

KARAMANOĞLU MEHMETBEY ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

*Amaranthus caudatus* L.'nin BİYOTEKNOLOJİK VE TERAPÖTİK  
POTANSİYELİ: FARKLI GÜBRE STRATEJİLERİNİN  
DEĞERLENDİRİLMESİ

DOKTORA TEZİ

Canan KOÇ

Biyomühendislik Anabilim Dalı

HAZİRAN 2025



KARAMANOĞLU MEHMETBEY ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

*Amaranthus caudatus* L.'nin BİYOTEKNOLOJİK VE TERAPÖTİK  
POTANSİYELİ: FARKLI GÜBRE STRATEJİLERİNİN  
DEĞERLENDİRİLMESİ

DOKTORA TEZİ

Canan KOÇ  
(180842202)

Biyomühendislik Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Yakup ULUSU  
Eş Danışman: Öğr. Gör. Dr. Funda ULUSU

HAZİRAN 2025



## TEZ ONAYI

Canan KOÇ tarafından hazırlanan *Amaranthus caudatus* L.' nin Biyoteknolojik Ve Terapötik Potansiyeli: Farklı Gübre Stratejilerinin Değerlendirilmesi adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyomühendislik Ana Bilim Dalı'nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman:  
*Doç. Dr. Yakup ULUSU*

İkinci Danışman:  
*Öğr. Gör. Dr. Funda ULUSU*

Jüri Üyeleri

*Prof. Dr. İsa GÖKÇE*

*Prof. Dr. Mevlüt BAYRAKCI*

*Doç. Dr. Yakup ULUSU*

*Doç. Dr. Mehmet Ali TEMİZ*

*Dr. Öğr. Üyesi Rizvan İMAMOĞLU*

İmza:

Tez Savunma Tarihi: 18/06/2025

**Yukarıdaki sonucu onaylarım**

**Doç. Dr. Kadir SABANCI**  
**Enstitü Müdürü**



## BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

(İmza)  
Canan KOÇ





*Eşime ve canım kızlarıma,*



## ÖNSÖZ

Yüksek lisans ve doktora çalışma sürecimde bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana destek olan, yardımlarını esirgemeyen, hoşgörü ve sabrını eksik etmeyen danışman hocam sayın Doç. Dr. Yakup ULUSU' ya ve eş danışmanım Öğr. Gör. Dr. Funda ULUSU'ya sonsuz teşekkürlerimi ve minnetlerimi sunarım. Ayrıca Prof. Dr. Mevlüt BAYRAKCI ve Doç. Dr. Mehmet Ali TEMİZ' e teşekkürü bir borç bilirim. Hayatımda desteğini ve sevgisini hep hissettiğim eşim Ersin KOÇ' a ve kızlarım Canan ve Cansu' ya sevgilerimi iletirim. Son olarak dün, bugün ve yarın yanımda olduklarımı hep bildiğim annem, babam ve kardeşlerime her zaman teşekkür ediyorum.

Bu tez Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir (03-D-22). BAP birimine bu proje kapsamında fon sağladığı için teşekkür ederiz.

Haziran 2025

Canan KOÇ  
(Biyomühendis)





## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>ix</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>xii</b>
<b>KISALTMALAR</b> .....	<b>xiv</b>
<b>ÇİZELGELER LİSTESİ</b> .....	<b>xvi</b>
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	<b>xvii</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>xix</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xxi</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI</b> .....	<b>9</b>
2.1. Primer ve Sekonder Metabolitler.....	12
2.2. Sekonder Metabolitlerin Yolakları.....	14
2.3. Antioksidanlar.....	15
2.4. Antioksidan Aktivite Tayin Yöntemleri.....	16
2.5. Bitkiler ve Gübre Uygulamaları.....	17
2.5.1. Organik gübre.....	18
2.5.2. Kimyasal gübre.....	20
2.5.3. Mikrobiyal gübre.....	21
2.5.4. Kanser ve fenolik bileşikler.....	21
<b>3. MATERYAL ve METOT</b> .....	<b>25</b>
3.1. <i>Amaranthus caudatus</i> L.'nin Yetiştirilmesi ve Gübreleme İşlemleri.....	25
3.2. Fenolojik, Morfolojik, Verim ve Kalite Analizleri.....	26
3.2.1. Fenolojik gözlemler.....	26
3.2.1.1. Çimlenme süresi (gün).....	26
3.2.1.2. Çiçeklenme süresi (gün).....	27
3.2.1.3. Vejetasyon süresi (gün).....	27
3.2.2. Morfolojik analizler.....	28
3.2.2.1. Bitki boyu (cm).....	28
3.2.2.2. Gövde eni (cm).....	28
3.2.2.3. Salkım (püskül) boyu (cm).....	28
3.2.2.4. Salkım (Püskül) ağırlığı (g).....	28
3.2.2.5. Yaprak sayısı (adet).....	28
3.2.2.6. Yaprak boyu (cm).....	28
3.2.2.7. Yaprak eni (cm).....	28
3.2.2.8. Kök ağırlığı (g).....	29
3.2.2.9. Kök uzunluğu (cm).....	29
3.2.3. Verim ve kalite analizleri.....	29
3.2.3.1. Bin dane ağırlığı (g).....	29
3.2.3.2. Biyolojik verim (g).....	29
3.2.3.3. Sabit yağ oranı (%).....	30
3.2.4. Bitki ve püskül elementel analizi.....	30

3.2.5. Toprak fizikokimyasal analizi.....	30
3.3. Fitokimyasal Analizler ve Ekstraksiyon İşlemleri .....	30
3.3.1. Sabit yağ ekstraksiyonu ve analizi .....	31
3.3.1.1. Metilasyon prosedürü.....	31
3.3.1.2. Sabit yağın GC-FID analiz prosedürü .....	31
3.3.2. Fenolik bileşik ekstraksiyonu.....	32
3.3.3. Toplam fenolik madde miktarının belirlenmesi.....	34
3.3.4. Toplam flavonoid içeriğinin belirlenmesi.....	34
3.3.5. DPPH yöntemi ile antioksidan aktivite tayini.....	34
3.4. <i>İn Vitro</i> Çalışmalar .....	35
3.4.1. Antibakteriyal aktivite.....	35
3.4.2. Sitotoksik aktivite testi.....	35
3.5. İstatistik Analiz .....	36
<b>4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....</b>	<b>37</b>
4.1. Fenolojik Gözlemler.....	37
4.1.1. Çimlenme süresi (gün) .....	37
4.1.2. Çiçeklenme süresi (gün).....	38
4.1.3. Vejetasyon Süresi (gün).....	39
4.2. Morfolojik Gözlemler .....	40
4.2.1. Bitki boyu (cm) .....	40
4.2.2. Gövde eni (mm) .....	41
4.2.3. Salkım (püskül) boyu (cm) .....	42
4.2.4. Salkım (püskül) ağırlığı (g).....	42
4.2.5. Yaprak sayısı (adet) .....	44
4.2.6. Yaprak boyu (cm) .....	44
4.2.7. Yaprak eni (cm) .....	45
4.2.8. Kök ağırlığı (g).....	45
4.2.9. Kök uzunluğu (cm) .....	45
4.3. Verim ve Kalite Analizleri .....	46
4.3.1. Bin dane ağırlığı (g) .....	46
4.3.2. Biyolojik verim (g).....	47
4.3.3. Sabit yağ oranı (%) .....	47
4.4. Bitki-Püskül Elementel Analizi.....	49
4.5. Toprak Fizikokimyasal Analizi .....	52
4.6. GC-FID' de Sabit Yağ Analizi.....	55
4.7. Toplam Fenolik Madde Miktarının Belirlenmesi.....	63
4.8. Toplam Flavonoid İçeriğinin Belirlenmesi .....	64
4.9. DPPH Temizleme Aktivitesinin Belirlenmesi .....	66
4.10. Antibakteriyal Aktivite.....	69
4.11. Sitotoksik Aktivite.....	71
4.12. HPLC' de Fenolik Bileşik Analizi .....	75
<b>5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....</b>	<b>79</b>
<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>83</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>96</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>106</b>

## KISALTMALAR

<b>°C</b>	: Celsius
<b>µM</b>	: Mikromolar
<b>AlNO<sub>3</sub></b>	: Alüminyum nitrat
<b>ATCC</b>	: American Type Culture Collection
<b>CaCO<sub>3</sub></b>	: Kalsiyum karbonat
<b>CAT</b>	: Katalaz
<b>cm</b>	: Santimetre
<b>CUPRAC</b>	: Cupric Reducing Antioxidant Capacity
<b>dH<sub>2</sub>O</b>	: Distile su
<b>dk</b>	: Dakika
<b>DMEM</b>	: Hücre kültürü için besiyeri
<b>DMSO</b>	: Dimetil sülfoksit
<b>DPPH</b>	: 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl
<b>GC-FID</b>	: Gaz Kromatografisi-Alev İyonlaşma Dedektör
<b>HPLC</b>	: Yüksek basınçlı Sıvı Kromatografisi
<b>IC<sub>50</sub></b>	: Yarı maksimum inhibitör konsantrasyonu
<b>KOH</b>	: Potasyum hidroksit



## ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 3.1: Uygulanan gübrelerin içerik ve miktarları. ....	26
Çizelge 3.2: Yağ asit profili analizleri için uygulanan GC–FID metot parametreleri. .....	32
Çizelge 4.1: Uygulama gruplarına ait fenolojik gözlemler.....	40
Çizelge 4.2: Uygulama gruplarına ait morfolojik gözlemler.....	43
Çizelge 4.3: Uygulama gruplarına ait morfolojik gözlemler (devamı). ....	46
Çizelge 4.4: Uygulama gruplarının verim ve kalite analiz verileri.....	48
Çizelge 4.5: Püsküllerin elementel analiz verileri. ....	50
Çizelge 4.6: Bitki-kök elementel analiz verileri. ....	51
Çizelge 4.7: Toprak örneklerinin fizikokimyasal analiz verileri. ....	53
Çizelge 4.7:Toprak örneklerinin fizikokimyasal analiz verileri (devamı).....	54
Çizelge 4.9: Uygulama gruplarına ait % verim ve toplam fenolik içeriği. ....	64
Çizelge 4.10: Uygulama gruplarına ait Toplam flavonoid içeriği. ....	65
Çizelge 4.11: Uygulama gruplarına ait DPPH % inhibisyon değerleri. ....	68
Çizelge 4.12: <i>Escherichia coli</i> zon çapları (mm). ....	70
Çizelge 4.13: <i>Staphylococcus aureus</i> zon çapları (mm).....	70
Çizelge 4.14: 24 saatlik metanol ekstrelerine ait IC <sub>50</sub> değerleri (µg/mL).....	74
Çizelge 4.15: 48 saatlik metanol ekstrelerine ait IC <sub>50</sub> değerleri (µg/mL).....	74
Çizelge 4.16: Fenolik bileşik standartlarına ait alıkonma zamanları (dk). ....	77
Çizelge 4.17: <i>Amaranthus caudatus</i> bitkisinin fenolik bileşik kompozisyonu (ppm) ...	

## ŞEKİLLER LİSTESİ

<b>Şekil 1.1:</b> Farklı <i>Amaranthus</i> türleri.....	7
<b>Şekil 3.1:</b> <i>A. caudatus</i> bitkisinin çimlenmesi.....	27
<b>Şekil 3.2:</b> <i>A. caudatus</i> bitkisinin büyüme ve çiçeklenme süreci.....	27
<b>Şekil 3.3:</b> Uygulama gruplarına ait tohum ve tartım işlemi.....	29
<b>Şekil 3.4:</b> Soxhlet cihazında ekstraksiyon işlemi ve Rotary Evaporatörde evaporasyon.....	31
<b>Şekil 4.1:</b> <i>A. caudatus</i> bitkisinin doymuş ve doymamış yağ asidi bileşimine ait GC- FID kromatogramı.....	56
<b>Şekil 4.2:</b> Gallik asit kalibrasyon eğrisi.....	63
<b>Şekil 4.3:</b> Quercetin kalibrasyon eğrisi.....	65
<b>Şekil 4.4:</b> DPPH temizleme aktivitesinin belirlenmesi (inkubasyon öncesi ve sonrası). .....	66
<b>Şekil 4.5:</b> Askorbik asit kalibrasyon eğrisi.....	67
<b>Şekil 4.6:</b> <i>E. coli</i> ve <i>S. aureus</i> zon çapları.....	69
<b>Şekil 4.7:</b> Hücrelere 24 saat ve 48 saat <i>Amaranthus caudatus</i> ekstrakt uygulanması. .....	72
<b>Şekil 4.8:</b> 24 saatlik metanol ekstraktının HT-29 ve L929 hücre hatlarındaki % hücre canlılıkları.....	73
<b>Şekil 4.9:</b> 48 saatlik metanol ekstraktının HT-29 ve L929 hücre hatlarındaki % hücre canlılıkları.....	73
<b>Şekil 4.10:</b> HPLC analizine ait <i>Amaranthus caudatus</i> ekstrakt örnekleri.....	76
<b>Şekil 4.11:</b> <i>Amaranthus caudatus</i> L. metanol ekstresinde bulunan fenolik bileşiklere ait HPLC kromatogramı.....	76



## ÖZET

Doktora Tezi

### *Amaranthus caudatus* L.'nin BİYOTEKNOLOJİK VE TERAPÖTİK POTANSİYELİ: FARKLI GÜBRE STRATEJİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Canan KOÇ

Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Biyomühendislik Ana Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Yakup ULUSU  
İkinci Danışman: Öğr. Gör. Dr. Funda ULUSU

Haziran, 2025, 106 sayfa

*Amaranthus caudatus* L. Amaranthaceae (Horozibiğigiller) familyasına ait farmakolojik açıdan son derece önemli sekonder metabolitler içeren ve pek çok terapötik özelliği bulunan ve ülkemizde az bilinen değerli bir bitkidir. Bu tez çalışmasında *A. caudatus* bitkisi sera koşullarında yetiştirilmiş, vejetatif ve generatif gelişme dönemlerinde farklı dozlarda uygulanan sıvı formdaki organik, solucan ve kimyasal gübrelerin, bitkinin hem fenolojik, morfolojik, verim ve kalite üzerine hem de elde edilen tohumların sekonder metabolit (sabit yağ-GC-FID, fenolik bileşik-HPLC, toplam fenolik ve flavonoid içeriği-spektrofotometrik) içeriğine olan etkilerinin aydınlatılması amaçlanmıştır. Ayrıca bitkiden oluşturulan ekstraktların (0-400 µg/mL) kolon (HT-29) kanser ve fare fibroblast (L929) hücre hatlarına karşı sitotoksik aktiviteleri, alamar mavisi testi ile analizleri yapılarak bu ekstraktların olası antikanser aktiviteleri araştırılmıştır. Bunlara ilaveten biyolojik açıdan son derece önemli olan antioksidan ve antimikrobiyal etkileri de belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *A. caudatus*, gübre, sekonder metabolit, sitotoksik aktivite.



## ABSTRACT

MsThesis / Ph. D. Thesis

### **BIOTECHNOLOGICAL AND THERAPEUTIC POTENTIAL OF *Amaranthus caudatus* L.: EVALUATION OF DIFFERENT FERTILIZER STRATEGIES**

Canan KOÇ

**Karamanoğlu Mehmetbey University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Bioengineering**

**Supervisor: Doç. Dr. Yakup ULUSU  
Co-Supervisor: Öğr. Gör. Dr. Funda ULUSU**

**January, 2025, 106 pages**

*Amaranthus caudatus* L. is a valuable plant belonging to the Amaranthaceae family, which contains pharmacologically very important secondary metabolites and has many therapeutic properties and is little known in our country. In this thesis study, *A. caudatus* plant was grown under greenhouse conditions and it was aimed to elucidate the effects of liquid organic, worm and chemical fertilizers applied at different doses during the vegetative and generative development periods on both the phenological, morphological, yield and quality of the plant and the secondary metabolite (fixed oil-GC-FID, phenolic compound-HPLC, total phenolic and flavonoid content-spectrophotometric) content of the obtained seeds. In addition, the cytotoxic activities of the extracts (0-400 µg/mL) prepared from the plant against colon (HT-29) cancer and mouse fibroblast (L929) cell lines were analyzed with alamar blue test and the possible anticancer activities of these extracts were investigated. In addition, their antioxidant and antimicrobial effects, which are extremely important biologically, have also been determined.

**Key Words:** *A. caudatus*, fertilizer, secondary metabolite, cytotoxic activity.



## 1. GİRİŞ

Günümüzün en büyük sorunlarından biri olan kuraklıktan birçok bitki ve canlı türü etkilenmekte ve bundan dolayı da yaşamları tehlike altına girmektedir. Bu sebeplerden dolayı bilim insanları ekstrem koşullara dayanıklı, zor şartlar altında yetişebilen ve bol ürün verebilen tür arayışlarına girmişlerdir. *Amaranthus* cinsi içerisinde yer alan türler de, verimsiz topraklara ve kurak iklim koşullarına oldukça dayanıklı olup, yetiştiriciliği yapılan pek çok kültür bitkisinden daha fazla susuzluğa dayanabilmektedirler (Temel ve diğerleri, 2020).

Gizli açlık (bir tür yetersiz beslenme) bağışıklık sistemini etkileyebilir ve çocukları ve yaşlıları çeşitli hastalıklara karşı korunmasız hale getirmektedir. Başta Afrika olmak üzere gelişmemiş ve bazı gelişmekte olan ülkelerde görülen, makro besin eksiklikleriyle ilişkili semptomlar arasında düşük kilolu olmak, çocuklarda zayıflık, bodurluk ve homeostatik işlev bozuklukları yer almaktadır. Bu eksikliklerle mücadele etmek için, çoğu gelişmekte olan ülkeler, gıda takviyeleri, anne ve çocuk sağlık hizmetlerine erişimini kolaylaştırma ve gıda üretimini artırmak için sosyal ve tarımsal teşvikleri artırma yollarına başvurumaktadırlar. Bu çok yönlü stratejilere rağmen, diyet zorluklarıyla karşı karşıya kalan hanelerin ve toplulukların sayısı artmaya devam etmektedir (Mavengahama ve diğerleri, 2013). Afrika' da 5 yaş altı çocukların üçte biri bodur ve dörtte birinden fazlası da düşük kiloludur. Bazı araştırma kurumları ve yerel destek programları arasındaki ortalıklar, *amaranthus* un da aralarında bulunduğu yerli sebzeleri teşvik etmek için gerçekleştirilmiştir. Örneğin, Dünya Sebze Merkezi (AVRDC) tarafından yönetilen Doğu ve Güney Afrika'da Beslenme ve Sağlık için İhmal Edilen Yerli Sebze Mahsullerinin (IV) Teşviki (ProNIVA) projesi, mikro besin açısından zengin amarant (*Amaranthus cruentus*) çeşitlerinin tohumlarının sağlanmasına ve Ruanda, Uganda, Malavi ve Tanzanya'da yapraklı sebzelerin üretiminin ve tüketiminin artırılmasına katkıda bulunmuştur (AVRDC 2008). Bir diğer önemli proje ise Botswana, Kamerun, Kenya, Senegal ve Zimbabve'de yürütülen Bioversity International' ın Afrika yapraklı sebzeler programıdır ve bu program amarantlar ve patlıcangiller gibi Afrika yapraklı sebzelerinin yetiştirilmesinde, tüketiminde, pazarlanmasında ve beslenme bilincinde kayda değer olumlu değişikliklere neden olmuştur (Gotor ve Irungu, 2010).

Yapraklı sebzeler oksidatif strese bağlı hücrelerde oluşan zararları onarmaktadır. Dünyayı kasıp kavuran ve özellikle gelişmemiş veya gelişmekte olan ülkelerde yaşanan açlık sorununa çare olarak zor şartlar altında yetişebilen, bol ürün veren ve besleyicilik bakımından zengin olan yapraklı sebzeler düşünülmektedir. Yapraklı sebzeler içerisinde yer alan Amarant, yüksek terapötik ve nutrasötik değerlere sahip olmasına rağmen yeterince tanınmamakta ve kullanılmamaktadır. 2011'den 2020'ye kadar Web of Science üzerinden erişilen Science Citation Index Expanded' dan alınan ve incelenen verilerde, bu değerli bitkinin az kullanıldığı ve Amarant ile ilgili yapılan araştırmaların yetersiz olduğu ortaya çıkmıştır. Dünya genelinde gelişmekte olan ülkelerdeki açlık ve yetersiz beslenme sorununa çözüm bulabilmek için çeşitli fonlarla desteklenen araştırmaların yapılması bu sorunlara çare olabilmesi açısından önem taşımaktadır (Jimoh ve diğerleri, 2022).

Bitkilerden elde edilen doğal ham özler, geleneksel tıpta çeşitli rahatsızlıkları tedavi etmek için yüzyıllardır kullanılmaktadır. Bu bitkilerden biri de *Amaranthus* spp dir. Ancak tam terapötik kullanımları hala keşfedilmemiştir (Jose ve Ana, 2011). *Amaranthus* özleri antik çağlardan beri çeşitli rahatsızlıkları tedavi etmek için kullanılmıştır. *Amaranthus* spp. son yıllarda yeniden ilgi görmeye başlamıştır. *In vitro* ve *in vivo* çalışmaların literatür özetleri, *Amaranthus* spp.'nin esas olarak güçlü antioksidan aktivitesine atfedilen çeşitli koruyucu ve iyileştirici özelliklere sahip olduğunu ortaya koymuştur (Peter ve Gandhi, 2017). Çeşitli *Amaranthus* türlerinin toprak üstü kısımlarının fitokimyasal analizi , alkaloidler, flavonoidler , glikozitler, fenolik asitler, steroidler, saponinler , amino asitler, vitaminler, mineraller, terpenoidler , lipitler, betain , kateşük tanenler ve karotenoidler gibi aktif bileşenlerin varlığını kanıtlamıştır (Nana ve diğerleri, 2012).

Amarantların nutrasötik değeri, birçok bilimsel çalışmada geniş biçimde rapor edilmiştir. Farklı deneylerden elde edilen bulgular, *Amaranthus*' un mısır, karabuğday, çavdar ve pirinç gibi yaygın olarak tüketilen gıda bitkilerinden daha zengin bir besin bileşimine ortaya koymaktadır. Ayrıca, yaygın tüketilen yapraklı sebzelerden biri olan ıspanak ile karşılaştırılabilir düzeyde besleyici değerlere sahip olduğu bildirilmiştir. Bununla birlikte, arpa, mısır ve buğday gibi bazı yem bitkileriyle eşdeğer besin içeriği

sunmasının yanı sıra, nadir bulunan amino asitler açısından da zengin bir profil sergilemektedir. Özellikle, insan beslenmesinde kritik öneme sahip olan lizin ve triptofan gibi esansiyel amino asitleri yüksek oranda içermesi, *Amaranthus*' u hayvansal proteinlerin yerine geçebilecek potansiyel bir bitkisel kaynak haline getirmektedir (Unuofin ve Lebelo, 2020).

