

Bazı Bahçe Nanesi (*Mentha spicata* L.) Genotiplerinin Biyolojik Aktivite Özellikleri

Yalçın KAYA^{1,2*}, Gül KUŞAKSIZ³, Özer YILMAZ⁴

¹Doktora öğrenci, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Bursa

²Yüksek Lisans, Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Yalova; ORCID: 0000-0001-8148-7153

³Doç. Dr., Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Bursa; ORCID: 0000-0002-3306-0259

⁴Prof. Dr., Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Bursa; ORCID: 0000-0003-1498-5827

Makale Türü: Araştırma Makalesi

Gönderilme Tarihi: 23 Temmuz 2025

Kabul Tarihi: 20 Ağustos 2025

ÖZ

Bu çalışmada, 32 bahçe nanesi (*Mentha spicata*) genotipinin toplam fenolik ve flavonoid madde miktarları ile antioksidan aktiviteleri araştırılmıştır. Toplam fenolik madde miktarları 2,74 ile 8,34 mg GAE.100 mg⁻¹ arasında değişirken, toplam flavonoid madde miktarları 4,35 ile 10,36 mgQE.100 mg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Genotiplerin 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) serbest radikal giderme aktivitesi IC₅₀ değerleri 0,97 ile 2,27 mg.mL⁻¹ aralığında tespit edilmiştir. Bakır iyonu indirgeme antioksidan kapasitesi (CUPRAC) ise 18,66 ile 47,85 mgTE.100 mg⁻¹ arasında değişiklik göstermiştir. Toplam fenolik ve flavonoid madde miktarları ile antioksidan aktiviteler arasında anlamlı korelasyonlar bulunmuştur. Elde edilen bulgular, bazı *Mentha spicata* genotiplerinin fenolik ve flavonoid içeriklerinin etkili bir antioksidan potansiyel sağladığını ortaya koymakta olup, bu genotiplerin gıda, ilaç ve kozmetik sektörlerinde doğal antioksidan kaynağı olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Nane, toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde, DPPH, CUPRAC

Biological Activity Properties of Some Spearmint (*Mentha spicata* L.) Genotypes

ABSTRACT

In this study, the total phenolic and flavonoid contents as well as the antioxidant activities of 32 spearmint (*Mentha spicata*) genotypes were investigated. The total phenolic contents ranged from 2.74 to 8.34 mgGAE.100 mg⁻¹, while the total flavonoid contents were determined to be between 4.35 and 10.36 mgQE.100 mg⁻¹. The 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) free radical scavenging activity of the genotypes showed IC₅₀ values ranging from 0.97 to 2.27 mg.mL⁻¹. The cupric ion reducing antioxidant capacity (CUPRAC) values varied between 18.66 and 47.85 mgTE.100 mg⁻¹. Significant correlations were found between total phenolic and flavonoid contents and antioxidant activities. The findings indicate that certain some *Mentha spicata* genotypes possess effective antioxidant potential due to their high phenolic and flavonoid contents, suggesting that these genotypes could be utilized as natural antioxidant sources in the food, pharmaceutical and cosmetic industries.

Keywords: *Mentha spicata*, total phenolic content, total flavonoid content, DPPH, CUPRAC

GİRİŞ

Tıbbi ve aromatik bitkiler ile bu bitkilerden elde edilen biyoaktif bileşenler (fitokimyasallar), insan sağlığı ve farmakoloji alanında tarih boyunca önemli bir rol oynamıştır. Sümerlere ait, MÖ 5000–3000 yıllarına uzanan en eski tıbbi belgeler, hastalıkların anlaşılmasına yönelik çabaların varlığını ve tıbbi bitkilerin sağlık koruma ile tedavi amaçlı kullanıldığını ortaya koymaktadır [1]. Günümüzde ise bu geleneksel bilgi, modern bilimle birleşerek küresel bir sektör haline gelmiştir. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), dünya nüfusunun yaklaşık %80'inin geleneksel tıbbi kullandığını belirtmektedir; bu oran

özellikle gelişmekte olan ülkelerde bitkisel tedavilerin birincil sağlık hizmetlerinin önemli bir parçası olduğunu göstermektedir. Ayrıca, dünya genelinde 170 ülkenin geleneksel tıbbi kullandığı ve bu uygulamaların sağlık hizmetlerine erişimi artırmada önemli bir rol oynadığı bildirilmektedir [2]. Biyolojik aktivite, tıbbi bitkilerin etkinliğini ve faydasını belirleyen en kritik parametrelerden biri olup, aynı zamanda bu bitkilerin potansiyel yararlarını anlamak ve doğrulamak için vazgeçilmez bir ölçüttür. Bu etkinlik, büyük ölçüde tıbbi bitkilerde doğal olarak bulunan sekonder metabolitlerden kaynaklanmaktadır. Sekonder metabolitler, bitkilerin doğrudan büyüme ve gelişim süreçlerine katılmayan,

*Sorumlu yazar / Corresponding author: yalcin.kaya@tarimorman.gov.tr

ancak hücrel metabolizmanın bir sonucu olarak sentezlenen kimyasal bileşiklerdir [3]. Bu bileşikler bitkilerin savunma ve stres adaptasyonu için hayati önem taşır. Biyotik ve abiyotik streslere yanıt olarak üretilen bu bileşikler, bitkileri patojenlere, otçullara ve olumsuz çevre koşullarına karşı korumaktadır [4]. Bitkisel sekonder metabolitler; terpenler, fenolikler, alkaloidler ve glikozitler olmak üzere dört ayrı gruba ayrılabilir [5]. Fenolik bileşikler ise güçlü antioksidan özellikleri ve kanser gibi oksidatif stresle ilişkili çeşitli rahatsızlıkları önlemedeki etkileriyle giderek artan bir ilgi görmektedir [6].

