https://doi.org/10.3390/plants11091244>
- Burlou-Nagy, C., Bănică, F., Negrean, R. A., Jurca, T., Vicaș, L. G., Marian, E., Bácskay, I., Kiss, R., Fehér, P., Vicaș, S. I., Miere, F., Memete, A. R., & Pallag, A. (2023). Determination of the bioactive compounds from *E. purpurea* L. (L.) Moench leaves extracts in correlation with the antimicrobial activity and the in vitro wound healing potential. *Molecules*, 28(15), 5711. <https://doi.org/10.3390/molecules28155711>
- Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M., & Chern, J. C. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 10(3), 178–182. <https://doi.org/10.38212/2224-6614.2748>
- Chen, Y.-L., Sung, J.-M., & Lin, S.-D. (2015). Effect of extraction methods on the active compounds and antioxidant properties of ethanolic extracts of *E. purpurea* L. flower. *American Journal of Plant Sciences*, 6(1), 201–212. <https://doi.org/10.4236/ajps.2015.61023>
- Coelho, J., Barros, L., Dias, M. I., Finimundy, T. C., Amaral, J. S., Alves, M. J., Calhelha, R. C., Santos, P. F., & Ferreira, I. C. F. R. (2020). *E. purpurea* L. (L.) Moench: Chemical characterization and bioactivity of its extracts and fractions. *Pharmaceuticals*, 13(6), 125. <https://doi.org/10.3390/ph13060125>
- Doğan, D., & Meydan, İ. (2021). Antioxidant effect of *Achillea biebersteinii* in different extracts and extinguishing activity on DPPH. *Journal of Agriculture*, 4(1), 1–9.
- Doğan, D., Okumuş, E., & Meydan, İ. (2025). Plant-derived food antioxidants and their effects on health. *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(1), 39–55.

- Garzoli, S., Maggio, F., Vinciguerra, V., Rossi, C., Donadu, M. G., & Serio, A. (2023). Chemical characterization and antimicrobial properties of the hydroalcoholic solution of *E. purpurea* L. (L.) Moench. and propolis from Northern Italy. *Molecules*, 28(3), 1380. <https://doi.org/10.3390/molecules28031380>
- Karimi, F., Rezaei-Savadkouhi, N., Uçar, M., Aygun, A., Tiri, R. N. E., & Meydan, İ. (2022). Efficient green photocatalyst of silver-based palladium nanoparticles for methyl orange photodegradation, investigation of lipid peroxidation inhibition, antimicrobial, and antioxidant activity. *Food and Chemical Toxicology*, 169, 113406. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2022.113406>
- Koçak, Y., Oto, G., Meydan, İ., & Seçkin, H. (2020). Investigation of total flavonoid, DPPH radical scavenging, lipid peroxidation and antimicrobial activity of *Allium schoenoprasum* L. grown in the Van region. *Van Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*, 30(1), 147–155. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.674507>
- Kolev, E., Mircheva, L., Edwards, M. R., Johnston, S. L., Kalinov, K., Stange, R., Gancitano, G., Vanden Berghe, W., & Kreft, S. (2022). *E. purpurea* L. for the long-term prevention of viral respiratory tract infections during COVID-19 pandemic: A randomized, open, controlled, exploratory clinical study. *Frontiers in Pharmacology*, 13, 856410. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.856410>
- Korcan, S. E., Cankaya, N., Bulduk, I., Yalçın Azarkan, S., & Civi, S. I. (2025). First-time identification of the PPAT protein as a novel antibacterial target: Antimicrobial and antioxidant insights from *E. purpurea* L.. *ACS Omega*, 10(21), 21499–21509. <https://doi.org/10.1021/acsomega.5c00273>
- Lee, T. T., Chen, C. L., Shieh, Z. H., Lin, J. C., & Yu, B. (2009). Study on antioxidant activity of *E. purpurea* L. extracts and its impact on cell viability. *African Journal of Biotechnology*, 8(19), 5087–5093.
- Manayi, A., Vazirian, M., & Saeidnia, S. (2015). *Echinacea purpurea*: Pharmacology, phytochemistry and analysis methods. *Pharmacognosy Reviews*, 9(17), 63–72. <https://doi.org/10.4103/0973-7847.156353>
- Okumuş, E., & Meydan, İ. (2024). Antioxidant, anti-lipid peroxidation and antimicrobial effect of *Heracleum persicum*. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 11(2), 157–163. <https://doi.org/10.19159/tutad.1430715>
- Ozcan, B., Sen, N., Demiray, M. R., Bulduk, I., Sarihan, E. O., & Yildirim, M. U. (2025). Determination of morphogenetic and diurnal variability in phenolic and flavonoid content of *E. purpurea* L. (L.) Moench: A potential source of natural antioxidants. *Plant Foods for Human Nutrition*, 80, 88. <https://doi.org/10.1007/s11130-025-01315-w>
- Petrova, A., Ognyanov, M., Petkova, N., & Denev, P. (2023). Phytochemical characterization of purple coneflower roots (*E. purpurea* L. (L.) Moench) and their extracts. *Molecules*, 28(9), 3956. <https://doi.org/10.3390/molecules28093956>
- Pham, T. P., Vu, T. M., Doan, P. M., Nguyen, T. T., Bui, T. T., Ha, T. H., Hoang, T. K., Taufani, I. P., & Ha, H. A. (2025). Efficacy and safety of *E. purpurea* L. in treating upper respiratory infections and complications of otitis media in children: Systematic review