Diyabet, ülser, konjestif kalp, karaciğer ve böbrek yetmezliği, kanser, helmintik enfeksiyonlar ve yaşlanmaya bağlı hipertansiyon, ateroskleroz, obezite ve kronik düşük kilo gibi çoğu dejeneratif hastalık gibi metabolik hastalıklar, serbest radikallerin hücrelere ve dokulara verdiği hasarlar sonucu oluşmaktadır. *Amaranthus*'un birkaç türünün, serbest radikalleri temizleme ve böylece oksidatif stres kaynaklı bozuklukların giderilmesinde önemli roller oynadığı bildirilmiştir (Girija ve diğerleri, 2011). Sebze amarantları, küçük çocuklar, emziren anneler ve kabızlık, ateş, kanama, anemi veya böbrek şikayetleri olan hastalar için tıbbi özelliklere sahip iyi bir yiyecek olarak önerilmektedir. Senegal'de amarant kökleri, bebekler için müshil olarak balla kaynatılarak kullanılır. Gana'da, ıslatılmış bitkilerin suyu, uzuvlardaki ağrıları tedavi etmek için yıkama suyu olarak kullanılmaktadır. Etiyopya' da ise, *A. cruentus* tenya kovucu olarak, Sudan'da, gövdelerden elde edilen kül yara örtüsü ve de Gabon'da ısıtılmış yapraklar tümörlerde kullanılmaktadır (Grubben, 2004). *Amaranthus tricolor* ve *A. caudatus* ise iltihapları tedavi etmek için ve idrar söktürücü olarak kullanılmıştır (Agong, 2006).

Nişasta, amarant tanesinin ana bileşenini oluşturmaktadır ve çorbalar, yağ ikameleri, soslar ve et suları için gıda koyulaştırıcı olarak sıklıkla kullanılmaktadır. Ayrıca kahvaltılık gevrekler, kekler, kurabiyeler, atıştırmalıklar, makarnalar ve sağlıklı gıdalar gibi gıda uygulamalarında önemli bir rol oynamaktadır. Bunun yanı sıra, amarant nişastası kozmetik ürünlerde, biyolojik olarak parçalanabilir film üretiminde ve kağıt kaplama uygulamalarında mevcut ve potansiyel ticari kullanımlarıyla da dikkat çekmektedir. (Choi ve diğerleri, 2004).

Son yıllarda *Amaranthus spp.*' ye olan ilgi, kronik rahatsızlıklara karşı nutrasötik ve doğal koruyucu etkisinden dolayı kaynaklanmaktadır. Yunancada ölümsüz anlamına gelen *Amaranthus*, Tropikal Amerika'ya özgü bir bitkidir ve Aztek, Maya, İnka medeniyetlerinde temel gıda ürünü olarak kullanılmaktaydı. Günümüzde de Hindistan, Nepal, Çin, Endonezya, Malezya, Filipinler; Orta Amerika, Meksika'nın tamamı;

Güney ve Doğu Afrika'da yaygın olarak yetiştirilmekte ve tüketilmektedir (Trucco ve Tranel, 2011).

Amarantların sınıflandırılması, tür tanımlayıcı özelliklerinin eksikliği ve fenotipik esnekliğinin geniş olması, ayrıca yabancı ot ve mahsul türlerinin melezleşmesi nedeniyle daha da zorlaşmaktadır. Sauer (1967) *Acnida* (dioik türleri içerir) ve *Amaranthus* (monoik türleri içerir) olmak üzere iki alt cins tanımlamıştır. Mosyakin ve Robertson (1996) ise çiçeklenme ve çiçek özelliklerine dayanarak üç alt cins tanımlamıştır: *Acnida*, *Amaranthus* ve *Albersia* (Achigan-Dako ve diğerleri, 2014). Hem sebze hem de tahıl amarantlarının kendi yabancı ot atalarından evrimleştiği bilinen bir gerçektir. Herbisite dayanıklı 180'den fazla farklı yabancı ot türü vardır ve amarantlar dayanıklı biyotiplerin önde gelen üyeleri olarak kabul edilmektedir. Amarant türleri, araştırma ve çalışmalara herbisit direnç mekanizmalarını araştırmak için geniş bir olanak sağlamaktadır. Amarantlar ayrıca çiftleşme davranışları ve germ plazmaları, farklı büyüme koşullarına uyum sağlama ve monokotil' den dikotil' e kadar üreme sistemlerinde büyük bir değişkenlik göstermektedir. Bu parametrelerin sağlam bir şekilde anlaşılması ve çalışılması, amarantların gelecekte süper mahsul olarak kullanılması için büyük bir önem taşımaktadır (Das, 2016).

*Amaranthus* cinsi, Caryophyllales takımına bağlı olup, *Amaranthaceae* (Horozibiğigiller) ailesinin *Amaranthoideae* alt familyasında sınıflandırılmaktadır. Bu cins, yaklaşık 70 kadar farklı tür içeren, dallanmış yapıya sahip tek yıllık otsu bitkileri kapsamaktadır. Bu türlerden 17'sinin doğrudan gıda amacıyla tüketildiği bilinmektedir. Hindistan Ulusal Botanik Araştırma Enstitüsü (NBRI), yaklaşık 400 erişim numarasına sahip koleksiyonu ile dünyadaki en kapsamlı *Amaranthus* germplazm kaynaklarından birini oluşturmuştur. Bu koleksiyonda 20 farklı türe ait materyaller yer almakta olup, bunların yaklaşık yarısının tahıl türleri olduğu bildirilmektedir. (Dincâ ve diğerleri, 2018).

Horozibiği bitkisinin Dünya üzerinde 800'den fazla alt türü olduğu bilinmektedir. Bu türlerin çoğu yabancı ot olarak tanımlanmıştır. Ayrıca bazı türlerinin tohum ve bitki kısımları oldukça yüksek besin içeriğine sahiptir. Bu yüzden de hem insan gıdası, hem de hayvan yemi olarak kullanılmaktadır (Dumanoğlu ve Geren, 2018). *Amaranthus* türlerinin bazıları gösterişli ve renkli çiçek yapılarına sahip oldukları için süs bitkisi olarak da değerlendirilmektedir. Yapılan araştırmalara göre; MÖ 2000' li yıllarda

Meksika ve Şili bölgelerinde İnka, Aztek ve Mayalar döneminde yetiştirilmiş ve 1970' li yıllarda da Amerika'dan dünyanın pek çok yerine yayılış göstermiştir (Gimplinger ve diğerleri, 2007). *Amaranthus*' un zengin besin maddesi içeriği, kolay sindirilebilmesi, iyi bir adaptasyon yeteneğinin olması, etkin bir fotosentez yapması ve daha yoğun azot metabolizması oluşturması avantajları arasında yer almaktadır ve bu özellikler bitkiyi daha da önemli kılmaktadır. *Amaranthus* tek yıllık bir C4 bitkisidir ve buna bağlı olarak birim alanda içerdiği organik madde miktarı da fazladır. Bitki boyu, yetiştirildiği bölgeye bağlı olarak 40 cm ile 3 m arasında değişmektedir. Ayrıca, gruplar halinde çok küçük çiçeklerden ve tür özelliklerine bağlı olarak sarı, yeşil, kırmızı veya mor renkli çiçeklere sahip olabilmektedir (Amicarelli ve Camaggi, 2012).

Püsküllerinin içerisinde sarı veya siyah renkli, 1-1.5 mm çapında daneler bulunmaktadır ve bu daneler oldukça yüksek amino asit ve protein içeriğine sahiptir. Tohumlardan elde edilen amarant yağı ise önemli düzeyde çoklu doymamış yağ asidi içermektedir. Ayrıca doğal bir antioksidan kaynağı olarak tanımlanmaktadır. Yeşil büyük yaprakları bulunan amarant bitkisinin diğer yeşil bitkilere göre daha fazla mineral ve protein içerdiği de belirtilmektedir (Kalinova ve Dadakova, 2009).

Yarı tahıl olarak da bilinen *Amaranthus* yaygın kullanılan tahıllara göre daha yüksek protein içeriğine sahiptir. Ayrıca diğer tahıllarda bulunan prolaminleri ve çölyak hastaları için tehlikeli olan proteinleri içermemektedir. Bu yüzden çölyak hastaları için umut vaat eden bir besin kaynağı durumundadır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde *Amaranthus caudatus*, *Amaranthus hybridus*, *Amaranthus cruentus* ve *Amaranthus hypochondriacus*' un protein içeriğinin %12.5 ile %16 arasında değişiklik gösterdiği belirtilmektedir. Buğday tanesindeki kalsiyum, magnezyum, demir ve çinko gibi minerallerin miktarının sırasıyla amarant tohumlarına göre 5, 2, 2.9, 2.8 ve 1.3 kat daha düşük olduğu bildirilmiştir (Alvarez-Jubete ve diğerleri, 2010).

Tahıl amarant, sadece abiyotik ve biyotik streslere karşı dayanıklılığı nedeniyle değil, aynı zamanda yüksek biyokütle üretimi ve yüksek besin değeri nedeniyle de giderek daha fazla ilgi görmektedir. 1980' lerden bu yana tahıl amarant, ABD'de başarıyla ticari olarak yetiştirilmektedir ( Baker ve Rayas-Duarte, 1998 ). Ayrıca Çin Tarım Bilimleri Akademisi tarafından ABD'den Çin'e getirilerek yirmi yıldan fazladır burada seleksiyon ve yetiştirme yoluyla bir dizi yerel olarak adapte edilmiş amarant çeşidi elde edilmiştir (Wu ve Corke, 1999). *Amaranthus* bitkisi, kuraklığa ve ani sıcaklık

değişimlerine karşı oldukça dayanıklıdır. Ayrıca toprağın pH ve tuz içeriklerine de uyum gösterebilmekte ve bu sayede kolayca yetiştiriciliği yapılmaktadır (Boz, 2013). Sebze amarantları 25 °C' nin üzerindeki gündüz sıcaklıklarında ve 15 °C' nin altındaki gece sıcaklıklarında iyi büyümektedirler. Gölge, kuraklık stresi durumları dışında dezavantajlıdır. Amarant, yaz aylarında generatif aşamanın geciktiği subtropiklerde bir avantaj olan niceliksel bir kısa gün bitkisidir. Amarantlar gevşek bir yapıya sahip verimli, iyi drene edilmiş alkali toprakları (pH > 6) severler ve mineral alımı çok yüksektir (Grubben, 2004). *A. caudatus* serin ve kuru yayla koşullarında iyi performans göstermektedir. Güney Amerika'da 1.000-3.200 m rakıma kadar olan yerlerde bulunabilir. Peru'da ise yıllık ortalama yağışın 550 mm olduğu bölgelerde yetiştirilmektedir (Agong, 2006). Amarantlar azot bakımından zengin toprakları ve yüksek azot seviyelerini severler. Bu durum çiçeklenmenin başlamasını geciktirmekte ve böylece daha yüksek yaprak verimi sağlamaktadır. İyi çürümüş organik madde eklenmesi, 20-40 t/ha oranında faydalı olmaktadır. Amarant, kentsel çöp veya kompostla iyi bir gelişim göstermektedir. Benin ve diğer kentsel/banliyö alanlarında popüler olmasının nedenlerinden biridir. 400 kg/ha oranında bileşik gübre NPK 10-10-20 uygulaması önerilmektedir. Su eksikliği erken çiçeklenmeye neden olmaktadır (Schippers, 2004).

#### **Amaranthus bitkisinin biyolojik sınıflandırılması.**

Âlem: Plantae

Şube: Tracheophyta

Sınıf: Magnoliopsida

Takım: Caryophyllales

Familya: Amaranthaceae

Cins: *Amaranthus* L.

Tür: *A. caudatus*, *A. lividus*, *A. palmeri*, *A. paniculus*, *A. tricolor*, *A. viridis*, *A. leucocarpus*, *A. lineatus*, *A. furcatus*, *A. greggii*, *A. hypochondriacus* L., *A. hybridus* L., *A. hunzikeri*, *A. induratus*, *A. torreyi*, *A. dinteri*, *A. dubius* vb.

Türleri arasındaki az ve zor fark edilebilen ayırt edici karakterleri nedeniyle taksonomik çalışmalar açısından zor bir cins olarak değerlendirilmektedir. Genellikle otsu, tek yıllık veya çok yıllık olanları kısa ömürlü, ana eksenin tepesinde başak,

bileşik salkım ya da öbeksi çiçekleri bulunan bitkilerdir (Uygur ve diğerleri, 2021).  
Amaranthus türlerinden bazıları ülkemizde doğal olarak yayılış göstermektedirler.  
Bunlar:

*Amaranthus albus*: İstanbul, Silivri, Zonguldak yenice civarı

*Amaranthus caudatus*: İstanbul Kâğıthane, Trabzon Çaykara.

*Amaranthus chlorostachys*: İstanbul- Kâğıthane, Pera

*Amaranthus gracizans*: İzmir

*Amaranthus patulus*: İstanbul Beykoz

*Amaranthus paniculatus*: İstanbul, Kâğıthane, Trabzon Çaykara civarı

*Amaranthus retroflexus*: İstanbul Maltepe Pendik, Ankara Orman Çiftliği.

*Amaranthus tricolor*: İstanbul Yeniköy.

*Amaranthus sylvestris*: İstanbul Maltepe Yeniköy Pendik, İzmir (Dönmez, 2009).



*A. caudatus*



*A. viridis*



*A. tricolor*

**Şekil 1.1:** Farklı Amaranthus türleri.

Bu çalışmada organik, kimyasal ve vermikompost olmak üzere 3 farklı gübre ve bu gübrelerin yarısı-öneri-iki kat şeklinde uygulamaları ile *Amaranthus caudatus* bitkisi sera ortamında kontrollü bir şekilde yetiştirilmiştir. Bitkinin büyüme ve gelişme süreci takip edilerek fenolojik ve morfolojik gözlemler yapılmıştır. Daha sonra metanol ve n-hegzan çözücüleri kullanılarak soxhlet aparatıyla herbir uygulama grubundan ekstraktlar elde edilmiştir. Elde edilen bu ekstrakt örnekleri bitkilerin özellikleri ve değerinin anlaşılması açısından son derece önemli tayinler olan; total fenolik ve flavonoid miktarı, antioksidan etkisinin, antimikrobiyal ve sitotoksik etkisinin belirlenmesi için kullanılmıştır. Ayrıca *A. caudatus*' un insan sağlığı ve beslenmesi açısından son derece önemli yağlar bulundurduğunun anlaşılabilmesi için, elde edilen ekstraktların GC-FID' de sabit yağ karakterizasyonu ve oranı belirlenmiştir ve HPLC' de metanollü ekstraktların fenolik bileşik karakterizasyonu çalışılmıştır. Bunlara ilaveten sürdürülebilir tarım ve bunun geliştirilmesi için son derece önemli analizler olan toprak ve bitki-püskül element analizleri de gerçekleştirilerek kapsamlı bir tez çalışmasının ortaya konması amaçlanmıştır.

## 2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

Son yıllarda artan kuraklık ve gıda sorunu ile birlikte çocuklar başta olmak üzere yetersiz beslenme durumu görülmektedir. Bu durum özellikle çocukların gelişimini ve büyümesini sınırlandırmakta bundan dolayı da hastalıklara karşı dirençleri azalmaktadır. Tüm bu sorunların üstesinden gelebilmek için *Amaranthus* gibi kolay yetişebilen, hastalıklara ve kuraklığa dayanıklı, yaprakları ve tohumu besin değeri açısından oldukça değerli bitkilere ihtiyaç duyulmaktadır (Martinez-lopez ve diğerleri, 2020).

Amarantlar, tropikal, subtropikal ve ılıman iklimlerde kolaylıkla yetişmektedirler. Tek evcikli veya çift evcikli olmak üzere geniş bir morfolojik çeşitliliğe sahip, yaklaşık 74 türden oluşan bir bitki cinsidir. C4 fotosentetik yoluyla besinlerini sağladıklarından dolayı zor çevre koşullarına kolay uyum sağlayabilirler (Jimoh ve diğerleri, 2022).

### ***Amaranthus caudatus* L. nin özellikleri:**

- Amaranthaceae familyasının tek yıllık bir türüdür.
- Orta ve Güney Amerika kökenli olan bitki Ekvatordan, Kuzey Arjantin' e kadar yayılış göstermektedir.
- Boyları 1-1.5 m arasında değişmektedir. Yaprakları çenek şeklinde ve 15-20 cm genişliğinde olabilmektedir.
- Koyu kırmızı çiçekleri ve 1-1.5 mm çapında sarı-kahverengi tohumlara sahiptir. Ayrıca ana kök kazık şeklinde ve çok sayıda yan köklere sahiptir. Haziran-Temmuz aylarında çiçeklenmeye başlar ve Kasım ayına kadar çiçekler bitkide kalabilmektedir.
- Yalnızca çimlenme döneminde düzenli su isteyen bu bitki, çimlendikten sonra kuraklığa karşı oldukça dayanıklıdır. Ayrıca toprak hastalıklarına karşı oldukça dayanıklı bir bitkidir. Birçok bölgeye kolaylıkla uyum sağlayabilmekte ve kolaylıkla yetişebilmektedir.

Farklı kullanım alanları için yetiştirilen Horozibikleri, bilinen en eski yenilebilir tahıl kaynağı ve sebzelerden biridir. Ayrıca süs bitkisi olarak da kullanımı yaygındır. *A. caudatus* L., *A. cruentus* L. ve *A. hypochondriacus* L., Güney Amerika ve Güney Asya' da yalancı tahıl olarak evcilleştirilmiştir (Uygur ve diğerleri, 2021). Genellikle

*A. cruentus* ve *A. hypochondriacus* tahıl türü geri kalanı ise sebze türü olarak kullanılmaktadır. Tahıllar un için öğütülmekte veya patlamış mısır gibi patlatılmaktadır. Hem tahılın hem de sebzenin yaprakları çiğ veya pişmiş olarak yenebilir. Sebze, tahıl, süs veya yabancı ot amacıyla yetiştirilen amarantların birçoğu birden fazla kategori için kullanılmaktadır (Alegbejo, 2013).

*Amaranthus* türlerinin sebzeleri ve tahılları, temel olarak glutensiz proteinleri ve yüksek kaliteli esansiyel amino asit bileşimleri nedeniyle Kolomb öncesi olarak bilinen Amerika, Aztek ve Afrika' da sık kullanılmaktadır. Son zamanlarda ise Kuzey Amerika'da en sevilen yiyecekler arasına girmeyi başarmış durumdadır (Jimoh ve diğerleri, 2020).

Besinsel özelliklerine ek olarak, amarant bitkileri çekici tarımsal özelliklere de sahiptir. Kuru topraklar, yüksek rakımlar ve yüksek sıcaklıklar gibi diğer tahıl ve sebzelerin yetişemediği yerlerde yetişirler. Son yıllarda Amarant yetiştiriciliği artmış ve yetiştiriciler farklı ortamlara adapte olmuş çok sayıda yeni çeşit üretmektedirler (Bojórquez-Velázquez ve diğerleri, 2018).

Çabuk üreyen ve bakım gerektirmeyen, kolay hasta olmayan dayanıklı bir bitkidir. Hem yaprakları hem de siyah benekli küçük sarı tohumları yenebildiği gibi, kurutulan tohumları öğütülerek ekmek yapımında kullanılabilir (Çolak, 2013).

*A. caudatus*' un hem yaprakları hem de tohumları birçok hayati öneme sahip olan mikro ve makro besin elementlerini içermektedir. Tüm bu avantajlarından dolayı *Amaranthus* geleceğin süper tahılı olarak anılmaktadır (Repo-Carrasco-Valencia ve diğerleri, 2009). Yapılan çalışmalara göre, sebze olarak yetiştirilen amarantın 3-5 haftada hektar başına 40 ton taze madde üretebildiği belirtilmiştir. Ayrıca dane amarant çeşitlerinin 4-5 ayda olgunlaştığı ve hektar başına 0.9-1.5 ton dane verdiği de veriler arasında yer almaktadır. *Amaranthus*' un taksonomi, morfoloji, yetiştirme ve genetik, agronomi, tohum morfolojisi ve tohum ve yaprak kimyası açıklanmıştır. Tohum proteini ve lizin içeriğinin tahıllardan daha yüksek olduğu belirtilmektedir. Nişasta en bol bulunan karbonhidrattır ve sakaroz içeriği ise buğday, çavdar ve darıdakinin neredeyse iki katına kadar çıkabilmektedir (Saunders ve Becker, 1983).

Kronik rahatsızlıklara karşı nutrasötik etkisi ile bilinen *Amaranthus*' a olan ilgi son yıllarda tekrar canlanmıştır. Tropikal Amerika' ya özgü olan *Amaranthus* (Yunancada ölümsüz anlamına gelir), Aztek, Maya, İnka medeniyetlerinde temel bir üründü. Şu

anda Hindistan, Nepal, Çin, Endonezya, Malezya, Filipinler; Orta Amerika, Meksika'nın tamamı; Güney ve Doğu Afrika'da yaygın olarak yetiştirilmekte ve tüketilmektedir (Peter ve Gandhi, 2017). *Amaranthus* özlerinin, idrar yolu enfeksiyonları, jinekolojik durumlar, ishal, ağrı, solunum bozuklukları, diyabet ve ayrıca idrar söktürücü olarak da dahil olmak üzere çeşitli rahatsızlıkları tedavi etmek için eski Hint, Nepal, Çin ve Tayland tıbbında kullanıldığı belirtilmektedir (Peter ve Gandhi, 2017).

Yapılan çalışmalara göre *Amaranthus*' un mg/100g (DW) cinsinden element analizinde yaprakların; potasyum (54.20), sodyum (7.43), kalsiyum (44.15), demir (13.58), magnezyum (231.22), çinko (3.80) ve fosfor (34.91) içerdiği belirlenmiştir. Yaprakların vitamin mg/100 g (DW) cinsinden içeriği ise; karoten (3.29), tiamin (2.75), piridoksin (2.33), riboflavin (4.24), niasin (1.54), askorbik asit (25.40) ve tokoferol (0.50) şeklindedir. *Amaranthus* %17.5 – 38.3 oranında protein içermektedir. %5 lizin ve kükürt gibi amino asitler açısından zengindir (Joshi ve Verma, 2020).