Fenolik bileşikler açısından zengin olan Lamiaceae familyası, birçok Tıbbi ve Aromatik bitkiyi bünyesinde barındırmaktadır. Bu bitkilerden olan ve nane olarak bilinen *Mentha* L. cinsi Dünyada yaklaşık olarak 30 tür ve birçok türler arası melez ile temsil edilmektedir [7]. Bu türler, özellikle nemli ve ılıman bölgelerde yaygın olup, Avrupa, Afrika, Avustralya, Asya ve Kuzey Amerika’da yayılım göstermektedir [8,9]. *Mentha* türleri, polifenoller açısından zengin oldukları için gıdalarda ve biyolojik sistemlerde başlıca doğal oksidasyon önleyiciler ve serbest radikal temizleyiciler olarak görev yapmaktadır [10]. Ayrıca ishal önleyici, mikrop öldürücü, antioksidan ve iltihap önleyici özellikler gösterirler. Bunun yanı sıra kardiyovasküler tıp alanında önemli terapötik potansiyele sahiptirler [11]. Bu cinsin önemli türlerinden olan ve bahçe nanesi olarak bilinen *Mentha spicata* çok yıllık bir bitkidir. Keskin, küf veya hoş kokulu, tüy açısından son derece değişken; tüysüz ya da sık veya seyrek villos. Rizomlar genellikle toprağın derinliklerinde yer alır. Çiçekli gövde 22–100 cm. Yapraklar karşılıklı çapraz, 15–85 x 6–23 mm., sapsız veya nadiren çok kısa saplı, oblong–ovat veya lanseolat, genellikle tabanda genişler. Yaprak ucu sivri veya küt, yaprak tabanı yuvarlak veya kordat, yaprak kenarları serrat. Yaprak ayası düz veya rugos, tüysüz ya da sık veya seyrek villos. Çiçek durumu çoğunlukla dallanmamış terminal spika, spika 10–55 x 5–13 mm., vertisillatlar üstte yoğun, altta arası açık. Çiçekler 2 eşeyli, hipogin. Kaliks 5 parçalı, çan şeklinde. Korolla 4 eşite yakın loblu, beyaz, pembe veya leylak rengindedir [12]. *Mentha spicata* ticari değeri nedeniyle dünya genelinde yaygın şekilde yetiştirilmektedir. Geleneksel yiyeceklerde aroma verici olarak kullanılması yanı sıra, özellikle soğuk algınlığı, öksürük, astım, ateş, obezite, sarılık ve sindirim problemlerinin tedavisinde geleneksel tıpta önemli bir yere sahiptir [13]. Bunların yanında *Mentha spicata*, geniş bir biyolojik aktivite spektrumuna sahip bileşikler barındırmaktadır; yapılan çalışmalar polifenoller, flavonoidler, taninler, steroller,

triterpenler ve glikozitler gibi bileşenleri içerdiğini ortaya koymuştur [14].

Biyolojik aktivite, sekonder metabolitlerin kimyasal yapısıyla ilişkili olmakla birlikte, iklim, çevre, toprak yapısı gibi koşullar bu metabolitlerin yapısını önemli ölçüde etkiler. Dolayısıyla, çevresel faktörlerden etkilenen metabolitlerin kimyasal yapısındaki değişiklikler biyolojik aktivitedeki değişimleri de beraberinde getirebilir. Bu çalışmada, farklı yerlerden temin edilen *Mentha spicata* genotipleri, aynı iklim ve çevre koşullarında yetiştirilerek tür içindeki biyolojik aktivitedeki değişimler değerlendirilmiştir.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Çalışmanın bitkisel materyalini Yalova Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü’nde bulunan nane koleksiyon bahçesindeki 32 *Mentha spicata* genotipi oluşturmuştur. Materyalin 5’i yabancı 27’si ise yerli orjindir. Bitkilerin tür tanımlamaları Bursa Uludağ Üniversitesi Biyoloji Bölümü’nde gerçekleştirilmiştir. 2023 yılı temmuz ayında nane koleksiyon bahçesinde bulunan genotiplerden çiçeklenme başlangıcı döneminde örnekler alınmıştır. Örnekler tüm parseli temsil edecek şekilde en az 300 g. bitki olacak şekilde alınmıştır. Alınan örnekler 3 eşit parçaya ayrılarak 35°C’de hava sirkülasyonlu kurutma fırınında 48 saat boyunca kurutulmuştur. Kuruma işlemi tamamlandıktan sonra kuru yaprak–sap ayrımı gerçekleştirilmiştir. Ayrılan kuru yapraklar biyolojik aktivite çalışmaları için kullanılabilecek kadar kese kağıtları içine konarak serin oda koşullarında muhafaza altına alınmıştır. Çalışmada kullanılan bitkisel materyal listesi Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan *Mentha spicata* genotipleri

Genotip	Orijin	Genotip	Orijin
M-16	Yabancı	M-32	Türkiye / Senirkent
M-17	Yabancı	M-33	Türkiye / Hatay
M-18	Türkiye / Isparta 1	M-34	Türkiye / Manisa 1
M-19	Hindistan 1	M-35	Türkiye / Manisa 2
M-20	Avusturya	M-36	Türkiye / Burhaniye
M-21	Türkiye / İzmir	M-37	Türkiye / Sultaniye
M-22	Türkiye / Yalova 1	M-38	Türkiye / Yalova 3
M-23	Türkiye / Yalova 2	M-39	Türkiye / İzmit
M-24	Türkiye / Kadıköy	M-40	Türkiye / Bursa
M-25	Türkiye / Akhisar	M-44	Türkiye / Şanlıurfa
M-26	Türkiye / Samanlı	M-45	Türkiye / Nizip
M-27	Türkiye / Gürsu	M-46	Türkiye / Göynük 1
M-28	Türkiye / Yenışehir	M-47	Türkiye / Göynük 2
M-29	Türkiye / Kemerköprü	M-48	Türkiye / İstanbul
M-30	Türkiye / Hacimehmet	M-51	Hindistan 2
M-31	Türkiye / Isparta 2	M-52	Türkiye / Elmalık

Örneklerin Ekstraksiyonu

Ekstraksiyon işleminde, 32 genotipe ait kuru yapraklardan 3 tekerrürlü olarak her biri 0,5 g tartılmış ve 50 ml hacimli falkon tüplere konulmuştur. Üzerine 9,5 ml %80 metanol eklenmiş, tüpler kapatılarak 1 saat boyunca orbital çalkalayıcıda homojenize edilmiştir. Daha sonra, 10.000 rpm’de 10 dakika santrifüj edildikten sonra üstte kalan berrak sıvı alınarak farklı falkon tüplere aktarılmıştır. Aynı işlem 2 kez daha tekrarlanıp ekstraktlar birleştirilerek, toplam hacim %80 metanol ile 30 ml’ye tamamlanmıştır. Hazırlanan ekstraktların bulunduğu tüplerin ağızları parafilm ile kapatılarak, kimyasal analizler yapılınca kadar -20°C ’de muhafaza edilmiştir [15].