- and meta-analysis. *Clinical Nutrition ESPEN*, 67, 702–713. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2025.04.025>
- Puchalski, K., Gerstel, J. A., Jimoh, A., Shokoohinia, Y., & Langland, J. (2025). Effects of *E. purpurea* L. and alkylamides on respiratory virus replication and IL-8 expression in vitro. *Molecules*, 30(2), 386. <https://doi.org/10.3390/molecules30020386>
- Riaz, M., Khalid, R., Afzal, M., Anjum, F., Fatima, H., Zia, S., Rasool, G., Egbuna, C., Mtewa, A. G., Uche, C. Z., & Aslam, M. A. (2023). Phytobioactive compounds as therapeutic agents for human diseases: A review. *Food Science & Nutrition*, 11(6), 2500–2529. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3308>
- Stanisavljević, I., Stojićević, S., Veličković, D., Veljković, V., & Lazić, M. (2009). Antioxidant and antimicrobial activities of Echinacea (*E. purpurea* L.) extracts obtained by classical and ultrasound extraction. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 17(3), 478–483. [https://doi.org/10.1016/S1004-9541\(08\)60234-7](https://doi.org/10.1016/S1004-9541(08)60234-7)
- Vimalanathan, S., Shehata, M., Sadasivam, K., Delbue, S., Dolci, M., Pariani, E., D'Alessandro, S., & Pleschka, S. (2022). Broad antiviral effects of *E. purpurea* L. against SARS-CoV-2 variants of concern and potential mechanism of action. *Microorganisms*, 10(11), 2145. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10112145>
- Vlasheva, M., Katsarova, M., Kandilarov, I., Zlatanova-Tenisheva, H., Gardjeva, P., Denev, P., Atliev, K., Sadakova, N., Dimitrova, M., Kostadinov, I., & Dimitrova, S. (2025). Comparative study on extracts from traditional medicinal plants *E. purpurea* L. (L.) Moench and *Onopordum acanthium* (L.): Antioxidant activity in vitro and anxiolytic effect in vivo. *Pharmaceuticals*, 18(12), 1801. <https://doi.org/10.3390/ph18121801>

Extended Summary

E. purpurea L. Moench is a medicinal plant widely used because of its reported antioxidant, antimicrobial, antiviral, anti-inflammatory, and immunomodulatory properties. Its biological effects have been associated with bioactive compounds such as caffeic acid derivatives, flavonoids, alkamides, and polysaccharides. However, the amount and activity of these constituents may vary according to plant part, cultivation conditions, harvest time, extraction procedure, and especially solvent polarity. This variability complicates the standardization and comparison of *Echinacea* preparations. Therefore, the main problem addressed in this study was whether water and ethanol, two commonly used extraction solvents with different polarities, produce *E. purpurea* L. extracts that differ in their phenolic and flavonoid contents, antioxidant capacity, and antimicrobial activity. The study aimed to comparatively determine the total phenolic content, total flavonoid content, DPPH radical scavenging activity, and antibacterial effects of aqueous and ethanolic extracts of *E. purpurea* L.