*Amaranth* yüksek oranda doymamış yağ, squalen ve gluten içermeyen proteinleri gibi değerli besin bileşenleri ile de tahıllar için iyi bir seçenek durumundadır. *Amaranth* ile ilgili yapılan çalışmalar *Amaranth* tohumu, yağı ve yapraklarının kan basıncı, kolesterol ve kan şekerini düşürücü etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca antioksidan, anti kanser özellikleri ve çölyak hastaları için alternatif bir gıda olması da *Amaranth*' in insan sağlığına yararları arasındadır (Boz, 2013). Son zamanlarda yapılan çalışmalara göre bazı doğal ürünlerin ve birçok *amaranth* türünün yapısı incelendiğinde; kanser, konvülsiyon, diyabet, helmint enfeksiyonları, iltihaplanma, kardiyovasküler komplikasyonlar ve hepatik bozukluklar için sentetik ilaçlara göre daha doğal bir yöntemdir. Bundan dolayı da artan sentetik ilaç maliyetlerini karşılayamayan düşük ekonomik gelirli insanlar için iyi bir seçenek olmaktadır (Jimoh ve diğerleri, 2020). Ayrıca bitkilerden elde edilen antimikrobiyal bileşikler güçlü ve daha güvenlidir. Sentetik ilaçlar ve diğer bilinen tedavilerle karşılaştırıldığında insan sağlığına yönelik yan etkilerinin daha az olduğu düşünülmektedir (Rojas ve diğerleri, 2006). Üstelik kemoterapötik ajanlar hastalıklara karşı direnç oluşumunu kolaylaştırmaktadırlar. Araştırmacılar artık bulaşıcı hastalıklarla mücadele etmek için sentetik ilaçlara tamamlayıcı ve alternatif olarak bitkisel ürünler kullanmayı amaçlamaktadırlar. Bundan dolayı da yeni antimikrobiyal ilaçlar geliştirebilmek için tıbbi bitkilerden biyoaktif bileşenlerin tanımlanması, karakterizasyonu ve izolasyonu

gibi farmakodinamik çalışmaları gerekli kılmaktadır (Jimoh ve diğerleri, 2019). *A. caudatus*' un tohumlarında saklı antimikrobiyal peptit depoları bulunmaktadır ve nutrasötik bir bitkidir. Bu peptitler, kitin bağlayıcı proteinlerden daha fazla mikrobiyal büyümeyi engelleme yeteneğine sahiptir ve tohumları mantar istilasına karşı koruduğu da bilinmektedir (Paredes-Lopez, 2018).

Yapılan çalışmalar, *Amaranthus* türlerinin fenolik asitler, doymamış yağ asitleri, polifenoller, glukozinolatlar, proteinler, çözünür peptitler, flavonoidler, skualen ve  $\beta$ -karoten gibi çeşitli biyoaktif bileşenleri yüksek oranlarda içerdiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, hem sürgünlerinde hem de tohumlarında başlıca Fenolik bileşikler olarak ferulik asit, p-kumarik asit ve kafeik asidin baskın olduğu belirlenmiştir. (Jimoh ve diğerleri, 2019).

### **2.1. Primer ve Sekonder Metabolitler**

Bitkiler, primer ve sekonder metabolitler olarak sınıflandırılan çeşitli bileşikleri sentezleme yeteneğine sahiptir. Primer metabolitler; nükleotitler, amino asitler ve organik asitler gibi bitkinin temel yaşam fonksiyonları ve büyüme süreçlerinde doğrudan rol oynayan bileşenleri içermektedir. Buna karşın, sekonder metabolitler bitkinin hayati işlevleri için zorunlu olmamakla birlikte, çevresel adaptasyon, savunma mekanizmaları ve ekolojik etkileşimlerde önemli görevler üstlenen geniş bir organik bileşik grubunu temsil etmektedir. (Tiring ve diğerleri, 2020).

Bitkilerde bulunan sekonder metabolitler çeşitli fizyolojik işlevlerden sorumlu primer metabolitlerden kaynaklanan doğal ürünlerdir. Bu moleküller, bitkilerin çevredeki ortamla güçlü etkileşiminden sorumludur ve hayatta kalmalarını sağlar. Sekonder metabolitler bitkilerin hayatta kalmalarını ve yayılmalarını sağlamak için çekici kokular yayarlar veya çiçeklerinde ve meyvelerinde canlı renklerin oluşumundan sorumludurlar. Bu canlı renkler, çok çeşitli hayvan türlerini bitkiye çekerek onların tozlaşmasına yardım eder ve türünün devamlılığını sağlar (Roriz ve diğerleri, 2021). Bitkilerde sekonder metabolitlerin oluşumu genellikle hücre, doku veya organa özgü olmakla birlikte bu bileşikler düşük moleküler ağırlığa sahiptirler. Sekonder metabolitler miktarları ve türleri bakımından aynı bitki popülasyonu içerisinde bile farklılık gösterebilirler. Sekonder metabolitler bitkileri mantar, bakteri, böcek gibi biyotik faktörlere karşı korumakla birlikte abiyotik faktörler olan sıcaklık ve nem, ağır metallerin varlığı gibi etmenlerden de korumaktadır. Bu bileşiklerin ekonomik

değerleri oldukça yüksektir. Bundan dolayı da ilaç endüstrisi başta olmak üzere tat, koku, boya amaçlı alanlarda da kullanılmaktadır (Bakır, 2020). İçeriğinde ki değerli bileşikler sayesinde tıp ve eczacılık sektörlerinin yanı sıra gıda bileşeni ve besin takviyesi olarak kullanımları da yaygındır. Sekonder metabolitler ilk kez 1891’ de tanımlanmışlardır. Bu bileşikler kimyasal yapılarına, bazı çözücülerdeki çözünürlüklerine ve kompozisyonlarına göre sınıflandırılmaktadırlar (Ülger ve Ayhan, 2020). Sekonder metabolitlerin 100.000’ den fazla çeşidinin olduğu düşünülmektedir. Sekonder metabolitlerin bu benzersiz çeşitliliği sahip olduğu aliphatic, aromatik, hidroaromatik ve heterosiklik gibi karbon iskeletleri sayesinde. Eskiden sekonder metabolitlerin bitkilerde inaktif ve değişmeden kaldığına inanılmaktaydı. Son yıllarda ki yapılan araştırmalar bitkilerin tanen, lignin ve kauçuk dışındaki sekonder metabolit ürünlerini bazı yollarla tekrar primer metabolit ürünlerine dönüştürdüğü ve böylece bu ürünleri C ve N enerji kaynağı olarak kullandığını göstermektedir (Alaca ve Arslan, 2012). Sekonder bileşiklerin çoğu nükleik asit, protein ve biomembranların aktivitelerini spesifik olmayan bir yolla etkileyerek ve çok sayıda hedefi olan ajanlar olarak iş yaparlar. Sekonder bileşikler insanlarda antimikrobiyal, antidepresan, kas gevşetici ve sedatif vb. etki göstererek geleneksel tedavide rol oynarlar (Dağlar ve Dağdeviren, 2018).

20. yüzyılın yarısında kromatografi gibi tekniklerin yaygınlaşması ile yeni kimyasallar tanımlanarak, sekonder bileşiklerin ve bitki biyokimyasının temelleri atılmaya başlanmıştır. Sekonder metabolitlerin bitkilerdeki miktarı ve bileşimi açısından farklılık göstermeleri de kimyasal taksonomi ve kimyasal ekoloji disiplinlerinin doğmasına yol açmıştır (Vuran ve Türker, 2021). Sekonder metabolitler fenolikler, terpen steroidler ve alkaloidler olmak üzere 3 sınıfa ayrılırlar.

**Fenolikler:** genellikle bütün bitkilerde bulunurlar. Bu grubun içerisinde genellikle pigmentler yer almaktadır. Hücre duvarını güçlendiren yapısal özellikte olan lignin de bu grupta bulunur. Ayrıca kumarinler, stilbenler, isoflavonoidler, proantosiyandinler, yoğunlaşmış taninler de bu sınıfa örnek gösterilebilir. Bir ya da daha fazla asidik hidroksil grubu içeren fenolikler, kendi içerisinde de flavonoidler ve stilbenler olmak üzere ikiye ayrılır. Çoğunlukla vakuollerde bulunan flavonoidler, çoğu çiçeğin ve meyvenin renginin oluşmasında, bitkiyi UV-B ışınımından korumada görev almaktadır. Bitkinin yaralanma, kuraklık durumunda veya açlık ve metal stresinde sentezlenirler. Stilbenler ise çoğunlukla bitki savunmasında rol oynarlar. En bilinen

örneği olsn resveratrol asma da bol miktarda bulunmaktadı. Yaralanma ve patojen durumunda sentezlenen resveratrolün cis ve trans izomeri bulunmaktadı. Trans-resveratrol insanlarda kalp hastalıklarının tedavisinde etkilidir (Topçu ve Çölgeçen, 2015).

**Terpen steroidler:** 22.000' den fazla bileşik içeren sekonder metabolitlerin en büyük grubudur. Terpenler bitkilerde membranların yapısal bileşenleri (fitosterol), fotosentetik pigmentler (fitol, karotenitler) ve hormonlar (apsisik asit, gibberellinler) gibi işlerde görev almaktadırlar. Terpenler bitki dokularında genellikle 3 farklı şekillerde bulunurlar. Birincisi bitki dokusunda serbest halde, ikincisi glikozitlerin ya da organik asitlerin esterleri şeklinde son olarak da proteinlerle birleşmiş şekildedir. Terpenler sınıfında yer alan bileşikler koku potansiyeli açısından oldukça önemlidirler. Terpenler de kendi içerisinde içerdikleri izopren (beş karbon) birimlerinin sayısına göre alt dallara ayrılmaktadırlar (Croteau ve diğerleri, 2000).

**Alkaloitler:** aktif azot içeren bazik bileşikler sınıfındırlar. Bu sınıftaki bazı bileşikleri böcekler savunma maksadıyla kullanmaktadırlar. Örneğın Amerikan lale ağacında bulunan aporfın alkaloiti onu parazitik mantarlara karşı korumaktadır. Savunma amaçlı kullanılan bir diğer alkaloit ise kinolizindir. Bu bileşik otlayan hayvanlar için toksiktir. Acı tadı nedeniyle hayvanlar tarafından tüketilmeyi engellemektedir. Alkaloitler feromon maksadıyla da kullanılmaktadır. Cretonotos transiens corematasının büyüklüğü larva evresindeyken beslendiğı pyrolizidin alkaloit içeriğı ile doğru orantılıdır ve erkek kelebeklerin kur yapma becerisi bitkilerden aldıkları pyrolizidine bağlıdır. Alkaloitler böcek öldürücü olarak da kullanılmaktadır. Bunlara tütün bitkisindeki nikotin, kakao, kahve ve çayda bulunan kafein örnek olarak verilebilir (Tiring ve diğerleri, 2021).

## 2.2. Sekonder Metabolitlerin Yolakları

Bitkilerde sentezlenen sekonder metabolitlerin oluşum mekanizmaları tam olarak açıklığa kavuşmamış olsa da, bu bileşiklerin büyük ölçüde üç temel biyosentetik yol üzerinden üretildiğı kabul edilmektedir. Bu yollar; şikimat yolu, mevalonat yolu ve trikarboksilik asit (TCA) döngüsüdür. Şikimat yolu, aromatik bileşiklerin temel kaynağı olup, mikroorganizmalar ve bitkilerde bulunmasına karşın memelilerde yer almamaktadır (Bakır, 2020). Mevalonat yolunda ise sekonder metabolitlerin önemli bir kısmını oluşturan terpenoidlerin biyosentezi gerçekleşmektedir. Trikarboksilik asit

döngüsü yoluyla ise azot içeren çeşitli biyoaktif bileşiklerin sentezi sağlanmaktadır. (Özay ve Pehlivan, 2024).

### 2.3. Antioksidanlar

Canlılarda stres faktörleri sonucu veya doğal süreçlerle oluşan ve organizma için zararlı olan maddelere serbest radikal adı verilmektedir. Canlıların yaşamları için gerekli olan oksijenin eksik indirgenmesi durumunda hücrelere zarar veren bu maddeler oluşmaktadır. Serbest radikaller son yörüngelerinde paylaşılmamış elektrona sahiptirler ve bu elektron diğer moleküllerle kimyasal reaksiyona girerek onlardan elektron koparma eğilimindedir. Serbest radikaller canlılarda azot, sülfür ve oksijenden köken almaktadır. Bu maddeler canlılarda yüksek düzeyde buldukları zaman organizma için zararlı hale gelmektedir (Durhan ve diğerleri, 2022).

Hidrojen peroksit hücre membranlarından kolaylıkla geçebilmekte ve hücre üzerinde bazı fizyolojik etkilere neden olmaktadır. Ancak çiftlenmemiş elektrona sahip olmadığından radikal olarak adlandırılmamaktadır. Reaktif oksijen partikülleri (ROP) bu maddeler için kullanılan ortak bir terimdir. ROP' lar radikaller, radikal olmayanlar ve singlet oksijen olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Eğer oksijen molekülü orbitalinde eşleşmemiş elektron taşıyorsa süperoksit radikali olarak tanımlanır. İki adet eşleşmemiş elektron taşıyan ROP grubu ise singlet oksijen olarak tanımlanmaktadır. Radikaller; süperoksit, hidroksil, alkoksil ve peroksil radikallerdir. Radikal olmayanlar ise; hidrojen peroksit, lipit hidroperoksit ve hipoklorik asittir (Çavdar ve diğerleri, 1997).

Canlılar için normal düzeyleri aştığında zararlı olan bu bileşiklerle savaşan bileşiklere antioksidan madde denilmektedir. Antioksidanların görevleri; koruma, tamir ve durdurma olarak 3 başlık altında incelenebilmektedir (Aksoy, 2002). Birçok doğal ürünün antioksidan özelliği bulunmaktadır. Bitkisel ürünlerin antioksidan özellikleri kumarinler, flavonoidler ve sinnamik asit gibi bitkilerin içerdiği fenolik bileşikler sayesinde gerçekleşmektedir (Kolaç ve diğerleri, 2017).

Antioksidan maddeler enzimatik ve enzimatik olmayanlar olarak sınıflandırılabilirler. Süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), glutatyon peroksidaz (GSH), glutatyon redüktaz (GR) enzimatik antioksidanlar arasında yer almaktadır. Mineral (Se, Zn), vitamin (A, C, E ve K), karotenoidler (Beta karoten, likopen, lutein, zeaksantin), organosülfür bileşikleri, antioksidan ko-faktörler ve polifenoller ise enzimatik

olmayan antioksidanlardır (Yılmaz, 2010). Yapılan çalışmalar incelendiğinde flavonoidlerin ve diğer bitki fenoliklerinin peroksil, süperoksit, nitrit oksit gibi radikalleri temizlemenin yanı sıra demir ve bakır şelasyonu, vazodilatatör, immünstimülan, antiallerjik, östrojenik, antiviral etkileri de bulunmaktadır (Çimen, 1999). Polifenoller antioksidan olarak adlandırılabilir; az konsantrasyonlarda bile oksidasyonu geciktirebilir, oksidasyonu önleyebilir veya yavaşlatabilir. Bunlara ilaveten kendisi serbest radikale dönüştüğünde yapısının stabil kalması gerekmektedir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde polifenollerin in vitro olarak  $\alpha$ -tokoferol ve vitamin C' den daha kuvvetli antioksidan özellik gösterdiği kanıtlanmıştır. Ayrıca başta demir ve bakır olmak üzere metal bağlamaları polifenollerin serbest radikal oluşumunu engelleyerek antioksidan özelliğinin bir kanıtıdır (Rice Evans, 1997). Antioksidan maddeler serbest radikallerle reaksiyona girerek onların zararlı etkilerini yok ederek veya en aza indirerek tümör oluşumunu engellemektedirler (Güleşci ve Aygül, 2016). Antioksidan maddelerin kimyasal yapısı, yapı/aktivite ilişkileri, çözünürlükleri ve doğal kaynaklardan elde edilmeleri insan sağlığındaki önemini belirleyen en önemli faktörlerdir (Kaur ve Kapoor, 2001).

#### **2.4. Antioksidan Aktivite Tayin Yöntemleri**

Antioksidan kapasite tayin yöntemleri hidrojen atomu transferi reaksiyonuna dayananlar (HAT) ve tek elektron transferi reaksiyonlarına dayananlar (ET) olmak üzere temelde iki sınıfa ayrılmaktadır (Ardağ, 2008).

Hidrojen atomu transferi reaksiyonuna dayanan (HAT) yöntemlerin çoğunda yarışmalı reaksiyon kinetiği izlenmektedir. Bu yöntemler genellikle bir antioksidan, bir oksitlenebilir prob ve sentetik bir serbest radikalden oluşmaktadır. HAT reaksiyonuna dayanan analiz yöntemleri genellikle azo bileşiklerinin bozunmasıyla oluşan peroksil radikallerinin antioksidan ve substrat tarafından yarışmalı bir şekilde giderilmesi esasına dayanmaktadır. HAT analiz yöntemleri:

- Crocin bleaching deneyleri
- İndüklenmiş düşük yoğunluklu lipoprotein otooksidasyonu
- Total radikal yakalama antioksidan kapasitesi (TRAP)
- Oksijen radikal absorban kapasitesi (ORAC)

Tek elektron transferi yöntemlerinde ise antioksidan maddenin oksidan bir maddeyi indirgeyerek renk değişmesinin ölçülmesi esasına dayanmaktadır. Oluşan renk değişimi antioksidan maddenin derişimi ile ilişkilidir. ET esaslı analiz yöntemleri:

- CUPRAC (Bakır(II) İndirgeyici Antioksidan Kapasite) yöntemi
- Troloks eşdeğeri antioksidan kapasite (TEAC) ölçümü
- Cu (II) kompleksini oksidan olarak kullanılan “toplam antioksidan potansiyel” ölçüm yöntemi
- Troloks eşdeğeri antioksidan kapasite (TEAC) ölçümü
- DPPH kullanarak “toplam antioksidan potansiyel” ölçüm yöntemi
- Ferrik iyonu indirgeme antioksidan gücü (FRAP) ölçümü şeklindedir.

## 2.5. Bitkiler ve Gübre Uygulamaları

Tarımda 1960’ lı ve 1970’ li yıllarda mümkün olduğunca fazla üretmeyi amaçlayan anlayış olan, Yeşil Devrim günümüzde artık yerini kaliteli üretime bırakmaya başlamıştır. Dünya çapında artan nüfusla birlikte gıda tüketiminde de bir artış görülmektedir. Bu artışı karşılayabilmek için bitkisel ürünlerde gübrelerin kullanımı kaçınılmaz olmaktadır (Karaçal ve Tüfenkçi, 2010).

Yapılan çalışmalar incelendiğinde hayvansal gübrelerin eski çağlardan beri kullanıldığı anlaşılmaktadır. Binlerce yıl önce Çin’de, verimi artırmak için hayvansal gübrelerin kullanıldığını gösteren kayıtlar bulunmuştur. Antik Yunan ve Roma’ da da aynı şekilde bitkisel ve hayvansal atıkların gübre olarak kullanıldığı yapılan çalışmalar sonucunda ortaya çıkmıştır. Güney Amerika’ da ise yerliler mısır ve patates tarımında guanoyu gübre amaçlı kullanmışlardır (Şahin, 2016).

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)’ ya göre artan gıda talebini karşılayabilmek için dünya genelinde kullanılan gübre miktarının 2015’ de 175 milyon ton olduğunu, 2030 yılında ise bu değer 199 milyon ton gübreye ulaşacağını bildirmektedir. Ayrıca belirtilen bu değerlerin % 69’ lık kısmı gelişmiş ülkelerde % 31’ lik kısmı ise az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerde kullanılmaktadır. Sürekli bir artış içerisinde olan dünya nüfusunun önümüzdeki 40 yıl içinde 2.3 milyar artacağı belirtilmektedir. Buna bağlı olarak da gıda ve yem üretiminin 2050 yılında 3 milyar tona çıkacağı tahmin edilmektedir. Gelişmekte olan ülkelerdeki tarım verileri

incelendiğinde, gübre kullanımı ile tahıl üretimi arasında doğru orantılı bir artış olduğu anlaşılmaktadır (Karaçal ve Tüfenkçi, 2010).

Bitkisel üretimi artırmak için toprağa verilen maddelere gübre, bu maddelerin toprağa verilme işlemine de gübreleme denilmektedir (Karakurt, 2009). Gübre tarımsal üretimde en önemli girdilerin başında gelmektedir. Gübre uygulaması yeterli miktarda yapılmadığında verim ve kalite kayıplarına neden olmakla birlikte, ihtiyaçtan fazla uygulandığında ise taban ve yüzey sularının kirliliğine ek olarak hava kirliliğine de sebep olmaktadır. Gübrelerden istenen verimi ve kaliteyi elde edebilmek için; toprak karakteri, gübrenin verilme zamanı ve miktarı, iklim, bitki çeşidi gibi özelliklerin bilinmesi ve buna göre uygun gübre çeşidi ve dozajı yapılmalıdır (Atılğan ve diğerleri, 2007).

Ülkemiz toprakları ve özellikle Orta Anadolu bölgesi toprakları organik madde yönünden fakir topraklardır. Organik madde içeriğinin %1.7 civarı gibi çok düşük miktarlarda olduğu belirtilmektedir (Kaplan ve diğerleri, 2018). Yapılan çalışmalar incelendiğinde ülkemizdeki tarım topraklarının ancak % 6 civarı yeterli organik madde miktarına sahiptir. Fosfor yönünden de bakıldığında % 75' i yeterli düzeyde değildir (Aygün ve Acar, 2004). Organik madde toprağın fiziksel özelliklerinin iyileştirerek, toprağın daha iyi havalanmasına ve toprağın su tutma kapasitesinin düzenlenmesine yardımcı olmaktadır. Ayrıca toprak ısısının da daha iyi duruma gelerek elde edilen ürün verim miktarı ve kalitesini de artırmaktadır (Karakurt, 2009).

Gübreler, içerdiği bileşiklere ve besin salım mekanizmasına bağlı olarak organik, kimyasal ve mikrobiyal olmak üzere 3'e ayrılmaktadır (Ulus, 2021).

### **2.5.1. Organik gübre**

Farklı oranlarda azot (N), fosfor (P), potasyum (K) ve diğer besin elementlerini içeren gübrelerdir. Organik gübreler hem toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirirler hem de bitkilerin besin ihtiyaçlarını karşılamaktadırlar. Bu nedenden dolayı toprak özelliklerini düzeltici gübreler olarak da tanımlanmaktadırlar (Aygün ve Acar, 2004). Bu gübreler doğal kaynaklardan elde edildikleri için sürdürülebilir tarıma bir çözüm sunmaktadır. Ayrıca çevre dostu tarım modeli sağlayarak toprak verimliliğini artırmakta ve su kaynaklarını korumaktadır. Bu gübreler toprağın yapısını iyileştirerek toprağın daha iyi su ve besin tutması, ayrıca toprağın pH dengesini koruyarak toprakta yaşayan mikroorganizmaları canlılığını sağlar. Bunlara

ek olarak topraktaki zararlı böceklerin ve hastalıkların oluşumunu da engellemektedir. Organik gübreler kompost, hayvan gübreleri, yeşil gübreler, deniz yosunu, mikoriza, solucan gübresi ve biyokömür gibi materyallerden oluşmaktadır (Akpınar, 2024).