Toplam Fenolik Madde Miktarının Belirlenmesi

Genotiplerin toplam fenolik madde miktarı, Thaipong ve ark. [16] yöntemine göre belirlenmiştir. Metanol ekstraktlarından 0,15 ml alınarak 2,4 ml saf su ve 0,15 ml 0,25 N Folin-Ciocalteu çözeltisi eklenmiş, karışım vortex ile homojenize edilmiştir. 4 dakika bekletildikten sonra 0,3 ml 1 N Na_2CO_3 çözeltisi ilave edilmiştir. Karışımlar oda sıcaklığında, karanlıkta 2 saat bekletildikten sonra absorbanslar 725 nm’de, ekstrakt içermeyen blank numuneye karşı ölçülmüştür. Gallik asit ($0\text{--}0,3 \text{ mg}\cdot\text{ml}^{-1}$) standart çözeltilerine de aynı prosedür uygulanmış ve 725 nm’de ölçülen absorbanslarla kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur. Toplam fenolik madde miktarları, gallik asit eşdeğeri (GAE) cinsinden, kalibrasyon eğrisine göre hesaplanmış ve sonuçlar $\text{mgGAE}\cdot 100\text{mg}^{-1}$ kuru yaprak cinsinden ifade edilmiştir.

DPPH Serbest Radikal Giderme Aktivitesinin Belirlenmesi

Genotiplerin antioksidan kapasiteleri, DPPH serbest radikalini giderme aktiviteleri temel alınarak değerlendirilmiştir.[17]. Ölçümlerde standart olarak askorbik asit ve stabil DPPH radikal çözeltisi kullanılmıştır. Metanol ekstraktları, %80 metanol içinde $2,0\text{--}0,1 \text{ mg}\cdot\text{ml}^{-1}$ arasında yedi farklı konsantrasyonda hazırlanmıştır. Benzer şekilde, askorbik asit için de $0,5\text{--}0,01 \text{ mg}\cdot\text{ml}^{-1}$ aralığında çözeltiler oluşturulmuştur. Her örnekten 0,1 ml alınarak, $25 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ konsantrasyonunda metanol içinde hazırlanmış 3,9 ml DPPH çözeltisi eklenmiş ve vortex ile 30 saniye karıştırılmıştır. Karışımlar, karanlıkta oda sıcaklığında 30 dakika bekletildikten sonra, absorbans değerleri UV–Vis spektrofotometresi ile 515 nm’de metanole karşı ölçülmüştür. Serbest radikal giderme yüzdeleri aşağıdaki formül ile hesaplanmış, %inhibisyon

değerlerine karşılık gelen konsantrasyonlardan her bir örnek için DPPH etkisini %50 inhibe eden konsantrasyon (IC_{50}) değerleri $\text{mg}\cdot\text{ml}^{-1}$ ekstrakt olarak belirlenmiştir.

$$\% \text{Inhibisyon} = [(A_{\text{Kontrol}} - A_{\text{Örnek}}) / A_{\text{Kontrol}}] \times 100$$

A_{kontrol} : 0.1 mL metanol + 3.9 mL DPPH çözeltisinin metanole karşı okunan absorbans değeri

$A_{\text{örnek}}$: Örneklerin 30 dk sonunda metanole karşı okunan absorbans değeri

Bakır İyonu İndirgeme Antioksidan Kapasitesinin (CUPRAC) Belirlenmesi

Genotiplerin CUPRAC değerleri, Apak ve ark. [18] tarafından geliştirilen protokole uygun olarak belirlenmiştir. Analiz için 0,1 ml ekstrakt örneğine sırasıyla 1’er ml 10 mM CuCl_2 , 7,5 mM neokuproin ve 1 M amonyum asetat tamponu (pH 7) eklenmiş, ardından 1 ml saf su ilavesiyle toplam hacim 4,1 ml’ye tamamlanmıştır. Karışımlar oda sıcaklığında 60 dakika bekletilmiş ve absorbans değerleri 450 nm’de ekstrakt içermeyen kör numuneye karşı ölçülmüştür. Antioksidan aktiviteler, $0,05\text{--}0,6 \text{ mg}\cdot\text{ml}^{-1}$ aralığındaki Trolox standart eğrisinden, Trolox eşdeğeri (TE) olarak hesaplanmış; sonuçlar $\text{mgTE}\cdot 100\text{mg}^{-1}$ kuru yaprak olarak ifade edilmiştir.

Toplam Flavonoid Madde Miktarının belirlenmesi

Genotiplerin Toplam flavonoid madde miktarı Karadeniz ve ark. [19] yöntemine göre belirlenmiştir. Bu analizde kuersetin standart madde olarak kullanılmıştır. Metanol içinde $25\text{--}500 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ aralığında hazırlanan kuersetin çözeltilerinin absorbansları UV–Vis spektrofotometresi ile 510 nm’de ölçülerek kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur. Nane örneklerinin analizinde, 1 ml ekstrakta 4 ml saf su ve 0,3 ml %5 NaNO_2 çözeltisi eklenmiş; 5 dakika sonra sırasıyla 0,6 ml %10 $\text{AlCl}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ve 2 ml 1 M NaOH çözeltileri 5’er dakikalık aralıklarla ilave edilmiştir. Toplam hacim saf su ile 10 ml’ye tamamlandıktan sonra karışım iyice çalkalanmış ve absorbans değerleri 510 nm’de ekstrakt içermeyen kör numuneye karşı ölçülmüştür. Toplam flavonoid madde miktarı, kuersetin eşdeğeri (QE) cinsinden, kalibrasyon eğrisine göre hesaplanmış ve sonuçlar $\text{mgQE}\cdot 100\text{mg}^{-1}$ kuru yaprak olarak ifade edilmiştir.

Verilerin Değerlendirilmesi

Çalışma, 32 *Mentha spicata* genotipi ile üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Elde edilen tüm veriler, Tesadüf Parselleri Deneme Deseni’ne göre varyans analizine tabi tutulmuştur. Genotiplere ait ortalama değerlerin karşılaştırılması ve gruplandırılması için LSD (En Küçük Anlamlı Fark) testi kullanılmıştır. Tüm istatistiksel hesaplamalar JMP (13.0) istatistik paket programı aracılığıyla