Commercially obtained *E. purpurea* L. material was ground into powder, and 100 g portions were used for each extraction. The aqueous extract was prepared with 500 mL distilled water, whereas the ethanolic extract was prepared with 500 mL of 80% ethanol. Both mixtures were macerated for three days at room temperature with magnetic stirring. After filtration, the solvents were removed using a rotary evaporator at 50°C. The concentrated extracts were kept at -80°C for five days and then lyophilized for 48 h before analysis. Total phenolic content was measured by the Folin-Ciocalteu method and expressed as mg gallic acid equivalents per gram of extract (mg GAE/g). Total flavonoid content was determined by the aluminum chloride colorimetric method and expressed as mg quercetin equivalents per gram of extract (mg QE/g). Antioxidant activity was assessed by the DPPH assay at 50, 100, 250, 500, and 1000 µg/mL, with BHA as the reference antioxidant. Antimicrobial activity was evaluated by disk diffusion against *B. cereus*, *B. subtilis*, *E. coli*, *P. aeruginosa*, and *S. aureus*, using spiramycin as the positive control.

The findings showed that ethanol was more effective than water in recovering phenolic and flavonoid compounds. Total phenolic content was 15.75 ± 0.31 mg GAE/g in the aqueous extract and 17.80 ± 0.60 mg GAE/g in the ethanolic extract. Total flavonoid content was 16.16 ± 0.37 mg QE/g in the aqueous extract and 17.12 ± 0.74 mg QE/g in the ethanolic extract. Although the differences were moderate, both values were higher in the ethanolic extract. This pattern was more clearly reflected in the antioxidant assay. Both extracts demonstrated concentration-dependent DPPH radical scavenging activity, but the ethanolic extract produced higher inhibition at every concentration tested. At 50 µg/mL, inhibition was 7.10% for the aqueous extract and 13.43% for the ethanolic extract, compared with 91.59% for BHA. At 1000 µg/mL, the values increased to 87.93% and 92.13%, respectively, while BHA reached 96.45%. Thus, at high concentrations, the ethanolic extract approached the activity of the reference antioxidant more closely than the aqueous extract.

The antimicrobial results were selective and strain-dependent. The aqueous extract inhibited only *P. aeruginosa*, producing an 8 ± 0.1 mm inhibition zone. It showed no detectable inhibition against *B. cereus*, *B. subtilis*, *E. coli*, or *S. aureus*. In contrast, the ethanolic extract inhibited *B. cereus* with a 12 ± 0.2 mm zone, *B. subtilis* with an 8 ± 0.1 mm zone, and *P. aeruginosa* with an 8 ± 0.4 mm zone, while remaining inactive against *E. coli* and *S. aureus*. Spiramycin showed stronger activity against *B. cereus*, *B. subtilis*, *E. coli*, and *S. aureus*, but had no detectable

effect against *P. aeruginosa* under the assay conditions. These results indicate that the antimicrobial potential of *E. purpurea* L. cannot be predicted solely from total phenolic or flavonoid content and that susceptibility differs among microorganisms.

The overall superiority of the ethanolic extract may be explained mainly by differences in solvent polarity. Important *Echinacea* phenolics, including chicoric and caftaric acids, possess intermediate polarity and can be extracted by both water and ethanol, but hydroalcoholic systems may provide more efficient recovery of phenolic and flavonoid compounds. Previous studies cited in the article similarly report that alcoholic or hydroalcoholic solvents often yield higher phenolic levels and stronger antioxidant activity than water, although this relationship is not universal. Some studies have found higher antioxidant activity in aqueous extracts, showing that plant organ, extraction time, solvent concentration, analytical protocol, and growing conditions can modify the final chemical and biological profile. The concentration-dependent DPPH response observed here supports the view that the greater phenolic and flavonoid content of the ethanolic extract translates into a functional antioxidant advantage. Nevertheless, BHA remained more active, so the plant extracts cannot be considered equivalent to a purified synthetic antioxidant on the basis of this assay alone.

The antimicrobial findings also emphasize the importance of compounds beyond phenolics and flavonoids. *Echinacea* contains alkamides and other relatively less polar constituents that may contribute to antibacterial action and may be recovered more effectively with ethanol than with water. This may explain why the ethanolic extract acted against three strains whereas the aqueous extract was active against only one. However, the modest inhibition zones and lack of activity against *E. coli* and *S. aureus* show that *E. purpurea* L. has a limited and organism-specific antibacterial profile under the tested conditions.

In conclusion, the study demonstrates that 80% ethanol is generally more effective than water for obtaining *E. purpurea* L. extracts with higher phenolic and flavonoid contents and stronger DPPH radical scavenging activity. Ethanolic extraction also produced broader antibacterial activity, although the effect remained limited and strain-specific. The findings confirm that solvent choice is a major determinant of the bioactive profile and biological performance of *Echinacea* extracts. Future studies should use advanced analytical techniques such as HPLC to identify and quantify individual active compounds and should further investigate how extraction conditions, plant parts, and compound profiles influence antioxidant and antimicrobial efficacy.