- **Solucan gübresi (Vermikompost):** bitkisel ve hayvansal kaynaklı organik atıkların, solucanlar veya diğer faydalı mikroorganizmalar tarafından yapıtaşlarına ayrışma işlemine vermikompost veya biyohumus denilmektedir. Vermikompostlar toprakların strüktür yapısını iyileştirir, su tutma kapasitesini artırır ve hava yapısını düzenler. Bitki verimliliğini artırdığı ve toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapısını düzenlediği yapılan çalışmalar ile kanıtlanmıştır. Ayrıca bazı bitki ve pestisit hastalıklarını da kontrol ettiği belirtilmiştir. Bu nedenlerden dolayı güvenilir bir organik gübredir. Solucan dışkılarından elde edilmektedir. Organik atıklarda bulunan mikro besin elementleri solucanların sindirim sisteminde şelatlanmaya uğrayarak dışarıya atılmakta, böylece bitkiler tarafından da kolayca emilmeleri sağlanmaktadır (Abacıoğlu ve diğerleri, 2020).
- **Yeşil gübre:** Toprağı zenginleştirmek üzere yerinde büyütülmüş ya da başka yerlerden getirilmiş yeşil bitki materyalinin toprak altına gömülme işlemine “yeşil gübreleme“ bu iş için kullanılan bitkilere de ”yeşil gübre bitkileri“ denilmektedir (Yetgin, 2010). Öncelikle toprak iyileştirici ve sonraki ürünler için besin kaynağı olarak kullanılan ürünlerdir. Ürün üretimine yönelik yeşil gübre yaklaşımları, tarımın çevresel etkilerini azaltırken ekonomik uygulanabilirliği artırabilir. Ancak, yeşil gübre uygulamaları çevre ve yönetim arasındaki etkileşimlere bağlı olduğu için karmaşık bir süreçtir (Cherr ve diğerleri, 2006). Toprak verimliliğindeki azalma ve diğer gübrelerin artan maliyeti, baklagilleri ve diğer bazı bitkileri gübre için popüler bir seçenek durumuna getirmiştir. Yapılan araştırmalar incelendiğinde baklagillerin yeşil gübre olarak kullanımı tahılların dane verimi üzerinde olumlu etkileri olduğu anlaşılmıştır. Bunlara ilaveten yeşil gübrelerin toprağın azot, potasyum ve fosfor içeriğini de iyileştirdiği sonuçlar arasındadır (Talgre ve diğerleri, 2012).
- **Kompost:** Steril edilmiş organik atıkların toprak iyileştirici ve düzenleyici olarak kullanılması için kontrollü ayrıştırma işlemine kompostlama denilmektedir. Biyoatıkların kompostlaştırılması ve kompost uygulaması tarımda birçok olumlu etkisi vardır. Bunların başında tarımın

sürdürülebilmesinin artırılması ve sera gazlarının yönetimi gelmektedir (Termorshuizen ve diğerleri, 2004). Kompostlama yıllar içerisinde giderek daha fazla kabul gören bir atık işleme haline gelmektedir. Süreç organik atıkların doğal biyolojik ayrışmasından oluşmaktadır ve bu işlem çeşitli mikroorganizmalar tarafından yapılmaktadır. Farklı organik atıklardan oluşan kompostların kalitesi kullanılan atığın bileşimine ve diğer etmenlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Azim ve diğerleri, 2018). Çin’ de gerçekleştirilen bir çalışmaya göre, kompostun tarım, ormancılık ve bahçecilik gibi pek çok alanda yaygın olarak kullanıldığı bildirilmektedir. Tarla bitkileri, fidanlar, saksı bitkileri, serada yetiştirilen türler, süs bitkileri ve yer örtücü otlar için de uygun bir yetiştirme ortamı sunmaktadır. Bunun yanı sıra, tarım topraklarının organik madde içeriğini ve verimliliğini artırmak, bozulmuş alanları, örneğin terk edilmiş maden sahalarını iyileştirmek, kentsel peyzaj uygulamalarını desteklemek ve atık depolama alanlarının üzerini örtmek amacıyla da kompost kullanımı mümkündür (Wei ve diğerleri, 2000).

### **2.5.2. Kimyasal gübre**

Toprakta eksik veya bulunmayan inorganik maddeleri tamamlamak için eklenen yarı veya tam sentetik maddelerdir. Yapay gübreler sıvı veya katı halde bulunurlar. Azotlu gübreler, amonyak, amonyum nitrat, üre, fosfatlı gübreler, süperfosfatlar, amonyum fosfat ve potasyumlu gübreler gibi birçok çeşitleri bulunmaktadır. Bazı durumlarda çinko, bakır, bor, kobalt, manganez ve diğer minör elementlerin tuzları da gübre olarak toprağa verilmektedir (Gülçur, 1962). Dünyada tarımsal üretimde ki kayıpların yaklaşık olarak %9’ unu hastalıklar, %11’ ini zararlılar ve %15’ ini ise yabancı otlar oluşturmaktadır. Bitkisel üretimdeki bu kayıpları en aza indirmek için, dünyada ve ülkemizde yoğun bir kimyasal gübre ve pestisit kullanılmaktadır (Avan ve Kotan, 2021).

Türkiye de tarım ürünleri için bir yılda 6 milyon ton kimyasal gübre, 38 bin ton sentetik tarım ilacı ve hormon kullanılmaktadır (Aygün ve Acar, 2004). Bitki büyümesi ve verimi üzerine olumlu etkilerine rağmen kimyasal gübrelerin çevre için olumsuz etkileri bulunmaktadır. Fazla ve dengesiz kullanımında topraklarda tuzlanma, ağır metal birikimi, besin maddesi dengesizliği, mikroorganizma etkinliğinin bozulması, sularda ötrofikasyon ve nitrat birikimi, havaya azot ve kükürt içeren gazların verilmesi,

ozon tabakasının incelmesi, sera etkisi gibi çevresel problemler oluşmaya başlamaktadır (Sönmez ve diğerleri, 2008)

### **2.5.3. Mikrobiyal gübre**

Toprakta, genellikle bitki kök bölgelerinde yaşayan ve bitkiler için topraktaki besin maddelerinin alımını kolaylaştıran gübrelere mikrobiyal gübreler denir. Faydalı bakteriler, funguslar ve diğer organizmalar bu amaçla kullanılmaktadır. Bu gübrelerin ayrıca toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerinde iyileştirici özellikleri de vardır. Son yıllarda tarımda kimyasal gübre ve pestisitlere alternatif olarak mikrobiyal gübrelerin kullanımı artmaktadır. Dünyada tarımda kullanılmak üzere piyasaya sunulan mikrobiyal ürünlerin büyük bir kısmı bakteri veya fungus içeriklidir. Bu ürünlerden bazıları Türkiye’de de son yıllarda başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak bu gübrelerin raf ömürlerinin çok uzun olmaması ve çevresel etmenlere göre etmenlere göre etkinlerinin azalması dezavantajları arasındadır. Yapılan çalışmalara göre insan sağlığı açısından hiçbir risk faktörü taşımaması ve kimyasal gübrelere göre daha çevreci bir yaklaşım göstermeleri bu dezavantajların önüne geçmektedir. Yine avantajları arasında doğal çevreyi koruyucu olduklarından doğadaki faydalı türleri de korumakta ve bitkilerde kalıntı sorunu oluşturmazlar. Kimyasallara göre daha ekonomik olmalarının yanı sıra, toprak yapısını iyileştirir ve bitkilerin stress koşullarına karşı direnç mekanizmalarını aktive ederek dayanıklılıklarını artırırılar (Avan ve Kotan, 2021).

### **2.5.4 Kanser ve fenolik bileşikler**

Kanser dünya çapında insanlık için büyük bir sorun haline gelmiş durumdadır. Gelişmiş ülkelerde ölümlerin en önemli nedenleri arasındadır. İnsanlık, hastalığın görülme sıklığını ve buna bağlı ölümleri azaltmak için daha iyi, daha ucuz, daha az yan etkiye sahip tedaviler bulmaya çabalamaktadır. Uzun yıllardır fenolik bileşiklerin antitümör, proapoptotik ve antianjiyogenik etkileri yoğun olarak araştırılmaktadır. Son yıllarda biyoaktif bileşiklerin bu hastalıklarda kullanımı oldukça artmıştır (Carocho ve Ferreira, 2013). Kanser, 2020' de tahmini 19 milyon yeni vaka ve 10 milyon ölümlerle dünya çapında ikinci ölüm nedeni olarak belirtilmektedir. Tümör hücreleri vücutta metastaz, kontrolsüz çoğalma, vücutta bağışıklığın düşük olması ve apoptoza karşı direnç nedeniyle oluşmaktadır. Bunlara ilaveten reaktif oksijen türleri (ROS) ve/veya reaktif nitrojen türleri (RNS) tarafından uygulanan yüksek düzeydeki oksidatif stres

de kanserli hücrelerin oluşmasının nedenlerinden biridir (Sharifi-Rad ve diğerleri, 2023).

Doğal ürünlerin kanser gibi çeşitli hastalıkların tedavisinde uygulanması uzun yıllardan beri önemli bir araştırma alanı olmuştur. Çeşitli fitokimyasallar, çeşitli hücrel mekanizmaları modüle ederek kanserin ilerlemesini önlemek veya azaltmak için antikarsinojenik aktivite göstermektedir. Yapılan bir çalışmaya göre, meyve ve sebze yemenin akciğer kanserine yakalanma riskini %18'e kadar azalttığını ve akciğer kanseri riskinin azalmasının ardındaki nedenin, meyve ve sebzelerde bulunan yüksek miktardaki flavonoidler ve diğer fenolik bileşiklerden kaynaklandığı düşünülmektedir (Muller ve diğerleri, 2019).

Gıdalarımızda fenolik bileşiklerin yaygın olarak bulunması nedeniyle, insanlar büyük miktarda fenolik bileşik tüketmektedir. Gıdalardaki fenolik bileşiklerin çoğu bitki flavonoidlerdir. Bunlar arasında kahvedeki klorojenik asit, sebze ve meyvelerdeki kafeik asit ve ferulik asit, sebze ve tahıllardaki yağlarda  $\alpha$ -tokoferol, çay ve kırmızı şarapta bulunan polifenolik kateşinler, biberiye yapraklarındaki karnosol ve zerdeçal, köri ve hardaldaki kurkumin sayılabilir. Bu polifenolik bileşiklerin hemen hemen hepsi, antioksidan aktivite, aktif oksijen türlerini temizleme yeteneği, elektrofilleri temizleme yeteneği, nitrozasyonu engelleme yeteneği, metalleri şelatlama yeteneği, belirli metallerin varlığında hidrojen peroksit üreten otooksidasyon potansiyeli ve belirli hücrel enzim aktivitelerini düzenleme yeteneğine sahiptirler. Yapılan çalışmalar incelendiğinde bu bileşiklerin insanlarda tümör gelişiminin çeşitli adımlarını engellediği anlaşılmıştır. Son zamanlarda yapılan çalışmalar fenolik bileşiklerin biyolojik aktiviteleri ve işlevlerine, özellikle de antikarsinojenik mekanizmalarına odaklanmaktadır (Huang ve Ferraro, 1992). Ayrıca fenolik bileşiklerin hücre döngüsünü durdurarak, kanserojen metabolizmasını ve ontogenez ifadesini düzenleyerek, DNA bağlanmasını ve hücre yapışmasını, göçünü, çoğalmasını veya farklılaşmasını inhibe ettiği ve sinyal yollarını bloke ederek apoptozu (programlanmış hücre ölümü) indüklediği de yapılan çalışmalar ile anlaşılmaktadır (Huang ve diğerleri, 2009). Ayrıca, son çalışmalar fenolik bileşiklerin bağırsak mikrobiyotasında dönüşüme uğradığını ve böylece biyolojik aktivitelerini destekleyen ek özellikler kazandığını göstermiştir. *In vitro* gözlemler, klinik öncesi ve epidemiyolojik çalışmalar bitki fenolik asitlerinin kanser büyümesini geciktirmedeki rolünü göstermektedir. Yapılan çalışmada fenolik bileşiklerin antikanser özellik

göstermesinin sahip olduğu hidrosilik grup sayısı ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Hidrosilik içermeyen veya daha az sayıda hidrosilik grup içeren fenolik bileşiklerin, örneğin 3 hidrosilik grup içeren gallik aside göre daha az etkili olduğu anlaşılmıştır. Hidrosilik gruplar ve katekol halka yapısı, doymamış kısa yağ asidi yan zincirinin varlığı da fenolik bileşikleri daha güçlü hale getirmektedir. Yani daha yüksek hidroksil yapılarına sahip olan benzoik ve sinamik asit türevleri kanser hücresi çoğalmasını önlemek için potansiyel ajanlar olarak düşünülmektedir. Ayrıca sinamik asit izomeri olan P-kumarik asitin, kolon kanseri hücre dizilerini inhibe ettiği de yine yapılan çalışmalar sonucunda anlaşılmaktadır. Bitki kaynaklarından elde edilen fenolik bileşikler arasında yer alan sinamik asidin HT-44 hücre hattının canlılığını azalttığı da ortaya konmuştur (Anantharaju ve diğerleri, 2016).

Roy ve diğerleri (2002)' ne göre; akut miyeloblastik lösemi (HL-60), kronik miyelojenik lösemi (K-562), meme adenokarsinomu (MCF-7) ve servikal epitelyal karsinom (HeLa) hücrelerine, kurkumin, resveratrol ve kapsaisin gibi biyoaktif bileşikler içeren ekstraktlar uygulandığında kanser hücrelerini inhibe ettiğini açıklamışlardır. Bu çalışmadan da fenolik bileşiklerin sitotoksik etki gösterdiği ve hücre proliferasyonunu inhibe ettiği anlaşılmaktadır. Kurkuminin HL-60, K-562 ve MCF-7 hücre hatlarında belirgin sitotoksik etki gösterdiği buna karşın HeLa hücrelerinde sınırlı bir etki oluşturduğu resveratrolün ise yalnızca lösemik hücrelerde sitotoksik olduğunu rapor etmişlerdir.



### 3. MATERYAL ve METOT

Mevcut tez çalışmasında *A. caudatus* L. bitkisine organik, kimyasal ve vermikompost gübreleri ve bu gübrelerin yarısı, tam doz ve iki katı doz şeklinde uygulama yapılmış olup kontrol grubuna ise herhangi bir gübreleme yapılmamıştır. Sera koşullarında uygun sıcaklık ve çevresel faktörler altında yetiştirilen bitkilerin fenolojik ve morfolojik özellikleri gözlemlenmiştir. Ayrıca, toplam fenolik ve flavonoid içerikleri, DPPH serbest radikal süpürme kapasiteleri, antimikrobiyal aktiviteleri ve sitotoksik etkileri değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında toprak ve bitkilerden elementel analizler gerçekleştirilmiş; bitki ekstraktları üzerinde ise fenolik bileşiklerin belirlenmesi amacıyla HPLC ve sabit yağ içeriklerinin analizine GC-FID teknikleri kullanılmıştır.

#### 3.1. *Amaranthus caudatus* L.'nin Yetiştirilmesi ve Gübreleme İşlemleri

Mevcut tez çalışmasında kullanılacak olan *A. caudatus* tohumları Tacir Depo' dan temin edilmiştir. Tohumlara herhangi bir hastalık veya patojen durumu olmaması için, %1' lik NaClO' da 1 dk bekletilerek sterilizasyon işlemi yapılmıştır. Daha sonra tohumlar saf su ile durularak 1 L suya 100 mL olacak şekilde seyreltilmiş gübre çözeltilerinde 6 saat bekletilmiştir. Tohumların yarı yarıya torf ve bahçe toprağı karıştırılmış saksılara 4 tekrarlı olacak şekilde dikimi gerçekleştirilmiştir. Organik, kimyasal ve vermikompost gübreleri ve bu gübrelerin yarısı-tam-iki kat olacak şekilde 9 adet uygulama grubu ve hiçbir uygulama yapılmayan kontrol grubu ile birlikte toplamda 10 adet çalışma grubu oluşturulmuştur (Çizelge 3.1). Saksılar Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi araştırma serasında 23-24 °C sıcaklıkta ve yeterli ışık ve nem koşullarında yetiştirilmeye bırakılmıştır. Saksılar 3-4 gün aralıklarla bitkilerin su isteğine göre düzenli olarak sulanmıştır. Saksılarda çimlenme tamamlandıktan sonra, bitkilerin büyük çoğunluğunun 15–20 cm boyuna ulaşmasıyla birlikte ilk gübreleme işlemi uygulanmıştır. İkinci gübreleme ise, bitkilerin yarısından fazlasında çiçeklenme evresinin başlamasının ardından gerçekleştirilmiştir. Çiçeklenme döneminden sonra püsküler oluşmaya başlamış ve olgunlaşan püsküller toplanarak kilitli saklama poşetlerine konularak çalışmalarda kullanılmak üzere -20 °C' de muhafaza edilmiştir.

**Çizelge 3.1:** Uygulanan gübrelerin içerik ve miktarları.

Uygulama	Kimyasal bileşimi	Yarısı	Önerilen	İki katı
<b>Kontrol</b>	-	-	-	-
<b>Sıvı Sentetik</b>	N: P: K (%7:7:7)	1-1.5 L/da (K <sub>G</sub> -1.5 L/da)	2-3 L/da (K <sub>G</sub> - 3 L/da)	4-6 L/da (K <sub>G</sub> - 6 L/da)
<b>Sıvı Organik</b>	Toplam organik madde: %45 C: %19.5 N: %3, K <sub>2</sub> O:7	150-300 ml/da (O <sub>G</sub> - 300 ml/da)	300-600 ml//da (O <sub>G</sub> -600 ml/da)	600-1200 ml/da (O <sub>G</sub> -1200ml/da)
<b>Sıvı Vermikompost</b>	Toplam organik madde: %5 Hümitik+fülvikasit: %10	0.75-1 L/da (V <sub>K</sub> - 1 L/da)	1.5-2 L/da (V <sub>K</sub> - 2 L/da)	3-4 L/da (V <sub>K</sub> - 4 L/da)

### 3.2. Fenolojik, Morfolojik, Verim ve Kalite Analizleri

Doktora tez çalışması için yetiştirilen *A. caudatus* bitkisinin fenolojik gözlemleri için çimlenme süresi, çiçeklenme süresi ve vejetasyon süresi araştırılmıştır. Morfolojik gözlemler için; bitki boyu (cm), gövde eni (cm), salkım (püskül) boyu (cm), salkım ağırlığı (g), yaprak sayısı (adet), yaprak boyu (cm), yaprak eni (cm), kök ağırlığı (g) ve kök uzunluğu (cm) hesaplanmıştır. Verim ve kalite analizleri için bin dane ağırlığı (g), biyolojik verimi (g), sabit yağ oranı (%) olarak hesaplanmıştır. Ayrıca bitki, püskül elementel analizi ve toprak fizikokimyasal analizi hesaplanmış ve istatistiki değerlendirmeler yapılmıştır. Verilerin istatistiki analizi Duncan testine göre ortalamaların farklılık gruplandırmaları yapılarak karşılaştırılmalı sonuçlar kaydedilmiştir.

#### 3.2.1. Fenolojik gözlemler

##### 3.2.1.1. Çimlenme süresi (gün)

Tohumların saksıya dikiminden sonra bitkilerin yarısından fazlasının çimlenmeye başladığı süre olarak tanımlanmaktadır (Ulus, 2021). Bitkiler günlük gözlemlenerek

çimlenmelerin gerçekleştiği gruplar not edilmiş ve istatistiki hesaplamalar yapılmıştır (Şekil.3.1).



Şekil 3.1: *A. caudatus* bitkisinin çimlenmesi.

#### 3.2.1.2. Çiçeklenme süresi (gün)

Tohumların saksıya dikiminden sonra yarısından fazlasının çiçeklenmeye başladığı süredir (Ulus, 2021). Bitkiler günlük gözlemlenerek çiçeklenme süreleri not edilmiş ve istatistiki hesaplamalar yapılmıştır.



Şekil 3.2: *A. caudatus* bitkisinin büyüme ve çiçeklenme süreci.

#### 3.2.1.3. Vejetasyon süresi (gün)

Bitkilerin çimlenmeye başlama ve hasat edilme arasındaki geçen süredir (Ulus, 2021). Seradaki bitkiler günlük gözlemlenerek vejetasyon süreleri hesaplanmıştır.

### **3.2.2. Morfolojik analizler**

#### **3.2.2.1. Bitki boyu (cm)**

Hasat zamanına kadar yetiştirilen bitkilerin boyları, toprak üst kısım hizasından püskül kısmına kadar olan hizaya kadar metre ile ölçülerek bulunmuştur (Andini ve diğerleri, 2013).

#### **3.2.2.2. Gövde eni (cm)**

Hasat zamanına kadar yetiştirilen bitkilerin gövde eni, toprak üst kısmından ortalama 10 cm yukarda olacak şekilde kumpas yardımıyla ölçülmüştür (Andini ve diğerleri, 2013).

#### **3.2.2.3. Salkım (püskül) boyu (cm)**

Bitkilerin salkım (püskül) boyu, olgunlaşan püsküller bitkiden kesilerek metre yardımıyla ölçümleri yapılmıştır.

#### **3.2.2.4 Salkım (Püskül) ağırlığı (g)**

Olgunlaşan püsküller bitkiden kesilerek hassas terazide tartıldı ve gram cinsinden ağırlıkları hesaplanmıştır.

#### **3.2.2.5. Yaprak sayısı (adet)**

Saksılardaki her bir bitkinin üzerinde bulunan yapraklar tek tek sayılarak not edilmiş ve istatistiki hesaplamalar yapılmıştır (Dönmez, 2009).

#### **3.2.2.6. Yaprak boyu (cm)**

Uygulama gruplarına ait bitkilerdeki yapraklardan tesadüfi 10 tanesinin boyu cm cinsinden ölçülerek ortalaması alınmıştır (Dönmez, 2009).

#### **3.2.2.7. Yaprak eni (cm)**

Uygulama gruplarına ait bitkilerdeki yapraklardan tesadüfi 10 tanesinin eni cm cinsinden ölçülerek ortalaması alınmıştır (Dönmez, 2009).

### 3.2.2.8. Kök ağırlığı (g)

Vejetasyon süresini tamamlayan bitkiler saksılardan sökülerek kök kısımları ana gövdelerinden kesilmiş ve toprakları temizlenerek hassas terazide tartılmıştır. Kök ağırlıkları tartılan bitkilerin istatistiki hesaplamaları yapılmıştır.

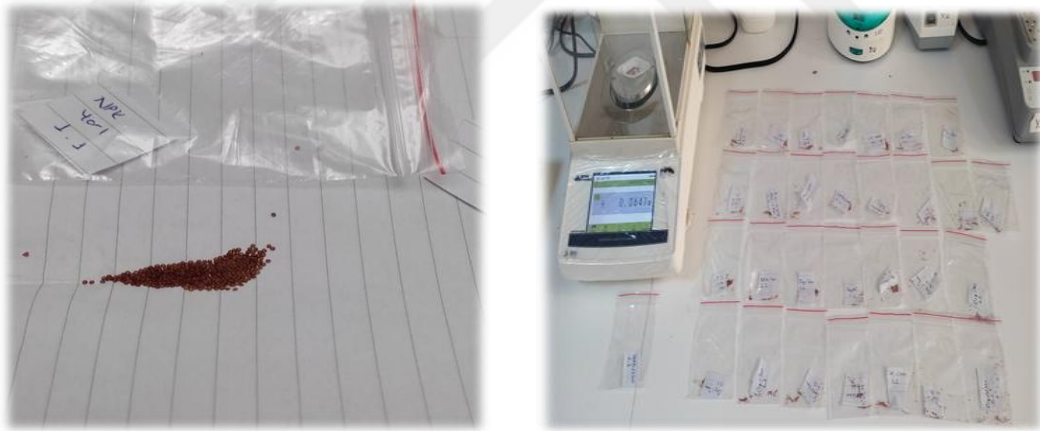
### 3.2.2.9. Kök uzunluğu (cm)

Hasadı yapılan bitkilerin kök uzunlukları metre yardımıyla ana kökün boyu ölçülerek hesaplanmıştır.