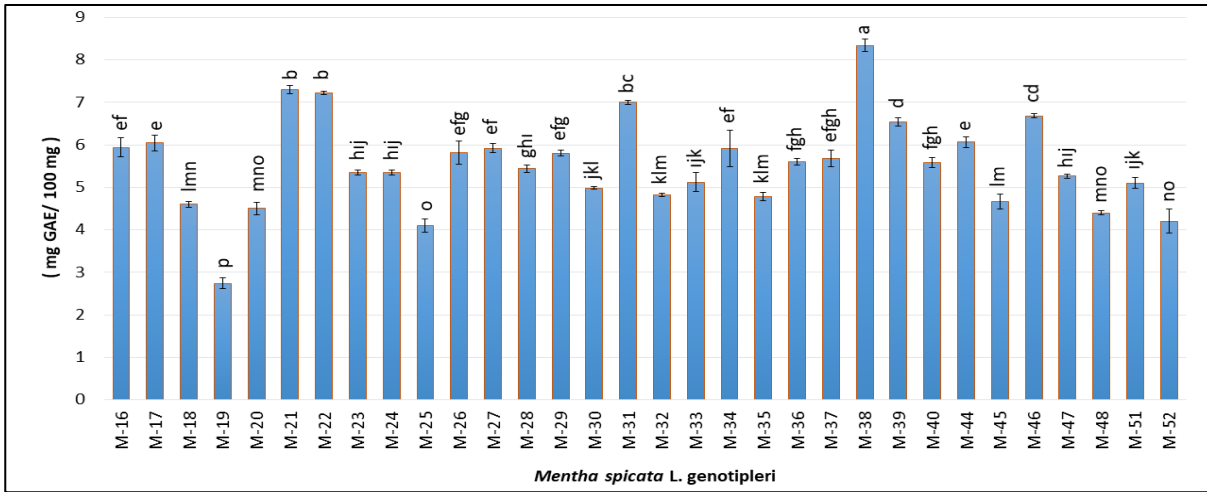
gerçekleştirilmiştir. İncelenen özellikler arasındaki korelasyon ilişkilerini gösteren grafik ise RStudio programı kullanılarak oluşturulmuştur.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Toplam Fenolik Madde Miktarı

Mentha spicata genotiplerinin toplam fenolik madde (TFM) miktarları, ortalama (ort) ve standart hata (SH) değerleriyle birlikte Şekil 1’de gösterilmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre genotipler arasında anlamlı farklılıklar belirlenmiştir ($p < 0,001$). Genotiplerin TFM miktarları $2,74 \pm 0,12$ ile $8,34 \pm 0,15$ mgGAE.100mg⁻¹ arasında değişim göstermiştir. En yüksek TFM miktarı M-38 numaralı genotipte belirlenirken, en düşük değer M-19 numaralı genotipte saptanmıştır. Nane, çeşitli antioksidan aktivite testleriyle belirlenen sonuçlara göre en zengin antioksidan kaynaklarından biri olup, yüksek toplam fenolik ve flavonoid içeriğine sahiptir [20,21].

Mentha spicata L. ekstresinde yüksek oranda bulunan fenolik bileşikler rosmarinik asitlerdir (%88). Bunu sırasıyla salviyanolik asitler (%5,6), kafeik asitler (%1,2) ve hidroksisinamik asitler (%1,1) takip etmektedir. Ayrıca, flavonoller, flavanonlar, flavonlar, hidroksibenzoik asitler ve hidroksifenilpropanoik asitler gibi diğer fenolik bileşik grupları toplam fenolik içeriğin yaklaşık %1’ini oluşturmaktadır [22]. *Mentha* türlerinde toplam fenolik madde miktarı, yapılan birçok çalışma ile ortaya konmuştur. Avrupa kökenli 13 *Mentha* türü ile yapılan bir çalışmada, incelenen türlerin antioksidan aktivite ve tirozinaz inhibitör aktivitesinden sorumlu olan önemli miktarda fenolik bileşik içerdiği gösterilmiştir [23]. Capecka ve ark. [24] ise, taze ve kuru *Mentha × piperita* yapraklarında sırasıyla 1954–2580 mgGAE.100g⁻¹ TFM miktarı bildirmiştir. Benzer şekilde, *Mentha spicata* metanol ekstraktının 76,3 mgGAE.g⁻¹ olduğu rapor edilmiştir [25]. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar literatür bilgilerini destekler niteliktedir.



Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında %0,1 düzeyinde farklılık vardır (LSD)

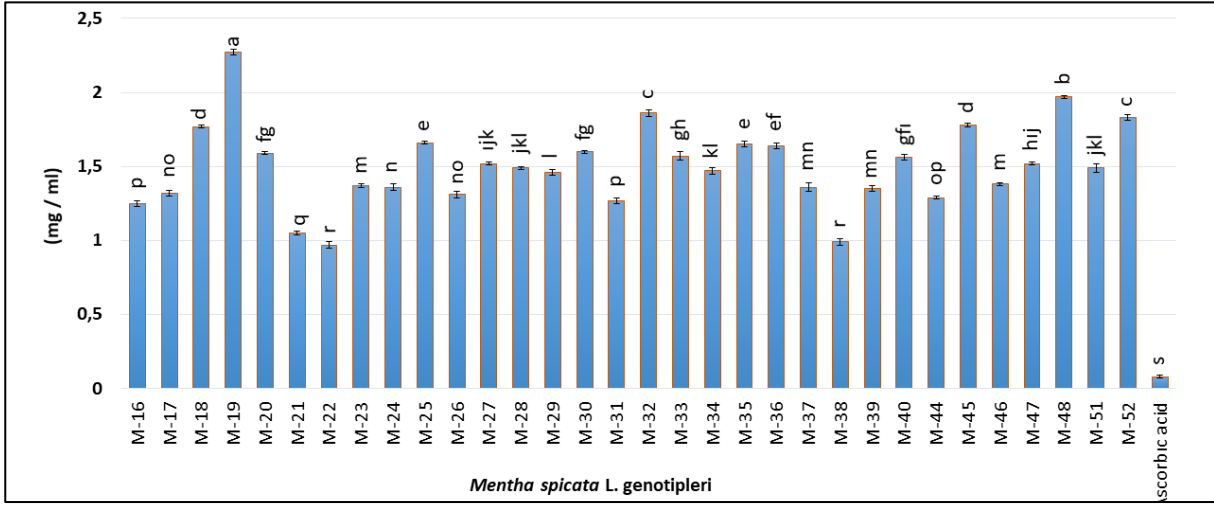
Şekil 1. *Mentha spicata* genotiplerinin toplam fenolik madde miktarı (mgGAE.100mg⁻¹ kuru yaprak)

DPPH Serbest Radikal Giderme Aktivitesi

Mentha spicata genotiplerinin DPPH serbest radikal giderme aktivitesini belirleyen IC₅₀ değerleri (ort ± SH) Şekil 2’de gösterilmiştir. İncelenen genotipler arasında anlamlı farklılıklar belirlenmiştir ($p < 0,001$). Genotiplerin IC₅₀ değerleri $0,97 \pm 0,01$ ile $2,27 \pm 0,01$ arasında mg·ml⁻¹ aralığında değişim göstermiştir. DPPH analizinde düşük IC₅₀ değeri yüksek antioksidan aktiviteyi göstermektedir. Buna göre, en düşük IC₅₀ değeri standart antioksidan olan askorbik asitten elde edilmiştir. M-38 ve M-22 genotipleri ise askorbik aside en yakın aktiviteyi göstererek ön plana çıkmıştır. *Mentha spicata* genotipleri arasında en yüksek IC₅₀ değeri M-19 genotipinde saptanmıştır. Toplam fenolik bileşikler

açısından zengin olan nane türlerinin aynı zamanda serbest radikalleri temizlemede güçlü antioksidan kaynakları olduğu çeşitli çalışmalarda bildirilmiştir [26,27]. Abdel-Hady ve ark. [28] tarafından yapılan çalışmada, *Mentha spicata* metanol ekstresinin IC₅₀ değeri 65,13 µg·ml⁻¹ olarak belirlenmiştir. Farklı bir çalışmada ise *Mentha spicata* etanol ekstresinin IC₅₀ değeri 87,89 µg·ml⁻¹ olarak bildirilmiştir [29]. Bu çalışmada kullanılan *Mentha spicata* genotipleri, literatürde bildirilen değerlere kıyasla daha düşük antioksidan aktivite göstermiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar ile literatürde bildirilen veriler arasındaki farklılıkların büyük ölçüde genotip çeşitliliği, yetiştirme koşullarındaki değişiklikler ve

uygulanan metodolojilerdeki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.



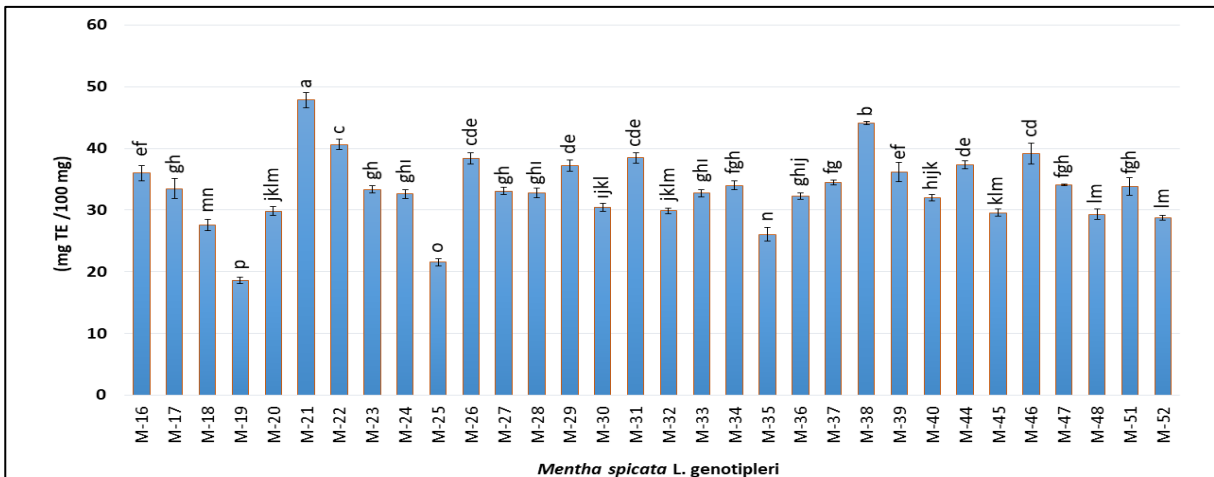
Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında %0,1 düzeyinde farklılık vardır (LSD)

Şekil 2. *Mentha spicata* genotiplerinin IC₅₀ değerleri (mg.ml⁻¹)

Bakır İyonu İndirgeme Antioksidan Kapasitesi (CUPRAC)

Mentha spicata genotiplerine ait CUPRAC değerleri (ort ± SH) Şekil 3'te gösterilmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre genotipler arasında anlamlı farklılıklar belirlenmiştir ($p < 0,001$). CUPRAC analizi, bir maddenin indirgeme kapasitesine dayanan bir antioksidan aktivite belirleme yöntemidir. Bu testte, antioksidanlar bakır (II) iyonlarını (Cu^{2+}) bakır (I) iyonlarına (Cu^+) indirger. Oluşan Cu^+ iyonları belirli bir reaktif ile renkli bir kompleks oluşturur ve bu renk yoğunluğu spektrofotometrik olarak ölçülür. Yüksek absorbans veya diğer bir ifadeyle yüksek CUPRAC değeri, daha güçlü indirgeme kapasitesi ve dolayısıyla daha yüksek antioksidan aktivite anlamına gelir. Buna göre, *Mentha spicata* genotiplerinin CUPRAC değerleri $18,66 \pm 0,51$ ile $47,85 \pm 1,21$ mgTE.100mg⁻¹ arasında değişmiştir. En yüksek CUPRAC değerini M-21 numaralı genotip göstermiş olup, bunu

sırasıyla M-38 ve M-22 genotipleri takip etmiştir. En düşük değer ise M-19 numaralı genotipten elde edilmiştir. Bazı sentetik biyostimülantların *Mentha × piperita* L. bitkisinin biyokimyasal parametreleri üzerine etkilerinin değerlendirildiği bir çalışmada CUPRAC değerleri 4,38–5,53 mM/g TE arasında değişim göstermiştir [30]. Farklı bir çalışmada ise *Mentha longifolia* subsp. typhoides türüne ait CUPRAC değeri $0,144 \pm 0,004$ mM AAE olarak belirtilmiştir [31]. Antioksidan kapasite tayinleri, gıda ürünlerindeki antioksidan aktivitesini ölçmek için kritik analitik yöntemlerdir. Ancak yayımlanan pek çok protokole; sonuçlar arasındaki zayıf korelasyon, tekrarlanabilirlik ve doğruluk sorunları nedeniyle güvenilirlik endişeleri bulunmaktadır. Bu farklılıklar, uygulanan reaksiyon koşulları, ekstraksiyon çözücüler ve niceliksel belirleme yöntemlerindeki çeşitlilikten kaynaklanmaktadır [32].