## 3.2.3. Verim ve kalite analizleri

### 3.2.3.1. Bin dane ağırlığı (g)

Çalışma kapsamında saksılarda yetiştirilen *A. caudatus* bitkisinden her saksıdan tesadüfi püsküller koparılmış olup her püskülden 100 adet tohum sayılmıştır (Şekil.3.3) Bu tohumlar hassas terazide tartılıp 10 ile çarpılmıştır. Bu işlem bütün uygulama gruplarına 4 tekrar olacak şekilde yapıldı ve istatistiki analizleri gerçekleştirilmiştir (Saygı ve Toklu, 2017).



Şekil 3.3: Uygulama gruplarına ait tohum ve tartım işlemi.

### 3.2.3.2. Biyolojik verim (g)

Her bir saksıdaki bitkiler sökülerek önce yaş ağırlıkları tartıldı. Bu bitkiler serin ve nemsiz bir ortamda 1 hafta kurutma kağıtlarının üzerinde kurutuldu ve tartıldı. Yaş ağırlığın kuru ağırlığa oranı biyolojik verimi verir (Öztürk ve Korkut, 2018). Biyolojik verimi hesaplanan grupların istatistiki analizleri SPSS paket programında gerçekleştirilmiştir.

### 3.2.3.3. Sabit yağ oranı (%)

Çalışmada her bir uygulama grubundan, tohumları ile birlikte püsküllerden 10 g tartıldı. Daha sonra 200 mL n-hekzan çözücüsü kullanılarak soxhlet yöntemi ile 10-12 saat ekstraksiyona tabi tutuldu. Ekstraksiyondan sonra balon jodede kalan ağırlıktan boş joje ağırlığı çıkartılarak % cinsinden sabit yağ oranı hesaplanmıştır. Deneyler 3 tekrarlı gerçekleştirildi ve SPSS paket programında analiz edilerek sonuçlar yorumlanmıştır (İzgi, 2017).

### 3.2.4. Bitki ve püskül elementel analizi

Çalışmada kullanılan *A. caudatus* bitkisi vejetasyon süresini tamamladıktan sonra her bir saksıda bitkiler sökülerek kilitli poşetlere konularak etiketleme işlemi yapılmıştır. Daha sonra kantitatif elementel analizi için Konya' da bulunan BSK Analiz Laboratuvarına gönderilmiştir. Burada N, P, K, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn, Ca olmak üzere 9 farklı element için analizler yapılmıştır. Azot (N) miktarı Kjeldahl yöntemiyle, fosfor ( $P_2O_5$ ) içeriği spektrofotometrik yöntemle belirlenmiştir. Potasyum ( $K_2O$ ), magnezyum (Mg), demir (Fe), çinko (Zn), bakır (Cu), mangan (Mn) ve kalsiyum (Ca) elementlerinin miktarları ise Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi (AAS) kullanılarak analiz edilmiştir.

### 3.2.5. Toprak fizikokimyasal analizi

Analiz için her bir saksıdaki topraklardan yaklaşık 1 kg civarında alınıp kilitli poşetlere konularak etiketleme işlemi yapılmıştır. Daha sonra işlemler için BSK Analiz Laboratuvarında (Konya) toprağın, pH değeri, EC (tuz), kireç ( $CaCO_3$ ), organik madde miktarı ve içerdiği elementler belirlenmiştir.

### 3.3. Fitokimyasal Analizler ve Ekstraksiyon İşlemleri

Mevcut tez çalışması kapsamında uygulama gruplarına ait püskül örneklerinden n-hekzan çözücüsü kullanılarak ekstraksiyon gerçekleştirilmiştir. Elde edilen ekstraktlar, sabit yağ bileşenlerinin karakterizasyonu ve oranlarının belirlenmesi amacıyla Gaz Kromatografisi-Alev İyonizasyon Dedektörü (GC-FID) ile analiz edilmiştir. Ayrıca metanol ile hazırlanan ekstraktlarda fenolik bileşiklerin profili Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (HPLC) kullanılarak incelenmiştir. Bunlara ek olarak, toplam fenolik madde ve flavonoid içerikleri de kantitatif olarak belirlenmiştir.

### 3.3.1. Sabit yağ ekstraksiyonu ve analizi

Çalışma gruplarından hasat sonrası 10 g tartılarak öğütücüde çekildi. 200 mL n-hekzanlı çözücü içerisinde Soxhlet aparatı kullanılarak 10-12 saat ekstraksiyona tabi tutulmuştur. Ekstraksiyon işlemi sonunda n-hekzan' lı sabit yağ ekstraktının Rotary Evaporatör'de 45 °C' de evaporasyonu gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.4) (İzgi, 2017).



Şekil 3.4: Soxhlet cihazında ekstraksiyon işlemi ve Rotary Evaporatörde evaporasyon.

#### 3.3.1.1. Metilasyon prosedürü

Çalışmada örnekleri gaz kromatografisine göndermeden önce metilasyon işlemi yapıldı. Bu işlem yağ asitlerine metil ( $\text{CH}_3$ ) grubunun bağlanmasıdır. Uygulama gruplarından n-hekzan çözücüsü ile elde edilen ekstrakt örneklerinin üzerine 3 mL n-hekzan eklenerek çözdürüldü. Daha sonra 2 N' lik metanollü potasyum hidroksit (KOH) hazırlanarak bu çözeltinin üzerine 2 mL eklendi. 8.000 rpm de 15 dk santrifüj işlemi yapıldı. Oluşan üst faz ayrı bir tüpe alınarak analize hazır hale getirildi (Kesen ve diğerleri, 2016).

#### 3.3.1.2. Sabit yağın GC-FID analiz prosedürü

Uygulama gruplarından elde edilen n-hekzan çözücüsü ile elde edilen ekstraktların GC-FID' de standartlara göre doymuş ve doymamış yağ asit kompozisyonu belirlenmiştir.

**Çizelge 3.2:** Yağ asit profili analizleri için uygulanan GC–FID metot parametreleri.

Uygulanan Parametreleri	GC-FID	Metot
<b>Numune türevlendirme prosedürü</b>		Metil ester türevlerinin hazırlanması. İşlemler sonunda üst faz yani metil ester türevlerine dönüşen yağ asitleri alınarak GC vialine koyulmuş ve otomatik injektör ile cihaza enjekte edilmiştir.
<b>Enjeksiyon</b>		1 µL (enjektöre ait maksimum miktar) splitless mod
<b>Enjeksiyon bloğu sıcaklık</b>		250 °C
<b>Kolon</b>		Agilent HP–88 kapiler GC kolon (88% cyanopropyl-polysiloxane) (100 m×0.25 mm×0.20 µm)
<b>Kolon sıcaklık programı</b>		– 45°C 4 dk 13°C /dk 175°C 27 dk 4°C/dk 215°C 35 dk
<b>Analiz süresi</b>		86 dk
<b>Hareketli faz</b>		Yüksek saflıkta He gazı
<b>Akış hızı</b>		1 mL/dk
<b>Dedektör</b>		Alev iyonlaşma dedektörü 250°C. H <sub>2</sub> akış hızı 45 mL/dk. Hava akış hızı 450 mL/dk. Taşıyıcı gaz: Helyum

### 3.3.2. Fenolik bileşik ekstraksiyonu

*A. caudatus* püsküllerinden elde edilen fenolik bileşiklerin kalitatif analizi için HPLC cihazı kullanılmıştır. Ekstraksiyon için 10 g öğütülmüş *A. caudatus* püskülleri 200 mL metanol çözücüsünde Soxhlet aparatında 10 saat ekstraksiyona tabi tutulmuştur. Daha sonra elde edilen çözelti 0,45 µm' lık filtreden geçirilerek Rotary evaporatörde 45 °C

de sıcaklıkta uçurulmuş ve ekstraktlar HPLC analizine gönderilmiştir (Atak ve Uslu, 2018).

**Fenolik bileşik HPLC analiz prosedürü;**

HPLC cihazı: Shimadzu Nexera-i LC-2040C 3D Plus

Analitik kolon: Reverse phase C18 Phenylhexyl 4.6 x 150mm, 3 µm (UP)

Mobil faz: A) %0.1 Formik asit (Su içerisinde)

B) Asetonitril

Dedektör: Photodiode Array Detector (PDA), 280 nm

Mobil faz akış hızı: 1.20 mL/dk

Enjektör Hacmi: 1.0 µL

Kolon sıcaklığı: 30 °C

Gradyan Programı:

dk	Mobil faz B (%)	Mobil faz A (%)	Mobil faz C (%)
5	5	95	0
8	20	80	0
10	22	78	0
17	25	75	0
19	27	73	0
30	40	60	0
35	45	55	0
40	65	35	0
45	10	0	90
50	0	0	100
52	5	95	0
60	5	95	0

**Bitiş**

### 3.3.3. Toplam fenolik madde miktarının belirlenmesi

*A. caudatus* bitkisinin toplam fenolik madde miktarının belirlenmesi için Ulusu (2021) tarafından bildirilen Folin-Ciocalteu yönteminde küçük modifikasyonlar uygulanarak gerçekleştirildi. Çalışma için öncelikle 0.1-1 mg/mL farklı konsantrasyonlarında gallik asit standartı hazırlandı ve regresyon denklemi elde edildi. Soxhlet aparatında metanol çözücüsü ile elde edilen ekstraktlar örnek olarak kullanıldı. Bu ekstraktlar 10 mg/mL olacak şekilde metanolde çözdürüldü. Bu ekstraktlardan 100 µl, %2'lik Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> çözeltisinden 600 µl ve 200 µl Folin reaktifi eklendi. Son hacim 10 ml saf su ile tamamlanarak 2 saat karanlık ortamda inkübe edildi. Spektrofotometrede 750 nm' de örneklerin absorbans ölçümleri alındı. Çalışma 3 tekerrürlü gerçekleştirilerek istatistiki hesaplamaları yapıldı.

### 3.3.4. Toplam flavonoid içeriğinin belirlenmesi

*Amaranthus* ekstraktlarının toplam flavonoid içeriği Zhishen ve diğerleri (1999) metoduna göre belirlenmiştir. Soxhlet yöntemi ile elde edilen ekstraktlar 10 mg/mL olacak şekilde metanolde çözdürüldü. Bu ekstrakt örneklerinden 250 µl, 1.25 ml dH<sub>2</sub>O, 75 µl (%5 lik w/v) NaNO<sub>3</sub> eklendi ve 6 dakika inkübe edildi. Daha sonra 150 µl (% 10 luk w/v) AlNO<sub>3</sub> eklenerek 5 dakika daha bekletildi. Son olarak 500 µl 1 M' lik NaOH eklendi ve son hacim 2.5 ml ye saf su ile tamamlanmıştır. Örneklerin absorbans ölçümleri 415 nm de ölçümleri alınarak 0.1-1 mg/ml farklı konstrasyonlarda Quercetin hazırlanarak standart flavonoid bileşik olarak kullanılmıştır (Menekşe ve diğerleri, 2021).

### 3.3.5. DPPH yöntemi ile antioksidan aktivite tayini

Tez çalışması kapsamında *A. caudatus* tohumlarından elde edilen metanol ekstraktlarının radikal temizleme aktivitesi, Ulusu ve Ulusu (2024) tarafından bildirilen yöntemde küçük modifikasyonlar yapılarak DPPH yöntemine göre yapılmıştır. Yönteme göre, pozitif kontrol görevi gören askorbik asitin yanı sıra farklı konsantrasyonlarda metanol ekstraktları (5, 10, 25, 50, 100, 250, 500 µg/mL) hazırlandı. 20 uL metanol ekstraktına 180 uL' lik bir DPPH çözeltisi (metanol içinde 1 mM) ilave edildi ve vorteksenerek iyice karıştırıldı. Karışımlar daha sonra karanlıkta, oda sıcaklığında 30 dakika süreyle inkübe edildi. İnkübasyonun ardından absorbans, bir UV-Vis spektrofotometre (Shimadzu, UV-1800) kullanılarak 517 nm' de kaydedildi. Yöntem, yalnızca DPPH' den (ekstraktsız) ve metanol içeren bir boştan

oluşan bir kontrol içeriyordu. DPPH radikal temizleme aktivitesi, aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanan yüzde inhibisyon olarak ifade edilmiştir.

Radikal temizleme aktivitesi (%)=[(Kontrol absorbanı – Ekstrakt absorbanı)/ (Kontrol absorbanı)]×100

### 3.4. *İn Vitro* Çalışmalar

#### 3.4.1. Antibakteriyal aktivite

Tez çalışmasında antibakteriyal aktiviteyi belirleyebilmek için gram pozitif (*Staphylococcus aureus*) ve gram negatif (*Escherichia coli*) bakterileri kullanılmıştır. Kullanılan bakteri suşları stoklardan alınarak Nutrient Broth sıvı besiyeri içinde 24 saat 37 °C’de inkübe edilmiştir (Benli ve Yiğit, 2005). Bakterilerin bulanıklığı 0.5 McFarland’ a ayarlanmıştır. Sıvı kültürden alınan bakterilerin hazırlanan katı Nutrient Agar besiyeri üzerine sürümleri yapılmıştır. Kısa bir süre beklenerek agarın bakteri solüsyonunu emmesi sağlanmıştır. *A. caudatus* metanol ekstraktlarından 50 mg/mL, 100 mg/mL ve 200 mg/mL olacak şekilde %10’ luk DMSO ile çözeltiler hazırlanmıştır. Ardından ekstrakt örnekleri Kirby-Bauer disk difüzyon yöntemi ile bakteri suşlarına 6 mm çaplı steril kağıt disklere ekstraktlar emdirilerek uygulanmıştır (Yiğit ve diğerleri, 2009). 24 saatlik inkübasyon süresinin sonunda zon çapları dijital kumpas ile ölçülmüştür (Ordu, 2019).

#### 3.4.2. Sitotoksik aktivite testi

*A. caudatus* bitkisinden elde edilen metanol ekstraktları, hücre kültürü çalışmalarında sitotoksik aktivitenin değerlendirilmesinde Alamar Blue testi aracılığıyla kullanılmıştır. Ekstrakt örnekleri %1 DMSO içerisinde çözülerek 25, 50, 100, 200, 300 ve 400 µg/mL konsantrasyonlarında hazırlanmıştır. Çalışmalarda iki farklı hücre hattı kullanılmıştır: L929 (fare fibroblastı) ve HT-29 (insan kolon kanseri). Hücreler, -80 °C’de sıvı azotta saklanan stoklardan alınarak 37 °C’lik su banyosunda çözündürülmüştür. Hücrelerin çözüldükten sonra ani ısı değişimine maruz kalmamaları amacıyla, kademeli olarak -80 °C, -40 °C ve -20 °C sıcaklıklarda kısa süreli bekletilmeleri sağlanmıştır. Çözünen hücreler, %10 FBS (fetal bovin serumu), %1 penisilin-streptomisin ve %0.01 gentamisin içeren DMEM (Dulbecco’s Modified Eagle Medium) besiyeri ile karıştırılarak, her biri 25 mL hacmindeki kültür flasklarına aktarılmıştır. Hücreler %5 CO<sub>2</sub> içeren, 37 °C’deki nemli inkübatörde %80–90

konfluens seviyesine ulaşana kadar kültürlenmiştir. Bu süre boyunca hücreler düzenli mikroskop altında izlenmiş, pH değişimleri göz önünde bulundurularak ortam yenilemeleri gerçekleştirilmiştir. Hücrelerin kültür yüzeyine tutunması glikoproteinler ile kalsiyum ve magnezyum gibi iyonlar sayesinde gerçekleştiğinden, ortam değişimleri hücrelerin yüzeyine tamamen tutunmasından önce yapılmamıştır. Flaskta büyüyen hücrelerin pasajlanması için önce Ca<sup>2+</sup> ve Mg<sup>2+</sup> içermeyen PBS ile yıkama yapılmış, ardından hücre tipine uygun olarak hazırlanmış tripsin-EDTA zeltisi uygulanmıştır. Tripsinizasyon sonrası, serum içeren ortam ile tripsin inaktive edilmiş, hücre süspansiyonu santrifüj edilerek pellet elde edilmiştir. Elde edilen hücre pelletleri sayılmış, istenen yoğunlukta yeniden süspanse edilerek deneysel çalışmalarda kullanılmıştır. Sitotoksisite testi için, daha önce hemositometre ile sayımı yapılan hücreler, 96 kuyucuklu kültür plaklarına kuyucuk başına  $2 \times 10^4$  hücre olacak şekilde ekilmiştir. Ekstraktlar bu hücreler üzerine uygulanarak 24 saat ve 48 saatlik iki ayrı inkübasyon süresi boyunca inkübe edilmiştir. Her hücre hattı için uygun kontrol grubu, sadece %1 DMSO içeren kültür ortamı olacak şekilde hazırlanmıştır. Inkübasyon süresinin sonunda, hücre canlılığının belirlenmesi amacıyla Alamar Blue testi uygulanmıştır (Ulus ve diğerleri, 2024). Bu testte, ekstrakt uygulanmış her bir kuyucuğa belirlenen oranda Alamar Blue reaktifi (resazurin) ilave edilerek 4 saat inkübe edilmiştir. Alamar Blue testi, canlı hücrelerde metabolik olarak indirgenerek floresan özellikteki pembe renkli resorufine dönüşen, başlangıçta mavi renkte olan bir redoks boyası olan resazurine dayanmaktadır. Bu dönüşüm sadece metabolik olarak aktif hücrelerde gerçekleştiğinden, boyanın indirgenme düzeyi hücre canlılığı ile doğrudan ilişkilidir. Ölçümler, inkübasyon süresi sonunda 570–630 nm dalga boylarında mikropłaka okuyucu ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen absorbans değerlerinden % hücre canlılığları hesaplanmış ve ekstraktların IC<sub>50</sub> (yarı maksimal inhibitor konsantrasyon) değerleri belirlenmiştir. Tüm hücre kültürü işlemleri steril koşullarda, Laminar Akış Kabini (Metisafe, Type II, Türkiye) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

### 3.5. İstatistiki Analiz

Kontrol ve uygulama grupları arasındaki farklılıklar tek yönlü varyans analizi (One Way ANOVA) ile belirlenmiştir (Duncan, 1955). Bu farklılıklar Duncan oklu aralık testine göre  $p < 0.05$  önemlilik değerinde 3 tekrarlı olarak analiz edilmiştir (n=3).

## 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

### 4.1. Fenolojik Gözlemler

Doktora tez çalışması kapsamında *A.caudatus* bitkisinin fenolojik özellikleri çimlenme süresi, çiçeklenme süresi ve vejetasyon süresi olarak değerlendirilmiştir.

#### 4.1.1. Çimlenme süresi (gün)

"Çimlenme veya ortaya çıkma süresi" terimi, tohumların ekilmesi ile fidelerin belirli bir yüzdesinin (genellikle %50 ve %80) toprak yüzeyinin üzerine çıkıp görünür hale geldiği nokta arasındaki süredir. Bu parametre, tohumun canlılığını ve çimlenmeyi ve erken bitki gelişimini etkileyen toprak sıcaklığı, nem ve besin mevcudiyeti gibi çevresel koşulları değerlendirmek için kullanılır (Tang ve diğerleri, 2022).

Doktora tez çalışmasında 4 tekrarlı olmak üzere 10 uygulama grubunun toplamda 40 saksıya ekimi yapılmış olup gün gün kontrol edilerek çimlenmesi gözlenmiştir. Yapılan çalışmada 18.04.2022 tarihinde ekilen *A. caudatus* tohumlarının 25.04.2022 ile 04.05.2022 tarihleri arasında çıkış gösterdiği ve çimlenme süresinin 7 ile 16 gün arasında değiştiği görülmüştür (Çizelge 4.1). Uygulama grupları arasında en hızlı çimlenme KG-6 L/da (7 gün) grubunda gözlenirken, bunu VK-4 L/da ve KG-3 L/da (8 gün) grupları izlemiştir. En yavaş çimlenme OG-1200 mL/da 16 gün sürerek gerçekleşmiştir. Uygulanan gübrelerin besin içeriğindeki değişiklik çıkış performansını önemli ölçüde etkilemiş ve istatistiksel olarak önemli farklılıklara yol açmıştır. Sıcaklığın dokuz farklı *Amaranthus* türünün çıkış süresine etkisinin değerlendirildiği çalışmada, 30°C' de çimlenmenin 4 ila 8 gün içinde tamamlandığı belirlenmiştir. Ayrıca, tüm uygulama gruplarındaki türlerin çoğunda çimlenmenin 8 ila 9 gün içinde tamamen tamamlandığı bildirilen sonuçlar arasındadır (Steckel ve diğerleri, 2004). *Helianthus annuus* L.' de farklı gübre uygulamalarının tohum çimlenmesi ve fide büyümesi üzerindeki etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, organik gübrenin tohumların çimlenme süresini (10 gün) önemli ölçüde azaltarak gelişmeyi hızlandırdığı görülmüştür. Buna karşılık, sentetik gübre uygulama grubu ise daha uzun bir çimlenme süresine (14 gün) neden olmaktadır. Bu da sentetik gübre koşulları altında tohum çimlenmesinin gecikmiş bir tepkiye işaret ettiğini göstermektedir. (Shahzaman ve diğerleri, 2017). Döllenme süreci, tohumların ortaya çıkışı üzerinde belirgin bir etkiye sahiptir, çimlenmeyi ve fidelerin erken büyümesini düzenleyen

toprak koşullarını değiştirir. Uygun gübreleme, kök gelişimi ve erken fide gücü için hayati önem taşıyan nitrojen, fosfor ve potasyum gibi temel besin maddelerinin kullanılabilirliğini artırmaktadır (Zhang ve diğerleri, 2017). Hem organik hem de inorganik gübrelerin, toprağı hayati besinlerle zenginleştirerek, yapı ve su tutma kapasitesi gibi fiziksel özelliklerini geliştirerek fide çıkışını iyileştirebileceği çalışmalarla gösterilmiştir (Alzamel ve ark., 2022). Örneğin, solucan gübresi ve diğer organik gübrelerin kullanımının toprak gözenekliliğini ve mikrobiyal aktiviteyi arttırdığı, dolayısıyla tohumların ortaya çıkması için uygun bir ortam oluşturduğu gösterilmiştir (Lim ve diğerleri, 2015). İnorganik gübreler ise besin maddelerinin anında kullanılabilirliğini sağlamakta, bu da çimlenmeyi hızlandırabilmekte ve çok sayıda ürün türünde daha hızlı ortaya çıkmayı teşvik edebilmektedir (Sweeney ve diğerleri, 2008). Bununla birlikte, aşırı veya dengesiz gübrelerin uygulanması, tohumun çıkışı üzerinde zararlı bir etkiye sahip olarak, toprağın ozmotik potansiyelinde değişikliklere veya besin toksisitesinin gelişmesine neden olmaktadır. Sonuç olarak da toprağın su alımını engelleyebilmekte ve çimlenme oranlarını azaltabilmektedir (Bhatt ve diğerleri, 2016). Bu nedenle, verimli tohum çıkışını teşvik etmek ve ürün verimini iyileştirmek için gübre tipini ve dozajını optimize etmek önemlidir.

#### 4.1.2. Çiçeklenme süresi (gün)

Çiçeklenme süresi, örneklerin saksılara dikilmesi ile bitkilerin yarısından fazlasında çiçeklenmenin başlaması arasındaki süre olarak tanımlanmaktadır (Ulus ve şahin, 2020). Yapılan doktora tez çalışmasında, farklı uygulama gruplarında, çiçeklenme süresi 68 ila 79 gün arasında değişmiştir (izelge 4.1). En erken ieklenme K<sub>G</sub>-3 L/da grubunda 68. günde gözlenirken, bunu O<sub>G</sub>-600 mL/da 70. gün ile takip etmiştir. En geç çiçeklenme olayı O<sub>G</sub>-1200 mL/da grubunda 79. günde görülmüştür. Bunlara ilaveten kontrol grubunda çiçeklenme 75. günde görülerek diğer gruplara göre gecikme olmuştur. Uygulama grupları arasındaki bu çiçeklenme zamanları, gübreleme rejimlerinin çiçeklenme potansiyeli üzerindeki farklı etkileri ortaya koymaktadır. Yapılan alışmalar incelendiğinde, NPK gübresinin *A. caudatus*' a üç farklı dozda uygulanması, çiçeklenme sürelerinin 75 ile 78 gün arasında değiştiğini ve en erken çiçeklenme 120-100-80 dozunda gerçekleşirken, en geç çiçeklenme ise 18-46-30 dozunda gözlenmiştir (Mejıa Valvas ve ark., 2020). Mevcut çalışmaya benzer bu bulgular, daha yüksek dozlarda nitrojen, fosfor ve potasyumun, muhtemelen bitkinin

fizyolojik gelişimini hızlandıran artan besin mevcudiyeti nedeniyle daha erken çiçeklenmeyi destekleyebileceğini göstermektedir (Ye ve diğerleri, 2019). Bu çalışmalar *A. caudatus*' ta istenen büyüme ve fenolojik sonuçları elde etmek için gübreleme seviyelerinin optimize edilmesinin kritik önemini vurgulamaktadır. Besin girdisinin bitkinin gelişimsel ihtiyaçlarına göre ayarlanması çiçeklenmenin zamanlamasını, genel büyümeyi ve sonuçta verimi önemli ölçüde etkilemektedir. Çeşitli gübre dozlarında gözlemlenen farklı tepkiler, bitki sağlığını ve kaynak verimliliğini korurken tarımsal verimliliği artırmak için hassas besin yönetimi stratejilerine olan ihtiyacı vurgulamaktadır (Tittonell et al., 2007).

#### 4.1.3. Vejetasyon süresi (gün)

Vejetasyon dönemi, saksılarda ortaya çıktığı tarihten itibaren hasat tarihine kadar geçen süre olarak tanımlanmaktadır (Ulus ve Şahin, 2020). Tez çalışması kapsamında 18 Nisan 2022' de ekilen bitkiler, yaz büyüme mevsimi ve gübre uygulaması nedeniyle erken olgunlaşma yaşamıştır. Uygulama grupları arasında en uzun vejetatif süre 215 gün ile O<sub>G</sub>-1200 mL/da grubunda görülürken, bunu 211 gün ile O<sub>G</sub>-600 mL/da izlemiştir (Çizelge 4.1). Buna karşılık kontrol grubuna en yakın vejetasyon periyodu 187 ile 190 gün arasında değişen K<sub>G</sub>-6 L/da grubunda gerçekleşmiştir. Bazı çalışmalar incelendiğinde, 15 ton/ha' lık kümes hayvanı gübresi ve 30 kg/ha' lık üre-N' nin birlikte uygulanması, yalnızca üre-N veya kümes hayvanı gübresi ile yapılan uygulamalara kıyasla *A. cruentus*' ta önemli ölçüde artan bir büyüme tepkisi ile sonuçlandığını göstermektedir. Bu uygulama, 70 gün ile kaydedilen en uzun bitkisel yaşam süresine sebep olarak organik ve inorganik besin kaynaklarının bitki büyümesi üzerindeki sinerjik etkisini göstermektedir (Shiyam ve Binang, 2011). Gübreler ve etkileri üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde hem organik hem de sentetik gübrelerin entegrasyonunun daha dengeli bir besin mevcudiyeti sağladığını, optimal bitki gelişimini teşvik ettiğini ve vejetatif aşamaları etkili bir şekilde uzattığı anlaşılmaktadır. Bitkilerde vejetatif büyüme süresi, birçok çalışmada gösterildiği gibi, uygulanan gübrelerin türü ve kombinasyonundan önemli ölçüde etkilenebilir. Agegnehu ve diğerleri (2016), tarafından bildirilen raporlara göre organik gübreyi inorganik gübrelerle birleştirmenin, besin kullanılabilirliğini ve alım verimliliğini artırarak mahsullerin vejetatif büyüme süresini uzattığı sonucuna varılmaktadır. Benzer şekilde Rahimi ve diğerleri (2023), vermikompost gibi organik gübrelerin toprak yapısını ve besin içeriğini iyileştirerek vejetatif aşamayı uzatabildiğini ve

bitkilerin besinlere kademeli olarak erişmesine olanak tanıdığını bildirmiştir. Bu bakımdan, organik ve inorganik gübrelerin entegrasyonu besin salınımını optimize eder, sürdürülebilir bitki büyümesini kolaylaştırır ve verim ve bitki sağlığının optimize edilmesi açısından kritik öneme sahip olan bitki örtüsü dönemlerinin uzatılmasını kolaylaştırmaktadır.

**Çizelge 4.1:** Uygulama gruplarına ait fenolojik gözlemler.

<b>Gruplar</b>	<b>Çimlenme süresi (gün)</b>	<b>Çiçeklenme süresi (gün)</b>	<b>Vejetasyon süresi (gün)</b>
<b>Org. Yarısı</b>	12.75 ± 1.93 <sup>a</sup>	73.66 ± 1.85 <sup>ab</sup>	202.50 ± 1.04 <sup>cd</sup>
<b>Org. Öneri</b>	12.75 ± 1.93 <sup>a</sup>	70.00 ± 0.40 <sup>a</sup>	209.00 ± 0.91 <sup>d</sup>
<b>Org. İki katı</b>	14.75 ± 0.62 <sup>a</sup>	79.00 ± 0.57 <sup>c</sup>	209.00 ± 3.8 <sup>d</sup>
<b>Verm. Yarısı</b>	14.75 ± 0.25 <sup>a</sup>	73.50 ± 1.5 <sup>ab</sup>	190.00 ± 2.67 <sup>b</sup>
<b>Verm. Öneri</b>	10.75 ± 1.93 <sup>a</sup>	71.25 ± 0.62 <sup>ab</sup>	201.00 ± 5.04 <sup>cd</sup>
<b>Verm. İki katı</b>	9.25 ± 1.93 <sup>a</sup>	70.75 ± 0.25 <sup>ab</sup>	198.75 ± 2.95 <sup>bc</sup>
<b>Kim. Yarısı</b>	11.25 ± 2.7 <sup>a</sup>	71.75 ± 2.13 <sup>ab</sup>	197.25 ± 2.01 <sup>bc</sup>
<b>Kim. Öneri</b>	8.75 ± 1.75 <sup>a</sup>	69.75 ± 0.62 <sup>a</sup>	196.25 ± 3.61 <sup>bc</sup>
<b>Kim. İki katı</b>	9.25 ± 1.93 <sup>a</sup>	70.75 ± 0.25 <sup>ab</sup>	190.00 ± 1.77 <sup>b</sup>
<b>Kontrol</b>	9.25 ± 1.43 <sup>a</sup>	74.25 ± 1.88 <sup>b</sup>	175.25 ± 1.93 <sup>a</sup>

## 4.2. Morfolojik Gözlemler

Farklı gübre uygulamaları ile yetiştirilen *A. caudatus* bitkisinin morfolojik olarak değerlendirilmesi kapsamında, bitki boyu, gövde eni (cm), salkım (püskül) boyu (cm), salkım (püskül) ağırlığı (g), yaprak sayısı (adet), yaprak boyu (cm), yaprak eni (cm), kök ağırlığı (g) ve kök uzunluğu (cm) olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.2).

### 4.2.1. Bitki boyu (cm)

Saksılarda yetiştirilen bitkilerin boyları ölçülmüş olup istatistiksel analizleri gerçekleştirilmiştir (Çizelge 4.2). İstatistiksel analiz sonucuna göre en yüksek bitki boyu 114.5 cm ile O<sub>G</sub>-1200 mL/da grubunda görülmüştür. Bunu 105 cm ile O<sub>G</sub>-600 mL/da grubu izlemiştir. En düşük boy ise 74 cm ile kontrol grubunda olurken V<sub>K</sub>-1 L/da ve V<sub>K</sub>-4 L/da grubunda bitki boyu 90 cm civarı belirlenmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre gruplar arasında (p<0.05) önemli farklılıklar bulunmuştur. Yapılan

diğer çalışmalar incelendiğinde bazı *Amaranthus* çeşitlerinin boyları en yüksek 107 cm iken en düşük boylanma ise 61.7 cm civarında olduğu anlaşılmıştır (Keskin ve diğerleri, 2021). Dumanoglu ve Geren (2018)' de yaptığı bir araştırmaya göre *Amaranthus* çeşitlerine uygulanan farklı seviyelerde azot (N) ve fosforun (P) bitki boyuna etkisi incelendiğinde azot ve fosforun bitki boyu üzerine önemli etkileri olduğunu belirtmişlerdir. Azot seviyesi bakımından en yüksek boylanma 106.5 cm civarı iken en düşük boylanma ise kontrol grubunda 95 cm dir. Fosfor seviyesi bakımından en yüksek boylanma 109 cm ve en düşük bitki boyu kontrol grubunda 94 cm olarak belirlenmiştir. Bitkiye uygulanan azot ve fosfor seviyesi arttıkça bitki boyu da artmıştır. Bir diğer çalışmada *A. mategazzianus* ve *A. cruentus* çeşitlerine 0, 3, 6, 9 ve 12 kg/da dozlarda olacak şekilde gübre uygulanarak bitki boyuna olan etkisi incelendiğinde, *A. mategazzianus* de bitki boyu 137.64 cm iken *A. cruentus* de ise bitki 113.65 cm olarak belirlenmiştir. Yapılan çalışmanın neticesinde azot dozu arttıkça çeşitlerin genellikle bitki boyları, bitkide yaprak sayıları ve çiçek salkımı uzunluklarının artacağı bildirilmiştir (Genç, 1997). Bir diğer çalışmada azot gübresinin (0, 45, 90, 135 ve 180 kg/da) *Amarantus* spp. tane verimi, verim bileşenleri ve büyüme ve gelişme üzerindeki etkisi incelenmiş ve Amaranat veriminin N gübrelemesine duyarlı olmasına rağmen, yüksek N gübreleme oranlarının, aşırı bitki boyu, artan yatma ve ürün olgunluğunun gecikmesi açısından tane hasadını olumsuz yönde etkileyebileceği rapor edilmiştir (Myers, 1998). Yapılan tez çalışmasında en yüksek bitki boyu ise 114.5 cm ile O<sub>G</sub>-1200 mL/da grubunda görülmüştür. Uygulanan gübrelerin bitki boyu üzerine olumlu etkileri olduğu yapılan literatür çalışmaları ile de desteklenmektedir.

#### 4.2.2. Gövde eni (mm)

Yapılan çalışmada gövde eni 11.27 ile 15.75 mm arasında değişmektedir (Çizelge 4.2). En düşük gövde eni O<sub>G</sub>-600 mL/da (11.27 mm), kontrol (11.42 mm) ve V<sub>K</sub>-2 L/da grubunda (11.42 mm) gözlemlenmiştir. Uygulanan gübrelerin gruplarda gövde eni üzerinde istatistiki anlamda farklılıklar olduğu belirlenmiştir (p<0.05). Daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde *Amaranthus* bitkisine uygulanan biyohumus maddelerinin bitkinin gövde çapı üzerine olan verileri kontrol grubunda 1.2 cm civarında iken uygulama gruplarında 1.44 cm ve 1.5 cm olarak belirlenmiştir (Dönmez, 2009). Hündür ve diğerleri (2023) nin yaptıkları bir araştırmada doğada kendiliğinden yetişen bir *Amaranthus* türünün gövde eninin 1.27 cm civarında

olduğunu belirtmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada ise *A. mantegazzianus* ve *A. cruentus* türlerine uygulanan farklı dozlarda azotun etkileri araştırılmış olup gövde eni *A. mantegazzianus*' da 2 cm civarında iken *A. cruentus*' da bu rakam 1.68 cm civarlarındadır. Bitkiye uygulanan azot miktarı arttıkça gövde eninin de belli bir seviyeye kadar arttığı görülmüştür (Genç, 1997).

#### **4.2.3. Salkım (püskül) boyu (cm)**

Yapılan çalışmada uygulama gruplarının püskül boyları 21.75 cm ile 30 cm arasında değişiklik göstermektedir. En düşük salkım boyu 21.75 cm ile  $V_K-2$  L/da grubunda görülürken bunu 22.5 cm ile  $V_K-4$  L/da ve kontrol grubu izlemektedir. En yüksek püskül boyu ise 30 cm ile  $K_G-1.5$  L/da ve 28.12 cm ile  $K_G-3$  L/da grubundadır. Uygulama gruplarına ait salkım boyları Çizelge 4.2' de verilmiş olup gruplar arasında püskül boyu açısından istatistiki anlamda farklılıklar bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Dönmez (2009) yaptığı çalışmada *A. caudatus*' a uygulanan biyohumus maddelerinin salkım boyu etkisini araştırmış olup, en düşük salkım boyunun 9.99 cm ile kontrol grubunda olduğunu, en yüksek salkım boyunun ise 13.07 cm olduğunu rapor etmiştir. Daha önce yapılan başka bir çalışmada bazı Amaranat türlerine uygulanan azot miktarının arttıkça çiçek püskül uzunluğunun da arttığı bildirilmiştir (Genç, 1997).

#### **4.2.4. Salkım (püskül) ağırlığı (g)**

Yapılan çalışma neticesinde uygulama grupları arasında salkım ağırlığı değerleri hesaplanmıştır. Uygulama grupları arasında en düşük salkım ağırlığına 21.58 g ile kontrol grubu sahip olmuştur. Bunu 21.89 g ile  $O_G-1200$  mL/da grubu izlemiştir. En yüksek salkım ağırlığı 31.17 g ile  $K_G-3$  L/da grubunda belirlenmiş olup bunu 29.40 ile  $V_K-1$  L/da ve 29.25 g ile  $K_G-6$  L/da grubu takip etmiştir. Uygulama grupları ait salkım ağırlıkları Çizelge 4.2' de verilmiş olup gruplar arasında istatistiki anlamda farklılık bulunamamıştır ( $p<0.05$ ).

**Çizelge 4.2:** Uygulama gruplarına ait morfolojik gözlemler.

<b>Gruplar</b>	<b>Bitki boyu (cm)</b>	<b>Gövde eni (mm)</b>	<b>Salkım (püskül) boyu (cm)</b>	<b>Salkım (püskül) ağırlığı (g)</b>
<b>Org. Yarısı</b>	93.25±6.49 <sup>ab</sup>	11.57±0.36 <sup>a</sup>	22.12±0.82 <sup>a</sup>	28.12±4.52 <sup>a</sup>
<b>Org. Öneri</b>	105.00±0.81 <sup>bc</sup>	11.27±0.82 <sup>a</sup>	27.25±1.65 <sup>ab</sup>	28.66±2.41 <sup>a</sup>
<b>Org. İki katı</b>	114.50±5.90 <sup>c</sup>	14.40±0.24 <sup>ab</sup>	27.00±3.10 <sup>ab</sup>	21.89±1.23 <sup>a</sup>
<b>Verm. Yarısı</b>	90.00±3.76 <sup>ab</sup>	12.32±0.73 <sup>ab</sup>	23.25±0.25 <sup>ab</sup>	29.40±4.07 <sup>a</sup>
<b>Verm. Öneri</b>	92.25±9.8 <sup>ab</sup>	11.42±1.86 <sup>a</sup>	21.75±2.59 <sup>a</sup>	26.36±3.87 <sup>a</sup>
<b>Verm. İki katı</b>	90.50±3.7 <sup>ab</sup>	11.90±0.97 <sup>a</sup>	22.50±0.86 <sup>a</sup>	29.22±3.83 <sup>a</sup>
<b>Kim. Yarısı</b>	98.00±3.34 <sup>bc</sup>	12.40±0.99 <sup>ab</sup>	30.00±0.91 <sup>b</sup>	26.43±2.43 <sup>a</sup>
<b>Kim. Öneri</b>	104.25±4.78 <sup>bc</sup>	14.40±0.56 <sup>ab</sup>	27.62±1.88 <sup>ab</sup>	31.17±1.25 <sup>a</sup>
<b>Kim. İki katı</b>	101.25±10.2 <sup>bc</sup>	15.75±1.51 <sup>b</sup>	28.12±3.07 <sup>ab</sup>	29.25±1.59 <sup>a</sup>
<b>Kontrol</b>	74.75±7.75 <sup>a</sup>	11.42±1.74 <sup>a</sup>	22.50±3.47 <sup>a</sup>	21.58±7.08 <sup>a</sup>

#### 4.2.5. Yaprak sayısı (adet)

Yapılan çalışmada bitkilerin yaprak sayıları 12.5 ile 29 (adet) arasında değişiklik göstermektedir. En düşük yaprak sayısı kontrol grubunda 12.5 adet iken bunu O<sub>G</sub>-600 mL/da grubu 15.25 adet ile takip etmiştir. En yüksek yaprak sayısı ise K<sub>G</sub>-6 L/da grubunda 29 adet olarak belirlenmiştir. Uygulama gruplarına ait yaprak sayıları Çizelge 4.3' de verilmiştir. Dönmez (2009) yaptığı çalışmada bazı Amarant türlerinin yaprak sayısının 5.36 adet ve 6.07 adet arasında değiştiğini belirtmiştir. Dumanoglu ve Geren (2018) de yaptıkları bir çalışmada *A. mantegazzianus*' a uygulanan farklı azot ve fosfor seviyelerinin bitkideki yaprak sayısı üzerine etkilerini incelemiştir. En yüksek yaprak sayısını N20 seviyesinde uygulanan grupta 43.8 adet olarak bulmuşlardır. En düşük yaprak sayısı ise kontrol grubunda 36.3 adet olarak bulunmuştur. Genç (1997) de bildirdiği bir çalışmada ise bazı Amarant türlerinde yaprak sayısını N9, N12 ve N6 gübre dozları uygulanan parsellerden sırasıyla, 97.2, 93.1 ve 89.5 adet/bitki olarak rapor etmiştir.

#### 4.2.6. Yaprak boyu (cm)

Çalışmada bitkilerin yaprak boyları 12.42 cm ile 16.07 cm arasında değişkenlik göstermiştir. En düşük yaprak boyu kontrol grubunda 12.42 cm olarak belirlenirken bunu 12.9 cm ile V<sub>K</sub>-2 L/da grubu izlemiştir. En yüksek yaprak boyu ise 16.07 cm ile O<sub>G</sub>-1200 mL/da grubunda gözlemlenmiştir. Uygulama gruplarına ait yaprak boyları Çizelge 4.3' de verilmiş olup gruplar arasında istatistiki anlamda önemli farklılık bulunmamıştır. Daha önce yapılan bazı çalışmalara göre *A. caudatus*' a uygulanan biyohumus gibi farklı maddelerin yaprak boyu üzerine olan etkileri incelendiğinde, en yüksek yaprak uzunluğunun 13.64 cm olduğu ayrıca en düşük yaprak uzunluğunun ise kontrol grubunda 13.21 cm olduğu belirtilmiştir (Dönmez, 2009). Hündür ve diğerleri (2023) yaptığı bir araştırmaya göre, *A. retroflexus*' un yaprak boyunun 6.23 cm civarında olduğunu bildirmişlerdir. Andini ve diğerleri (2013) yürüttüğü bir çalışmada *A. caudatus* ve diğer türlerini yaprak alanı açısından değerlendirildiğinde, en büyük yaprak alanına *A. cruentus*' un sahip olduğu bunu *A. caudatus*' un takip ettiğini belirtmişlerdir. Yapılan çalışmada *A. dubius* ve *A. tricolor* L. ve *A. caudatus*' un uygulama grupları arasında, en büyük yaprak alanı ve en yüksek toplam yaprak alanı, en yüksek dal sayısı ve çok kalın yapraklar gibi dikkat çekici derecede farklı morfolojik özellikler gösterdiği de rapor edilmiştir. Ayrıca toplam yaprak alanının,

yaprak sayısı ve yaprak alanı, gövde çapı, dal ve boğum sayısı ile pozitif bir korelasyona sahip olduğu da belirtilmektedir.

#### **4.2.7. Yaprak eni (cm)**

Yapılan çalışmada en düşük yaprak eni kontrol grubunda 5.42 cm olarak belirlenirken bunu 5.6 cm ile K<sub>G</sub>-6 L/da grubu izlemiştir. En yüksek yaprak eni ise O<sub>G</sub>-300 mL/da grubunda 8.05 cm ve V<sub>K</sub>-1 L/da grubunda 7.55 cm olmuştur (Çizelge 4.3). Yapılan bir çalışmada *A. caudatus*' a ait yaprak genişlikleri incelendiğinde 8.89 cm ile Baykal EM1+Biyohumus işleminde, en düşük yaprak genişliği ise 8.61 cm ile kontrol bitkilerinde belirlenmiştir (Dönmez, 2009). Daha önce yapılan başka bir çalışmada ise *A. retroflexus*' un yaprak genişliğinin 4.13 cm civarında olduğu belirtilmektedir (Hündür ve diğerleri, 2023).

#### **4.2.8. Kök ağırlığı (g)**

Yapılan tez çalışmasında uygulama gruplarının taze kök ağırlıkları 11.67 g ile 23.02 g arasında değişkenlik göstermiştir. En düşük kök ağırlığı kontrol grubunda 11.67 g olurken bunu 12.07 g ile O<sub>G</sub>-300 mL/da grubu izlemiştir. En yüksek kök ağırlığı ise K<sub>G</sub>-6 L/da grubunda 23.02 g olup bunu 20.26 g ile K<sub>G</sub>-3 L/da grubu takip etmiştir (Çizelge 4.3). *A. caudatus* ile ilgili yapılan bir çalışma sonucuna göre kontrol varyantlarında ortalama taze kök ağırlığı 8.96 g iken, Biyohumus işlem tipindeki ortalama taze kök ağırlığı 12.75 g, Baykal EM1+Biyohumus işlem tipindeki bitkilerin ortalama taze kök ağırlığı 13.08 g olarak belirtilmiştir (Dönmez, 2009).