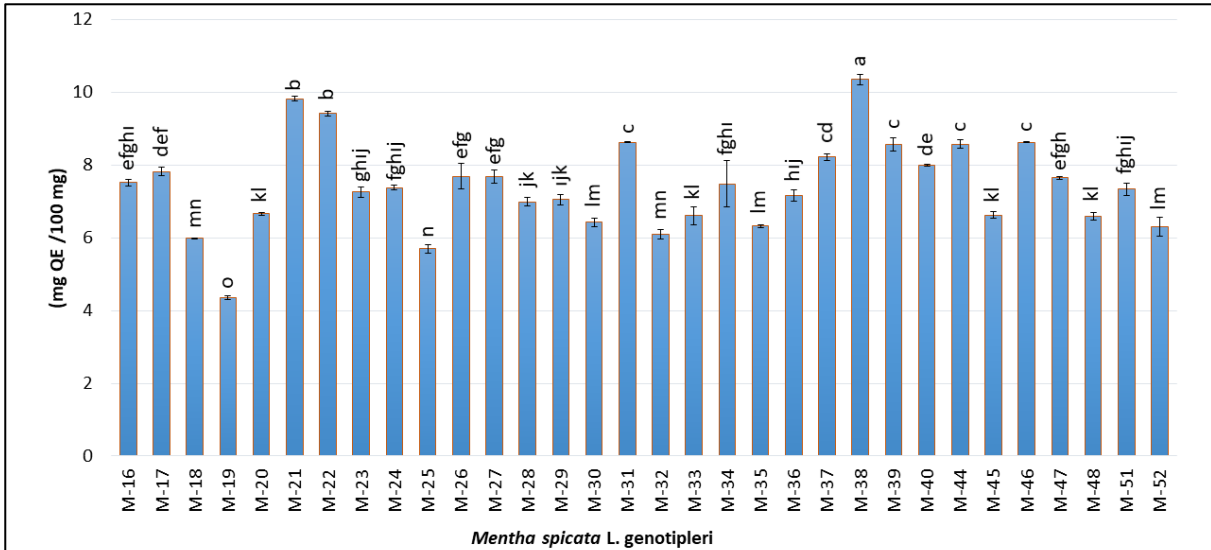
Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında %0,1 düzeyinde farklılık vardır (LSD)

Şekil 3. *Mentha spicata* genotiplerinin CUPRAC değerleri ($\text{mgTE} \cdot 100\text{mg}^{-1}$ kuru yaprak)

Toplam Flavonoid Madde Miktarı

Mentha spicata genotiplerinin toplam flavonoid madde miktarları ($\text{ort} \pm \text{SH}$) Şekil 4'te gösterilmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre genotipler arasında anlamlı farklılıklar belirlenmiştir ($p < 0,001$). Genotiplerin toplam flavonoid madde miktarları $4,35 \pm 0,05$ ile $10,36 \pm 0,14 \text{ mgQE} \cdot 100\text{mg}^{-1}$ arasında değişmiştir. En yüksek toplam flavonoid madde miktarı M-38 numaralı genotipte belirlenirken, en düşük değer M-19 numaralı genotipte saptanmıştır. Flavonoidler, bitkilerde yaygın olarak bulunan ve güçlü antioksidan özelliklere sahip bir polifenol sınıfıdır. Genellikle serbest radikalleri yakalama, metal iyonlarını şelatlama ve çeşitli enzim sistemlerini modüle etme

yetenekleri ile bilinirler. Yüksek flavonoid içeriği genellikle yüksek antioksidan aktivite ile ilişkilidir. Flavonoid profili açısından nane bitkilerinde özellikle flavanonlar ve flavonlar yüksek oranda bulunur. Flavonlar arasında başlıca luteolin ve türevlerinin varlığı Kapp [33] tarafından rapor edilmiştir. Farklı koşullar altında kurutulan *Mentha spicata* türünde toplam flavonoid madde miktarı $29,3\text{--}36,5 \text{ mgQE} \cdot \text{g}^{-1}$ olarak belirlenmiştir [34]. Farklı bir çalışmada ise *Mentha \times piperita* türünde toplam flavonoid miktarı $2,61\text{--}2,94 \text{ mgQE} \cdot \text{g}^{-1}$ olarak raporlanmıştır [35]. Çalışmadan elde edilen sonuçlar ile literatür verilerindeki farklılıkların genotip ve metodoloji farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir.



Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında %0,1 düzeyinde farklılık vardır (LSD)

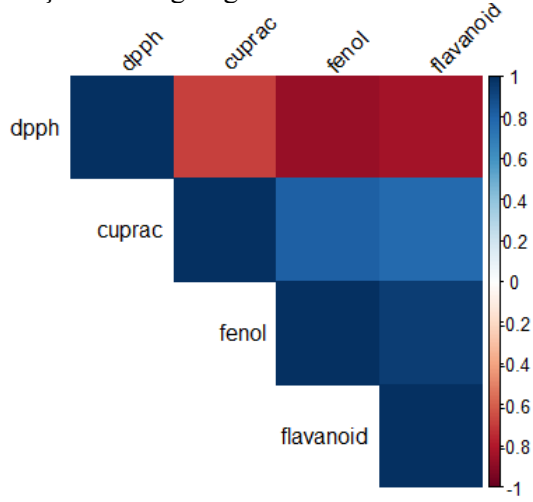
Şekil 4. *Mentha spicata* genotiplerinin toplam flavonoid madde miktarı ($\text{mgQE} \cdot 100\text{mg}^{-1}$ kuru yaprak)

İncelenen Özellikler Arasındaki Korelasyon İlişkisi

Çalışmada incelenen özellikler arasındaki korelasyon ilişkisi Şekil 5'te gösterilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, DPPH aktivitesi ile toplam fenol ve flavonoid içerikleri arasında anlamlı ve güçlü negatif korelasyonlar saptanmıştır (sırasıyla $r = -0,86$ ve $r = -0,84$). Bu bulgu, DPPH testinin temel prensibi ile uyumludur; çünkü DPPH testi serbest radikal giderme aktivitesini ölçmekte olup, düşük IC_{50} değerleri bitkinin antioksidan etkinliğini artırmaktadır. Dolayısıyla, fenol ve flavonoidlerin yüksek düzeyde bulunması, *Mentha spicata* genotiplerinin güçlü antioksidan özelliklere sahip olduğunu göstermektedir. Buna ek olarak, CUPRAC değerleri ile fenol ve flavonoid içerikleri arasında pozitif ve anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir (sırasıyla $r = 0,82$ ve $r = 0,78$). CUPRAC yöntemi,

antioksidan kapasitenin bakır (II) iyonların redüklenmesi yoluyla ölçülmesini sağlar. Fenolik bileşiklerin yüksek olduğu genotiplerde CUPRAC değerlerinin artması, fenol ve flavonoidlerin bu kapasitedeki rolünü desteklemektedir. Ayrıca, toplam fenol ve flavonoid içerikleri arasında çok güçlü pozitif korelasyon ($r = 0,94$) gözlenmiş olup, bu durum iki bileşik grubunun biyosentezinin paralel seyrettiğini ve genotipler arasındaki antioksidan aktivite farklılıklarının temel belirleyicileri olduğunu göstermektedir. Toplam fenolik ve flavonoid madde ile antioksidan kapasite arasındaki pozitif korelasyon, literatürde de farklı çalışmalarla desteklenmiştir [36,37]. Elde edilen verilere göre, *Mentha spicata* genotiplerinin fenolik ve flavonoid bileşenleri antioksidan kapasitenin önemli belirleyicileridir ve bu bileşikler antioksidan aktiviteyi artırmaktadır. Bu bulgular, bitkinin potansiyel sağlık yararları

açısından önemli bir biyokimyasal temel oluşturabileceğini göstermektedir.



Şekil 5. Genotiplerde incelenen özellikler arasındaki korelasyon ilişkileri

SONUÇ

Bu çalışmada, farklı bölgelerden temin edilen *Mentha spicata* genotipleri, aynı çevresel koşullarda yetiştirilmiş ve toplam fenolik ile flavonoid içerikleri yanı sıra antioksidan potansiyelleri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Bulgular, genotipler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunduğunu ortaya koymuş; çevresel faktörlerin tüm genotipler için sabit tutulduğu bu koşullarda gözlemlenen varyasyonların büyük ölçüde genetik yapıya dayandığını göstermiştir. Özellikle bazı genotiplerin düşük IC₅₀ değerleri ve yüksek CUPRAC aktiviteleri ile belirgin antioksidan özellikler sergilediği saptanmıştır. Toplam fenolik ve flavonoid madde miktarları ile antioksidan aktivite arasında pozitif korelasyonların tespit edilmesi, bu bileşiklerin bitkisel antioksidan kapasitenin başlıca belirleyicileri olduğunu göstermektedir. Bu yönüyle, bazı *Mentha spicata* genotipleri, doğal antioksidan kaynakları olarak gıda, ilaç ve kozmetik sanayilerinde değerlendirilme potansiyeline sahiptir. Özellikle M-21, M-22 gibi yüksek performans gösteren genotipler, hem ıslah programları hem de biyoaktif bileşik izolasyonu açısından değerli adaylar olarak öne çıkmaktadır. Bu genotiplerin ileri düzey fitokimyasal analizlerle desteklenmesi ve farklı çevresel koşullarda performanslarının test edilmesi, ticari kullanım açısından önem taşımaktadır. Ayrıca, biyoyararlanım düzeylerine ilişkin yapılacak araştırmaların, fonksiyonel ürün geliştirme çalışmalarına katkı sağlayabileceği düşünülmektedir. Elde edilen veriler, genotip temelli seçimlerin doğal antioksidan üretiminde stratejik bir yaklaşım sunabileceğine işaret etmekte ve *Mentha spicata*'nın

endüstriyel kullanım potansiyelini destekleyebilecek bilimsel bulgular ortaya koymaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM) tarafından desteklenen TAGEM/TBAD/B/20/A7/P6/2072 numaralı projenin bir bölümü olarak yürütülmüştür. Sağladıkları destekten dolayı TAGEM'e teşekkür ederiz. Ayrıca çalışmada katkılarını esirgemeyen Dr. Aysun Öztürk, Dr. Seda Kayahan ve Hasret Altunkanat'a içten teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

1. Inoue, M., Hayashi, S., Craker, L.E., 2019. Role of medicinal and aromatic plants: Past, present, and future. In: Perveen, S., Al-Taweel, A. (Eds.), Pharmacognosy–Medicinal Plants. Intech Open, London, UK, pp. 1–13.
2. World Health Organization, 2022. WHO establishes the Global Centre for Traditional Medicine in India. <https://www.who.int/news/item/25-03-2022-who-establishes-the-global-centre-for-traditional-medicine-in-india> (Erişim Tarihi: 1 Temmuz 2025).
3. Bakır, Ö., 2020. Sekonder metabolitler ve rolleri. Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi, 2(4), 39–45.
4. Khan, A., Kanwal, F., Ullah, S., Fahad, M., Tariq, L., Altaf, M.T., Zhang, G., 2025. Plant secondary metabolites—Central regulators against abiotic and biotic stresses. Metabolites, 15(4), 276.
5. Kochhar, S.L., Gujral, S.K., 2020. Secondary Plant Metabolites. In: Plant Physiology: Theory and Applications. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 590–610.
6. Edo, G.I., Nwachukwu, S.C., Ali, A.B., Yousif, E., Jikah, A.N., Zainulabdeen, K., Essaghah, A.E.A., 2024. A review on the composition, extraction and applications of phenolic compounds. Ecological Frontiers.
7. Naseem, I., Khan, M.A., Habib, U., Rana, R.M., Qasim, M., Alwahibi, M.S., Iqbal, R., 2025. Morphological profiling and DNA barcoding revealed genetic diversity and phylogeny of *Mentha* species cultivated in Pakistan. Genetic Resources and Crop Evolution, 72(3), 2977–2995.
8. Mamadalieva, N.Z., Akramov, D.K., Ovidi, E., Tiezzi, A., Nahar, L., Azimova, S.S., Sarker, S.D., 2017. Aromatic medicinal plants of the Lamiaceae family from Uzbekistan: Ethnopharmacology,