#### **4.2.9. Kök uzunluğu (cm)**

Araştırma sonuçlarına göre bitkilerin kök uzunlukları 16.50 cm ile 31.75 cm arasında büyük bir farklılık göstermiştir. En düşük kök uzunluğu kontrol grubunda 16.5 cm olup bunu 23.5 cm ile V<sub>K</sub>-1 L/da grubu takip etmektedir. En yüksek kök uzunluğu ise 31.75 cm ile K<sub>G</sub>-6 L/da grubunda belirlenmiş olup bunu 31.37 cm ile K<sub>G</sub>-3 L/da grubu izlemiştir. Uygulama gruplarının kök uzunlukları Çizelge 4.3' de verilmiş olup, istatistiki anlamda farklılıklar ortaya konmuştur (p<0.05).

**Çizelge 4.3:** Uygulama gruplarına ait morfolojik gözlemler (devamı).

Gruplar	Yaprak sayısı (adet)	Yaprak boyu (cm)	Yaprak eni (cm)	Kök ağırlığı (g)	Kök uzunluğu (cm)
Org. Yarısı	20.50±4.03 <sup>a</sup>	15.50±0.89 <sup>a</sup>	8.05±0.3 <sup>c</sup>	12.07±0.48 <sup>a</sup>	28.25±1.97 <sup>b</sup>
Org. Öneri	15.25±1.03 <sup>a</sup>	14.45±0.5 <sup>a</sup>	6.80±0.6 <sup>abc</sup>	13.75±1.09 <sup>a</sup>	24.75±0.85 <sup>ab</sup>
Org. İki katı	17.00±1.58 <sup>a</sup>	16.07±1.38 <sup>a</sup>	7.30±0.3 <sup>abc</sup>	16.20±0.69 <sup>ab</sup>	30.75±2.65 <sup>b</sup>
Verm. Yarısı	16.50±0.86 <sup>a</sup>	15.45±0.6 <sup>a</sup>	7.55±0.2 <sup>bc</sup>	14.84±1.53 <sup>ab</sup>	23.50±4.5 <sup>ab</sup>
Verm. Öneri	17.50±0.64 <sup>a</sup>	12.90±1.6 <sup>a</sup>	6.02±0.9 <sup>abc</sup>	15.79±3.99 <sup>ab</sup>	25.75±1.88 <sup>ab</sup>
Verm. İki katı	19.00±1.08 <sup>a</sup>	15.02±0.46 <sup>a</sup>	6.95±0.2 <sup>abc</sup>	16.15±1.94 <sup>ab</sup>	30.50±3.06 <sup>b</sup>
Kim. Yarısı	19.75±0.75 <sup>a</sup>	15.20±0.81 <sup>a</sup>	6.70±0.9 <sup>abc</sup>	14.73±1.71 <sup>ab</sup>	27.50±3.4 <sup>b</sup>
Kim. Öneri	18.25±2.01 <sup>a</sup>	14.60±0.75 <sup>a</sup>	6.62±0.1 <sup>abc</sup>	20.26±1.55 <sup>ab</sup>	31.37±1.88 <sup>b</sup>
Kim. İki katı	29.00±6.46 <sup>b</sup>	12.92±2.15 <sup>a</sup>	5.60±0.8 <sup>ab</sup>	23.02±3.39 <sup>b</sup>	31.75±5.37 <sup>b</sup>
Kontrol	12.50±2.32 <sup>a</sup>	12.42±1.10 <sup>a</sup>	5.42±0.8 <sup>a</sup>	11.67±5.38 <sup>a</sup>	16.50±2.17 <sup>a</sup>

### 4.3. Verim ve Kalite Analizleri

Verim ve kalite analizleri kapsamında bin dane ağırlığı (g), biyolojik verim (g) ve sabit yağ oranı (%) belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

#### 4.3.1. Bin dane ağırlığı (g)

Çalışma kapsamında numunelerin bin dane ağırlıkları 0.49-0.66 g arasında değişiklik göstermektedir. En yüksek bin dane ağırlığı 0.66 g ile K<sub>G</sub>-6 L/da grubunda görülürken, bunu 0.60 g ile V<sub>K</sub>-2 L/da grubu izlemiştir. En düşük bin dane ağırlığı ise 0.49 g ile O<sub>G</sub>-600 mL/da grubunda ve 0.50 g ile K<sub>G</sub>-1.5 L/da grubunda belirlenmiştir. Uygulama gruplarının bin dane ağırlıkları Çizelge 4.4' de verilmiş olup, gruplar arasında istatistiki anlamda önemli farklılıklar bulunmuştur (p<0.05). Yabani ve kültüre alınmış amarant türleri ilgili yapılan bir çalışmaya göre; *A. powellii*' nin bin dane ağırlığı sadece 0.45 g ile en düşük değeri gösterirken, kültüre alınan *A. hypochondriacus* 0.90 g ile en yüksek rakama ulaşmıştır (Bojórquez-Velázquez, ve diğerleri, 2018). Başka bir çalışmada ise farklı ekolojik bölgelerden toplanan *A. hybridus* L. ve *A. blitoides* L'

nin bin dane ağırlıkları sırasıyla 0.64 g ve 1.47 g olarak belirtilmiştir. Ayrıca yapılan çalışmada 1 g' a düşen tohum sayısı *A. hybridus*' da 2038 adet bulunurken *A. blitoides*' de 824 adet tohum olarak bildirilmiştir (Moskova, 2013). Yapılan başka bir çalışmada ise *A. caudatus*' un bin dane ağırlığı 0.70 g olarak belirtilmiştir (Gins ve diğerleri, 2024). Mevcut tez çalışması kapsamında farklı gübre uygulamaları ile yetiştirilen *A. caudatus*' un bin dane ağırlığı literatür çalışmaları ile desteklenmektedir.

#### **4.3.2. Biyolojik verim (g)**

Tez çalışmasında *A. caudatus* bitkilerinin biyolojik verimi hesaplanmış olup en düşük biyolojik verim O<sub>G</sub>-300 mL/da 19.49 g ile hesaplanırken en yüksek rakam 54.81 g ile V<sub>K</sub>-1 L/da grubunda kaydedilmiştir. Diğer grupların biyolojik verimleri Çizelge 4.4' de verilmiş ve istatistiki hesaplamaları gerçekleştirilmiştir.

#### **4.3.3. Sabit yağ oranı (%)**

Farklı gübre uygulamaları ile yetiştirilen bitkilerin n-hekzan çözücüsü ile soxhlet aparatında gerçekleştirilen ekstraksiyonların sabit yağ oranı % 0.71-3.12 arasında değişiklik göstermiştir. En düşük sabit yağ verimi % 0.71 ile K<sub>G</sub>-3 L/da grubunda kaydedilirken en yüksek verim ise %3.12 ile O<sub>G</sub>-600 mL/da grubunda hesaplanmıştır (Çizelge 4.4).

**Çizelge 4.4:** Uygulama gruplarının verim ve kalite analiz verileri.

<b>Gruplar</b>	<b>Bin dane ağırlığı (g)</b>	<b>Biyolojik verim (g)</b>	<b>Sabit yağ oranı (%)</b>
<b>Org. Yarısı</b>	0.55 ± 0.03 <sup>ab</sup>	19.49 ± 1.67 <sup>ab</sup>	0.90 ± 0.45 <sup>ab</sup>
<b>Org. Öneri</b>	0.49 ± 0.01 <sup>a</sup>	20.54 ± 1.01 <sup>ab</sup>	3.12 ± 0.79 <sup>b</sup>
<b>Org. İkikati</b>	0.51 ± 0.02 <sup>a</sup>	29.34 ± 0.79 <sup>ab</sup>	2.78 ± 1.29 <sup>ab</sup>
<b>Verm. Yarısı</b>	0.52 ± 0.01 <sup>ab</sup>	54.81 ± 35.48 <sup>b</sup>	1.70 ± 0.77 <sup>ab</sup>
<b>Verm. Öneri</b>	0.57 ± 0.01 <sup>ab</sup>	16.62 ± 3.86 <sup>ab</sup>	0.79 ± 0.16 <sup>a</sup>
<b>Verm. İkikati</b>	0.60 ± 0.04 <sup>bc</sup>	21.87 ± 2.39 <sup>ab</sup>	1.44 ± 0.14 <sup>ab</sup>
<b>Kim. Yarısı</b>	0.50 ± 0.01 <sup>a</sup>	20.99 ± 2.12 <sup>ab</sup>	1.68 ± 0.67 <sup>ab</sup>
<b>Kim. Öneri</b>	0.57 ± 0.01 <sup>ab</sup>	27.11 ± 2.06 <sup>ab</sup>	0.71 ± 0.06 <sup>a</sup>
<b>Kim. İkikati</b>	0.66 ± 0.00 <sup>c</sup>	33.61 ± 4.10 <sup>ab</sup>	1.46 ± 0.34 <sup>ab</sup>
<b>Kontrol</b>	0.53 ± 0.01 <sup>ab</sup>	13.41 ± 4.52 <sup>a</sup>	2.53 ± 0.91 <sup>ab</sup>

#### 4.4. Bitki-Püskül Elementel Analizi

Uygulama grupları içerisinde püskül elementel analizine göre N (azot) içeriği bakımından en düşük değer % 3.08 ile V<sub>K</sub>-2 L/da grubunda kaydedilirken en yüksek değer ise % 3.74 ile K<sub>G</sub>-6 L/da grubunda gerçekleşmiştir. Püsküllerin fosfor içeriği ise % 0.23- 0.46 arasında değişiklik göstermiştir. En düşük K (potasyum) içeriği % 1.83 ile V<sub>K</sub>-2 L/da grubunda en yüksek rakam ise % 2.14 ile O<sub>G</sub>-300 mL/da ve O<sub>G</sub>-1200 mL/da grubunda kaydedilmiştir. Püsküllerin Mg, Ca, Cu, Fe, Mn ve Zn içerikleri Çizelge 4.5' de verilmiştir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde farklı amarant türlerinin yapraklarının mineral bileşimi; Fe (14.84-31.17), Ca (1512-2381), K (1320-1677), Mg (383-513) ve Zn (1.03-3.46) mg/100 g değişen aralıklardadır (Kachiguma ve diğerleri, 2015). Yine bir başka çalışma incelendiğinde *Amaranthus* yapraklarının mineral bileşimi (mg/100 g); Na (54.9-519.7), K (257-4089), Mg (1304.5-2468.6), Ca (2051.3-3875.5), Fe (63.57-681.2), Cu (0.89-2.1), Zn (3.61-7.49) ve P (460.8-765.8) şeklinde olduğu bildirilmiştir (Gerrano ve diğerleri, 2019). Biel ve diğerleri (2017)' nin yaptıkları bir çalışmada *A. caudatus*' un makro ve mikro element içerikleri; Ca (10.7), P (9.1), K (54.6), Mg (3.6), Zn (82.4), Fe (272.3), Mn (177.5) ve Cu (3.5) g/kg da olarak rapor edilmiştir. Ayrıca 7 farklı amarant genotipinin elementel analizinin incelendiği çalışmada; K (4.19-5.17), Ca (1.89-3.09) Mg (2.83-3.01) mg/g<sup>-1</sup> taze doku başına ve Fe (7.39-17.83), Mn (5.82-15.89), Cu (1.18-3.18), Zn (8.81-17.03) µg/g<sup>-1</sup> taze doku başına olarak hesaplanmıştır (Sarker ve diğerleri, 2020). Bunlara ilaveten farklı toprak tiplerinde ve farklı büyüme evrelerinde hasat edilen *A. caudatus* bitkisinin makro besin bileşimlerinin incelendiği çalışmada çiçeklenme sonrası dönemde Ca (1415.0), Mg (615.0), Na (110.0), P (375.0) ve K (8055) mg/100 g kuru madde olarak bildirilmiştir (Jimoh ve diğerleri, 2020).

**Çizelge 4.5:** Püsküllerin elementel analiz verileri.

<b>Gruplar</b>	<b>N (%)</b>	<b>P (%)</b>	<b>K (%)</b>	<b>Mg (%)</b>	<b>Ca (%)</b>	<b>Cu (ppm)</b>	<b>Fe (ppm)</b>	<b>Mn (ppm)</b>	<b>Zn (ppm)</b>
<b>Org.Yarısı</b>	3.53±0.00 <sup>c</sup>	0.41±0.01 <sup>f</sup>	2.14±0.01 <sup>f</sup>	0.24±0.00 <sup>c</sup>	0.47±0.02 <sup>bcd</sup>	23.26±1.09 <sup>ab</sup>	324±8.76 <sup>a</sup>	140.80±0.45 <sup>a</sup>	67.40±0.77 <sup>bc</sup>
<b>Org.Öneri</b>	3.15±0.03 <sup>a</sup>	0.36±0.02 <sup>e</sup>	2.11±0.00 <sup>ef</sup>	0.22±0.00 <sup>b</sup>	0.46±0.02 <sup>bc</sup>	24.36±0.96 <sup>abcd</sup>	345±9.06 <sup>ab</sup>	105.60±1.29 <sup>b</sup>	67.10±1.33 <sup>bc</sup>
<b>Org.İkikati</b>	3.70±0.04 <sup>d</sup>	0.46±0.02 <sup>g</sup>	2.14±0.01 <sup>f</sup>	0.32±0.00 <sup>e</sup>	0.54±0.02 <sup>d</sup>	29.30±0.77 <sup>e</sup>	371±8.73 <sup>b</sup>	153.90±2.35 <sup>c</sup>	72.20±1.49 <sup>e</sup>
<b>Verm.Yarısı</b>	3.47±0.02 <sup>bc</sup>	0.29±0.02 <sup>bc</sup>	1.93±0.01 <sup>b</sup>	0.26±0.00 <sup>d</sup>	0.45±0.02 <sup>b</sup>	25.83±0.37 <sup>cd</sup>	639±12.1 <sup>d</sup>	154.40±2.65 <sup>c</sup>	67.10±0.95 <sup>bc</sup>
<b>Verm.Öneri</b>	3.08±0.03 <sup>a</sup>	0.23±0.00 <sup>a</sup>	1.83±0.02 <sup>a</sup>	0.22±0.00 <sup>b</sup>	0.74±0.02 <sup>e</sup>	32.33±0.61 <sup>f</sup>	915±18.4 <sup>f</sup>	191.70±1.99 <sup>e</sup>	71.00±1.44 <sup>de</sup>
<b>Verm.İkikati</b>	3.68±0.05 <sup>d</sup>	0.31±0.01 <sup>cd</sup>	1.98±0.03 <sup>bc</sup>	0.24±0.00 <sup>cd</sup>	0.52±0.01 <sup>cd</sup>	26.20±0.56 <sup>d</sup>	762±13.6 <sup>e</sup>	193.40±0.66 <sup>e</sup>	67.70±0.92 <sup>bc</sup>
<b>Kim.Yarısı</b>	3.14±0.03 <sup>a</sup>	0.40±0.00 <sup>f</sup>	2.03±0.01 <sup>cd</sup>	0.39±0.00 <sup>f</sup>	0.36±0.01 <sup>a</sup>	23.63±0.42 <sup>abc</sup>	358±10.4 <sup>ab</sup>	194.10±1.71 <sup>e</sup>	63.20±1.03 <sup>a</sup>
<b>Kim.Öneri</b>	3.38±0.03 <sup>b</sup>	0.34±0.00 <sup>de</sup>	2.03±0.02 <sup>cd</sup>	0.34±0.00 <sup>e</sup>	0.35±0.02 <sup>a</sup>	25.30±0.68 <sup>bcd</sup>	534±8.98 <sup>c</sup>	205.90±2.45 <sup>f</sup>	65.20±1.28 <sup>ab</sup>
<b>Kim.İkikati</b>	3.74±0.02 <sup>d</sup>	0.28±0.01 <sup>bc</sup>	2.07±0.02 <sup>de</sup>	0.41±0.00 <sup>g</sup>	0.34±0.00 <sup>a</sup>	22.43±0.59 <sup>a</sup>	645±16.7 <sup>d</sup>	175.30±0.86 <sup>d</sup>	65.50±0.28 <sup>ab</sup>
<b>Kontrol</b>	3.49±0.03 <sup>c</sup>	0.25±0.00 <sup>ab</sup>	2.00±0.01 <sup>c</sup>	0.12±0.00 <sup>a</sup>	0.86±0.03 <sup>f</sup>	31.16±1.18 <sup>ef</sup>	756±11.4 <sup>e</sup>	216.80±7.60 <sup>f</sup>	70.50±0.78 <sup>cd</sup>

**Çizelge 4.6:** Bitki-kök elementel analiz verileri.

Gruplar	N (%)	P (%)	K (%)	Mg (%)	Ca (%)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
<b>Org.Yarısı</b>	0.94±0.00 <sup>ab</sup>	0.43±0.00 <sup>c</sup>	1.71±0.01 <sup>a</sup>	0.29±0.00 <sup>c</sup>	1.25±0.00 <sup>a</sup>	30.96±0.84 <sup>c</sup>	2083.00±38.0 <sup>f</sup>	209.70±6.35 <sup>e</sup>	82.50±1.59 <sup>c</sup>
<b>Org.Öneri</b>	0.98±0.02 <sup>b</sup>	0.33±0.00 <sup>a</sup>	1.80±0.00 <sup>b</sup>	0.40±0.00 <sup>e</sup>	1.42±0.01 <sup>bc</sup>	21.40±0.60 <sup>a</sup>	1677.30±27.72 <sup>cd</sup>	157.80±2.20 <sup>c</sup>	93.70±2.79 <sup>d</sup>
<b>Org.İkikati</b>	0.89±0.01 <sup>a</sup>	0.49±0.01 <sup>d</sup>	1.89±0.01 <sup>c</sup>	0.34±0.00 <sup>d</sup>	1.98±0.03 <sup>d</sup>	26.26±1.24 <sup>b</sup>	2194.60±16.12 <sup>g</sup>	231.30±8.16 <sup>f</sup>	90.30±1.27 <sup>d</sup>
<b>Verm.Yarısı</b>	1.11±0.01 <sup>cd</sup>	0.33±0.00 <sup>a</sup>	1.91±0.01 <sup>cd</sup>	0.20±0.00 <sup>ab</sup>	2.27±0.03 <sup>fg</sup>	44.36±0.84 <sup>d</sup>	1718.60±40.13 <sup>d</sup>	135.30±3.56 <sup>a</sup>	83.10±1.33 <sup>c</sup>
<b>Verm.Öneri</b>	1.06±0.02 <sup>c</sup>	0.38±0.01 <sup>abc</sup>	1.84±0.00 <sup>b</sup>	0.19±0.00 <sup>ab</sup>	2.24±0.05 <sup>f</sup>	45.63±0.33 <sup>d</sup>	1697.30±43.30 <sup>cd</sup>	152.50±4.75 <sup>bc</sup>	123.40±1.24 <sup>f</sup>
<b>Verm.İkikati</b>	1.31±0.01 <sup>e</sup>	0.36±0.03 <sup>ab</sup>	1.99±0.01 <sup>f</sup>	0.22±0.01 <sup>b</sup>	2.35±0.03 <sup>g</sup>	43.26±0.65 <sup>d</sup>	1829.00±29.51 <sup>e</sup>	141.00±2.32 <sup>ab</sup>	133.20±2.43 <sup>g</sup>
<b>Kim.Yarısı</b>	0.99±0.01 <sup>b</sup>	0.42±0.00 <sup>bc</sup>	1.90±0.02 <sup>cd</sup>	0.37±0.01 <sup>c</sup>	1.94±0.02 <sup>d</sup>	27.40±0.75 <sup>b</sup>	1590.00±37.16 <sup>bc</sup>	187.10±4.47 <sup>d</sup>	54.80±2.05 <sup>a</sup>
<b>Kim.Öneri</b>	1.13±0.02 <sup>d</sup>	0.41±0.02 <sup>bc</sup>	1.97±0.01 <sup>fg</sup>	0.28±0.00 <sup>c</sup>	1.46±0.02 <sup>c</sup>	32.53±0.92 <sup>c</sup>	1478.60±18.78 <sup>a</sup>	149.60±4.11 <sup>bc</sup>	69.30±1.23 <sup>b</sup>
<b>Kim.İkikati</b>	0.88±0.01 <sup>a</sup>	0.42±0.01 <sup>bc</sup>	1.95±0.02 <sup>efg</sup>	0.33±0.01 <sup>d</sup>	2.09±0.05 <sup>e</sup>	22.30±1.78 <sup>a</sup>	1931.60±60.78 <sup>e</sup>	180.00±0.95 <sup>d</sup>	94.60±2.33 <sup>d</sup>
<b>Kontrol</b>	1.06±0.03 <sup>c</sup>	0.34±0.01 <sup>a</sup>	1.93±0.01 <sup>cde</sup>	0.18±0.00 <sup>a</sup>	1.35±0.03 <sup>ab</sup>	45.66±0.92 <sup>d</sup>	1509.60±16.41 <sup>ab</sup>	181.70±2.06 <sup>d</sup>	112.70±0.87 <sup>e</sup>

#### 4.5. Toprak Fizikokimyasal Analizi

Toprağın katı kısmını oluşturan kum, kil ve mil partiküllerinin toprak kütlesi içindeki nispi miktarları ve bunların birbirlerine oranları toprağın bünyesini yani tekstürünü ifade etmektedir. Toprak içerisinde bulunan kil, mil ve kum miktarlarına göre toprak, bir takım tekstür sınıflarına ayrılır. Genel olarak kil miktarı fazla olan topraklara “ağır bünyeli”, kum miktarı fazla topraklara ise “hafif bünyeli” topraklar denmektedir. 2 mm çapında delikler içeren elekten geçirilen toprak örneğinden eleğin üzerinde kalan parçacıkların toplam miktarı toprağın iskelet maddelerini, eleğin altında kalan, bir başka ifade ile çapları 2 mm’ den küçük olan parçacıkların toplamı ise toprak fraksiyonlarını oluşturmaktadır. Toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini belirleyen kısım ise çapı 2 mm’ den küçük olan fraksiyonlarıdır. Toprak bünyesi toprak tanesinin büyüklük yüzdesini, toprak yapısı ise bu tanelerin yan yana, alt alta, üst üste diziliş şeklini ifade etmektedir. Çalışmada kullanılan toprak bünyesi genellikle killi tınlı toprak tipidir. Diğer özellikleri açısından ise pH 7.1-7.5 hafif alkali çıkmıştır. Toprak analiz sonucundaki EC toprağın tuzluluk değerini ifade etmektedir. Bu değer 0-2 ds/m arasında ise düşük, 2-4 arasında orta ve 4-8 aralığında ise yüksek son olarak da 8-16 aralığında da aşırı olarak sınıflandırılmaktadır (Deliboran ve Savran, 2015). Uygulama gruplarının toprak örneklerindeki EC değerleri yaklaşık olarak 0.5 mmhos/cm civarlarında yani orta tuzlu bir toprak yapısı göstermektedir. Kireç bakımından değerlendirildiğinde (% 34.6- 39.61) çok kireçli bulunmuştur. Organik madde açısından ise % 5.35-6.71 aralığında değerler almış ve çok yüksek organik madde içerdiği anlaşılmıştır (Charman ve Roper, 2000). Toprak örneklerinin P içerikleri (6.08-26.75 kg/da), K (45.95-89.08 kg/da), Mg (% 2.63- 6.12), Ca (% 18-37.52), Cu (0.76-4.34 ppm), Mn (14.48-25.46 ppm), Fe (3.20-5.51 ppm) ve Zn (0.91-1.99 ppm) arasında değişen değerler almışlardır. *A. mantegazzianus*’ da farklı azot ve fosfor seviyelerinin araştırıldığı bir çalışmada toprağın pH 5.83 ve kireç ise % 0.82 olarak belirtilmiştir (Dumanoglu ve Geren, 2018). Farklı amarant türlerinin yetiştirilmesi ve adaptasyonu çalışmasında toprakların kimyasal özellikleri şu şekildedir; EC (0.295-0.354 ds/m), pH (6.63-7.15), CaCO<sub>3</sub> (% 5.92-7.45), Organik madde (% 0.98-1.28), Ca (1.48-1.94 me/l), Mg (0.80-1.31 me/l) ve K (0.05-0.1 me/l) (Gönen ve diğerleri, 2018).