- essential oils composition, and biological activities. *Medicines*, 4(1),8.
9. Hudz, N., Kobylinska, L., Pokajewicz, K., Horčinová Sedláčková, V., Fedin, R., Voloshyn, M., Myskiv, I., Brindza, J., Wieczorek, P.P., Lipok, J., 2023. *Mentha piperita*: Essential Oil and Extracts, Their Biological Activities, and Perspectives on the Development of New Medicinal and Cosmetic Products. *Molecules*, 28(21), 7444
 10. Rita, I., Pereira, C., Barros, L., Santos–Buelga, C., Ferreira, I.C., 2016. *Mentha spicata* L. infusions as sources of antioxidant phenolic compounds: Emerging reserve lots with special harvest requirements. *Food & Function*, 7(10), 4188–4192.
 11. Shaikh, S., Yaacob, H.B., Rahim, Z.H.A., 2014. Prospective role in treatment of major illnesses and potential benefits as a safe insecticide and natural food preservative of mint (*Mentha* spp.): A review. *Asian Journal of Biomedicine and Pharmaceutical Sciences*, 4, 1–12.
 12. Kuşaksız, G., Kaynak, G., 2002. Karadeniz Bölgesi *Mentha* L. (Labiatae) taksonları üzerine morfolojik bir araştırma. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(3).
 13. Mahendran, G., Verma, S.K., Rahman, L.U., 2021. The traditional uses, phytochemistry and pharmacology of spearmint (*Mentha spicata* L.): A review. *Journal of Ethnopharmacology*, 278, 114266.
 14. El–Haoud, H., Boufellous, M., Berrani, A., Tazougart, H., Bengueddour, R., 2018. Screening phytochimique D'une plante medicinale: *Mentha spicata* L. *American Journal of Innovative Research & Applied Sciences*, 7(4), 226–233.
 15. Cemeroglu, B., 2010. Gıda Analizleri (2. Baskı). Gıda Teknolojisi Yayınları Derneği Yayınları, No: 39, Ankara.
 16. Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros–Zevallos, L., & Byrne, D. H. (2006). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of food composition and analysis*, 19(6–7), 669–675.
 17. Lafka, T.I., Sinanoglou, V., Lazos, E.S., 2007. On the extraction and antioxidant activity of phenolic compounds from winery wastes. *Food Chemistry*, 104(3), 1206–1214.
 18. Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M., Karademir, S.E., 2004. Novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols and vitamins C and E, using their cupric ion reducing capability in the presence of neocuproine: CUPRAC Method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(26), 7970–7981.
 19. Karadeniz, F., Burdurlu, H.S., Koca, N., Soyer, Y., 2005. Antioxidant activity of selected fruits and vegetables grown in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 29(4), 297–303.
 20. Anwar, F., Abbas, A., Mehmood, T., Gilani, A.H., Rehman, N.U., 2019. *Mentha*: a genus rich in vital nutra–pharmaceuticals – a review. *Phytotherapy Research*, 33(10), 2548–2570.
 21. Kanatt, S.R., Chander, R., Sharma, A., 2007. Antioxidant potential of mint (*Mentha spicata* L.) in radiation–processed lamb meat. *Food Chemistry*, 100, 451–458.
 22. Cirlini, M., Mena, P., Tassotti, M., Herrlinger, K. A., Nieman, K. M., Dall'Asta, C., & Del Rio, D. (2016). Phenolic and volatile composition of a dry spearmint (*Mentha spicata* L.) extract. *Molecules*, 21(8), 1007.
 23. Čavar Zeljković, S., Šišková, J., Komzáková, K., De Diego, N., Kaffková, K., Tarkowski, P., 2021. Phenolic compounds and biological activity of selected *Mentha* species. *Plants*, 10(3), 550.
 24. Capecka, E., Mareczek, A., Leja, M., 2005. Antioxidant activity of fresh and dry herbs of some Lamiaceae species. *Food Chemistry*, 93(2), 223–226.
 25. Scherer, R., Lemos, M.F., Martinelli, G.C., Martins, J.D.L., da Silva, A.G., 2013. Antioxidant and antibacterial activities and composition of Brazilian spearmint (*Mentha spicata* L.). *Industrial Crops and Products*, 50, 408–413.
 26. Suresh, S.M., Suresh, S.N., Sagadevan, P., Kumar, S.R., 2014. In Vitro Antioxidant Activity of Methanolic Leaf Extract of *Mentha arvensis*. *JPBR*, 2(2), 115–204.
 27. Mirzaei, A., Rezanejad, M.T., Mirzaei, N., 2015. Phytochemical and Antiradical Properties of Alcoholic and Aqueous Extracts of Red capsicum and *Mentha Piperita*. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 6(3), 174–179.
 28. Abdel–Hady, H., El–Wakil, E.A., Abdel–Gawad, M., 2018. GC–MS analysis, antioxidant and cytotoxic activities of *Mentha spicata*. *European Journal of Medicinal Plants*, 26(1), 1–12.
 29. Nickavar, B. Alinaghi, A. Kamalinejad, M. 2008. Evaluation of the Antioxidant Properties of Five *Mentha* Species. *Iran. J. Pharm. Res.* 7, 203–209.
 30. Yolcu, M.S., Öksüz, A., Güler, E., Turan, F., 2024. Tıbbi nane (*Mentha piperita* L.) bitkisinin fide gelişim döneminde uygulanan farklı BAP, IBA ve IAA hormon dozlarının büyüme ve biyokimyasal parametreler üzerine etkileri.

- Journal of Agricultural Biotechnology, 5(2), 63–70.
31. Meriç, Z.İ., Nath, E.Ö., Doğan, A., Bitiş, L., 2024. Antioxidant, anti-tyrosinase activities and characterization of phenolic compounds for some plants from the Marmara Region, Türkiye. Journal of Research in Pharmacy, 28(2), 396–408.
32. George, J., Edwards, D., Pun, S., Williams, D., 2022. Evaluation of antioxidant capacity (ABTS and CUPRAC) and total phenolic content (Folin–Ciocalteu) assays of selected fruit, vegetables, and spices. International Journal of Food Science, (1), 2581470.
33. Kapp, K., 2015. Polyphenolic and essential oil composition of *Mentha* and their antimicrobial effect. Dissertation. Faculty of Pharmacy of the University of Helsinki, 90 p.
34. Shafiee, Z., Samani, B.H., Rostami, S., Lorigooini, Z., Jmashidi-kia, F., Taki, K., 2024. Enhancing the quality attributes of mint medicinal plant (*Mentha spicata* L.) through simultaneous combined ozone and infrared drying. Journal of Food Process Engineering, 47(1), e14529.
35. İçli, N., 2022. Taşköprü’de yetiştirilen tıbbi nanenin antioksidan özelliklerinin belirlenmesi. Kastamonu Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi, 1(1), 1–10.
36. Asyhar, R., Mınarnı, M., Arista, R.A., Nurcholis, W., 2023. Total phenolic and flavonoid contents and their antioxidant capacity of *Curcuma xanthorrhiza* accessions from Jambi. Biodiversitas Journal of Biological Diversity, 24(9).
37. Adıgüzelli, G., Osman, E., Varol, T., Şimşek, S., Kandemir, A., 2024. Erzincan İli–Ergan Dağı’nın Farklı Rakımlarında Yayılış Gösteren Bazı Taksonların Antioksidan Kapasiteleri. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7(5), 2315–2332.