Çizelge 4.7: Toprak örneklerinin fizikokimyasal analiz verileri.

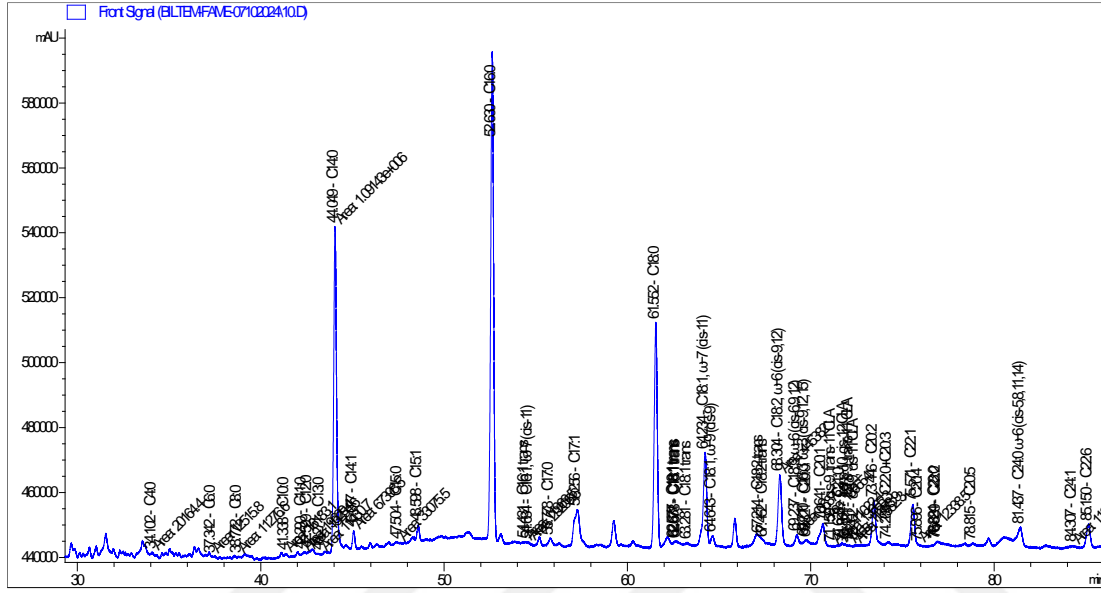
Gruplar	Bünye (%)	pH	Tuz (EC mhos/cm)	Kireç (CaCO <sub>3</sub> %)	Organik madde (%)
Org.Yarısı	67.47±1.48 <sup>a</sup>	7.54±0.03 <sup>ab</sup>	0.580±0.04 <sup>a</sup>	35.64±1.64 <sup>a</sup>	6.15±0.06 <sup>c</sup>
Org.Öneri	69.44±1.27 <sup>ab</sup>	7.52±0.03 <sup>ab</sup>	0.566±0.01 <sup>a</sup>	35.50±0.53 <sup>a</sup>	5.35±0.02 <sup>a</sup>
Org.İkikati	71.42±2.28 <sup>ab</sup>	7.51±0.02 <sup>ab</sup>	0.500±0.03 <sup>a</sup>	35.69±2.38 <sup>a</sup>	6.11±0.01 <sup>c</sup>
Verm.Yarısı	66.25±0.83 <sup>a</sup>	7.52±0.01 <sup>ab</sup>	0.573±0.02 <sup>a</sup>	34.74±2.70 <sup>a</sup>	6.19±0.02 <sup>c</sup>
Verm.Öneri	68.68±0.69 <sup>ab</sup>	7.50±0.03 <sup>ab</sup>	0.573±0.02 <sup>a</sup>	39.61±1.02 <sup>a</sup>	5.88±0.04 <sup>b</sup>
Verm.İkikati	69.44±2.54 <sup>ab</sup>	7.49±0.01 <sup>a</sup>	0.550±0.03 <sup>a</sup>	36.70±2.35 <sup>a</sup>	6.43±0.08 <sup>d</sup>
Kim.Yarısı	69.80±1.18 <sup>ab</sup>	7.53±0.00 <sup>ab</sup>	0.526±0.06 <sup>a</sup>	36.17±2.50 <sup>a</sup>	5.93±0.03 <sup>b</sup>
Kim.Öneri	70.84±0.50 <sup>ab</sup>	7.51±0.03 <sup>ab</sup>	0.523±0.03 <sup>a</sup>	37.84±2.57 <sup>a</sup>	5.82±0.07 <sup>b</sup>
Kim.İkikati	66.16±0.97 <sup>a</sup>	7.55±0.02 <sup>ab</sup>	0.596±0.05 <sup>a</sup>	34.60±1.15 <sup>a</sup>	6.14±0.06 <sup>c</sup>
Kontrol	73.64±3.51 <sup>b</sup>	7.59±0.02 <sup>b</sup>	0.563±0.00 <sup>a</sup>	35.93±1.17 <sup>a</sup>	6.71±0.06 <sup>e</sup>

**Çizelge 4.7:** Toprak örneklerinin fizikokimyasal analiz verileri (devamı).

<b>Gruplar</b>	<b>P (kg/da)</b>	<b>K (kg/da)</b>	<b>Mg (%)</b>	<b>Ca (%)</b>	<b>Cu (ppm)</b>	<b>Mn (ppm)</b>	<b>Fe (ppm)</b>	<b>Zn (ppm)</b>
<b>Org.Yarısı</b>	13.62±0.92 <sup>b</sup>	58.28±1.62 <sup>b</sup>	4.45±0.29 <sup>bc</sup>	37.52±0.27 <sup>g</sup>	2.56±0.13 <sup>de</sup>	14.69±0.70 <sup>a</sup>	5.51±0.31 <sup>c</sup>	1.36±0.06 <sup>abc</sup>
<b>Org.Öneri</b>	13.06±1.17 <sup>b</sup>	77.01±2.96 <sup>e</sup>	5.44±0.39 <sup>de</sup>	31.94±0.51 <sup>ef</sup>	3.45±0.21	21.35±1.29 <sup>bcd</sup>	3.26±0.29 <sup>a</sup>	1.59±0.22 <sup>cd</sup>
<b>Org.İkikati</b>	8.18±0.46 <sup>ab</sup>	71.96±3.13 <sup>cde</sup>	4.24±0.33 <sup>bc</sup>	18.00±1.45 <sup>a</sup>	1.50±0.35 <sup>b</sup>	14.48±2.22 <sup>a</sup>	5.05±0.11 <sup>bc</sup>	0.99±0.12 <sup>ab</sup>
<b>Verm.Yarısı</b>	22.17±1.91 <sup>c</sup>	46.15±1.17 <sup>a</sup>	4.56±0.25 <sup>bcd</sup>	26.99±1.29 <sup>cd</sup>	4.14±0.03 <sup>fg</sup>	19.84±1.91 <sup>abc</sup>	3.86±0.45 <sup>a</sup>	1.74±0.04 <sup>cd</sup>
<b>Verm.Öneri</b>	21.92±0.49 <sup>c</sup>	65.47±3.00 <sup>c</sup>	6.12±0.35 <sup>e</sup>	23.95±1.78 <sup>bc</sup>	4.34±0.33 <sup>g</sup>	17.11±2.21 <sup>abc</sup>	3.87±0.43 <sup>a</sup>	1.92±0.17 <sup>d</sup>
<b>Verm.İkikati</b>	26.75±4.09 <sup>cd</sup>	68.78±2.76 <sup>cd</sup>	4.93±0.18 <sup>cd</sup>	23.56±0.39 <sup>bc</sup>	2.39±0.12 <sup>cde</sup>	25.46±0.69 <sup>d</sup>	5.37±0.19 <sup>c</sup>	1.99±0.18 <sup>d</sup>
<b>Kim.Yarısı</b>	6.96±0.15 <sup>a</sup>	45.95±2.01 <sup>a</sup>	3.75±0.29 <sup>b</sup>	30.35±2.11 <sup>de</sup>	2.64±0.23 <sup>e</sup>	21.95±2.82 <sup>cd</sup>	3.49±0.46 <sup>a</sup>	1.44±0.16 <sup>bcd</sup>
<b>Kim.Öneri</b>	7.36±0.25 <sup>a</sup>	73.23±2.61 <sup>de</sup>	4.37±0.13 <sup>bc</sup>	35.02±1.73 <sup>fg</sup>	1.75±0.17 <sup>bc</sup>	16.28±1.14 <sup>ab</sup>	4.15±0.43 <sup>ab</sup>	1.54±0.23 <sup>cd</sup>
<b>Kim.İkikati</b>	31.58±3.22 <sup>d</sup>	89.08±1.47 <sup>f</sup>	2.63±0.33 <sup>a</sup>	23.38±1.92 <sup>bc</sup>	0.76±0.10 <sup>a</sup>	18.70±1.39 <sup>abc</sup>	3.20±0.19 <sup>a</sup>	0.91±0.04 <sup>a</sup>
<b>Kontrol</b>	6.08±0.18 <sup>a</sup>	54.83±2.30 <sup>b</sup>	4.94±0.16 <sup>cd</sup>	20.88±1.12 <sup>ab</sup>	1.83±0.41 <sup>bcd</sup>	15.64±0.82 <sup>a</sup>	4.04±0.49 <sup>ab</sup>	1.67±0.24 <sup>cd</sup>

#### 4.6. GC-FID' de Sabit Yağ Analizi

*A. caudatus* püskül ve tohumlarından soxhlet ekstraksiyonu ile sabit yağ elde edildi ve daha sonra sabit yağ analizi için metil esteri prosedürü uygulanmıştır. GC-FID ile ekstraktların doymuş ve doymamış yağ asidi bileşimleri standartlarla karşılaştırılarak kalitatif olarak belirlenmiştir (Arslan ve Çağlar, 2019). Analiz sonucunda 42 yağ asidi belirlenmiştir. Bu yağ asitlerinden 7 tanesi (C16:1 Palmitoleik, C18:1 Oleik, C18:2 Linoleik, C18:3 Linolenik, C20:1 Eikosenoik, C20:2 Eikosadienoik, C24:1 Nervonik asit) doymamış ve 10 tanesi ise (C8:0 Kaprilik, C14:0 Miristik, C15:0 Pentadekanoik, C16:0 Palmitik, C17:0 Heptadekanoik, C18:0 Stearik, C20:0 Araşidik, C23:0 Trikosanoik, C24:0 Lignoserik, C21:0 Henikosanoik) doymuş yağ asitlerinden oluşmaktadır. Analiz sonucuna göre ana doymamış yağ asidi linoleik asit (18:2) % 7.58 ile % 38.11 aralığında değişiklik göstermektedir. Ayrıca oleik asit (18:1) % 7.20 ile % 23.48 arasında belirlenmiştir (Çizelge 4.8). Martinez-Lopez ve diğerleri (2020)' nin yaptığı bir çalışmada çiğ *A. caudatus*' un (g/100 g) yağ asidi analiz sonuçlarına göre; doymuş, tekli doymamış ve çoklu doymamış yağ asit içeriği sırasıyla % 1.46, 1.68 ve 2.78' dir. Ayrıca C14:0 (% 0.22), C16:0 (% 19.08), C17:0 (% 0.62), C18:0 (% 4.10), C20:0 (% 0.97), C22:0 (% 0.35) ve C24:0 (% 0.22) olarak belirtmişlerdir. Amarant, kinoa ve karabuğday ile ilgili yapılan yağ asidi kompozisyonunda; Amarant' ın yağ asidi yüzdeleri C14:0 (0.22), C16:0 (18.9), C18:0 (3.53), C20:1 (0.30) ve C22:1 (0.01) ve en yüksek linoleik asit seviyeleri (%46,3) olarak rapor edilmiştir. Palmitik asit (C16:0), amarant ve diğer yalancı tahılların en yüksek seviyelerde içerdiği lipid fraksiyonundaki ana doymuş yağ asididir (%18,9±0,2). Önceki çalışmalarda amarantta %32,6' ya kadar palmitik asit olduğu bildirilmiştir (De Bock ve diğerleri, 2021).



Şekil 4. 1: *A. caudatus* bitkisinin doymuş ve doymamış yağ asidi bileşimine ait GC-FID kromatogramı.

**Çizelge 4.8:** *Amaranthus caudatus* sabit yağının % doymuş ve doymamış yağ asitlerinin kompozisyonu.

Yağ asidi % (w/w)	Org.Yarısı	Org.Öneri	Org.İkikatu	Verm.Yarısı	Verm.Öneri
C4:0 (butanoik asit)	0.38 ± 0.07	0.29 ± 0.08	0.10 ± 0.04	0.53 ± 0.26	0.61 ± 0.12
C6:0 (hegzanoik asit)	0.25 ± 0.06	0.33 ± 0.22	0.11 ± 0.02	0.34 ± 0.09	0.62 ± 0.33
C8:0 (oktanoik asit)	0.26 ± 0.11	0.26 ± 0.14	0.08 ± 0.02	0.43 ± 0.03	0.33 ± 0.01
C10:0 (dekanoik asit)	0.32 ± 0.08	0.23 ± 0.05	0.13 ± 0.04	0.25 ± 0.01	0.65 ± 0.05
C11:0 (undesilik asit)	0.25 ± 0.10	0.23 ± 0.01	0.11 ± 0.03	0.70 ± 0.69	0.47 ± 0.26
C12:0 (laurik asit)	0.22 ± 0.00	0.17 ± 0.04	0.12 ± 0.00	0.30 ± 0.14	0.42 ± 0.05
C13:0 (tridesilik asit)	0.21 ± 0.04	0.15 ± 0.02	0.11 ± 0.01	0.29 ± 0.12	0.54 ± 0.13
C14:0 (miristik asit)	17.51±0.22	11.35±0.27	6.17 ± 0.11	12.19± 0.11	24.38± 0.22
C14:1 (miristik sit n9)	0.94 ± 0.22	0.99 ± 0.25	0.51 ± 0.00	0.98 ± 0.03	0.79 ± 0.10
C15:0 (pentadesilik asit)	0.35 ± 0.26	0.28 ± 0.15	0.28 ± 0.02	1.20 ± 0.15	0.37 ± 0.05
C15:1 (ginkgolik asit)	0.70 ± 0.04	0.66 ± 0.32	0.42 ± 0.00	1.50 ± 0.02	0.60 ± 0.07
C16:0 (palmitik asit)	27.50±0.28	17.71±0.11	19.17±0.35	16.78±0.08	18.83± 0.45
C16:1 trans	0.24 ± 0.06	0.18 ± 0.01	0.07 ± 0.00	0.33 ± 0.20	0.32 ± 0.07
C16:1. ω-7 (cis-11) (palmitoleik asit)	0.46 ± 0.02	0.91 ± 0.05	0.51 ± 0.02	2.77 ± 0.00	0.43 ± 0.09
C17:0 (heptadekanoik asit)	0.39 ± 0.05	0.28 ± 0.21	0.42 ± 0.33	0.33 ± 0.00	0.92 ± 0.64
C17:1 (heptadekanoleik asit)	2.05 ± 1.86	0.30 ± 0.14	0.22 ± 0.03	0.27 ± 0.05	4.46 ± 0.38
C18:0(stearik asit)	13.36 ± 0.16	5.94 ± 0.05	5.50 ± 0.01	5.77 ± 0.03	9.17 ± 0.23
C18:1 trans	0.22 ± 0.05	0.26 ± 0.09	0.07 ± 0.00	0.21 ± 0.05	0.40 ± 0.17
C18:1. ω-9 (cis-9) (oleicacid)	7.20 ± 0.34	15.04 ± 0.03	18.21±0.04	13.02±0.07	9.23 ± 0.20
C18:1. ω-7 (cis-11) (oleik asit)	0.84 ± 0.07	1.36 ± 0.06	1.64 ± 0.01	1.05 ± 0.07	1.36 ± 0.25

C18:2 trans	0.37 ± 0.17	0.21 ± 0.04	0.22 ± 0.17	0.61 ± 0.05	0.57 ± 0.24
C18:2. ω-6 (cis-9.12) (linoleik asit)	7.58 ± 0.52	28.52±0.27	33.81 ± 0.24	19.55 ± 0.07	10.22± 0.41
C18:3. ω-6 (cis-6.9.12) (linolenik asit)	1.04 ± 0.06	1.32 ± 0.08	0.85 ± 0.12	1.56 ± 0.03	1.14 ± 1.04
C20:0 (arakidik asit)	0.41 ± 0.20	0.48± 0.04	0.12 ± 0.06	0.29 ± 0.11	0.72 ± 0.03
C18:3. ω-3 (cis-9.12.15) (linolenik asit)	0.51 ± 0.30	0.28 ± 0.21		0.36 ± 0.21	0.42 ± 0.02
C20:1 (eikosenoik asit)	1.80 ± 0.13	0.48 ± 0.06	1.35 ± 0.08	0.58 ± 0.06	0.58 ± 0.45
cis-9. trans-11 CLA (konjuge linoleik asit)	0.18 ± 0.01	0.13 ± 0.03	0.15 ± 0.12	0.70 ± 0.36	0.57 ± 0.16
C21:0 (heneikosilik asit)	0.21 ± 0.02	0.60 ± 0.60	0.08 ± 0.00	0.64 ± 0.25	0.42 ± 0.22
trans-10. cis-12 CLA (konjuge linoleik asit)	0.19 ± 0.02	0.18 ± 0.08	0.12 ± 0.06	0.16 ± 0.00	0.36 ± 0.12
trans-9. trans-11 CLA	0.18 ± 0.00	0.17 ± 0.05	0.08 ± 0.01	0.17 ± 0.02	0.44 ± 0.04
cis-9. cis-11 CLA (konjuge linoleik asit)	0.19 ± 0.01	0.15 ± 0.04	0.08 ± 0.03	1.80 ± 2.30	0.43 ± 0.04
C20:2 (eikosadienoik asit)	3.51 ± 0.11	4.09 ± 0.00	3.38 ± 0.13	4.33 ± 2.66	2.26 ± 0.01
C22:0+C20:3 (behenik asit+eikosatrienoik asit)	0.37 ± 0.04	0.14 ± 0.01	0.13 ± 0.04	0.42 ± 0.36	0.44 ± 0.20
C22:1 (erüsik asit)	3.34 ± 0.11	2.70 ± 0.06	1.86 ± 0.14	0.39 ± 0.25	2.31 ± 0.19
C20:4 (lignoserik asit)	0.18 ± 0.03	0.15 ± 0.02	0.08 ± 0.02	2.87 ± 2.89	0.46 ± 0.10
C23:0 (trikloroasetik asit)	0.24 ± 0.05	0.21 ± 0.10	0.10 ± 0.01	2.56 ± 3.29	0.48 ± 0.04
C22:2 (cis-13.16-doko asit)	0.23 ± 0.03	0.14 ± 0.03	0.13 ± 0.06	0.19 ± 0.06	0.38 ± 0.03
C20:5 (eykosapentenoikasit)(EPA)	0.24 ± 0.07	0.18 ± 0.02	0.18 ± 0.12	0.22 ± 0.06	0.30 ± 0.03
C24:0 ω-6 (cis-5.8.11.14) (ligno. asit)	2.42 ± 0.04	0.60 ± 0.33	1.11 ± 0.08	0.41 ± 0.03	0.61 ± 0.19

C24:1 (nervonik asit)	0.17 ± 0.01	0.13 ± 0.01	0.07 ± 0.00	0.19 ± 0.06	0.32 ± 0.05
C22:6 (dokosaheksaenoik asit) (DHA)	1.87 ± 0.15	1.31 ± 0.04	1.07 ± 0.04	1.43 ± 0.00	0.39 ± 0.01
<b>ΣSFA</b>	64.27	39.14	33.74	43.01	59.54
<b>ΣMUFA</b>	17.51	22.57	24.79	20.75	20.08
<b>ΣPUFA</b>	16.28	36.78	40.18	33.74	17.81
<b>transFAs</b>	1.94	1.52	1.29	2.50	2.58

**SFA**; doymuş yağ asidi.

**MUFA**; tekli doymamış yağ asidi.

**PUFA**; çoklu doymamış yağ asidi.

**FA**; yağ asidi

**Çizelge 4.8:** *Amaranthus caudatus* sabit yağının % doymuş ve doymamış yağ asitlerinin kompozisyonu (devamı).

Yağ asidi w/w (%)	Verm.İkikati	Kim.Yarısı	Kim.Öneri	Kim.İkikati	Kontrol
C4:0 (butanoik asit)	0.17 ± 0.12	0.24 ± 0.05	0.17 ± 0.02	0.05 ± 0.00	0.75 ± 0.32
C6:0 (hegzanoik asit)	0.13 ± 0.03	0.24 ± 0.03	0.13 ± 0.01	0.07 ± 0.04	0.50 ± 0.35
C8:0 (oktanoik asit)	0.14 ± 0.07	0.15 ± 0.03	0.14 ± 0.05	0.03 ± 0.01	0.39 ± 0.21
C10:0 (dekanoik asit)	0.13 ± 0.06	0.25 ± 0.06	0.12 ± 0.04	0.06 ± 0.00	0.48 ± 0.07
C11:0 (undesilik asit)	0.13 ± 0.01	0.17 ± 0.03	0.11 ± 0.05	0.05 ± 0.01	0.35 ± 0.14
C12:0 (laurik asit)	0.12 ± 0.01	0.18 ± 0.02	0.13 ± 0.02	0.05 ± 0.00	0.42 ± 0.19
C13:0 (tridesilik asit)	0.13 ± 0.04	0.17 ± 0.01	0.13 ± 0.01	0.04 ± 0.02	0.36 ± 0.04
C14:0 (miristik asit)	6.93 ± 0.36	10.21 ± 0.56	6.68 ± 0.42	1.94 ± 0.05	18.96 ± 0.44
C14:1 (miristik asit n9)	0.50 ± 0.01	0.86 ± 0.22	0.63 ± 0.16	0.50 ± 0.00	0.76 ± 0.30
C15:0 (pentadesilik asit)	0.14 ± 0.07	0.19 ± 0.03	0.16 ± 0.06	0.03 ± 0.00	0.24 ± 0.03
C15:1 (ginkgolik asit)	0.30 ± 0.04	0.60 ± 0.22	0.34 ± 0.00	0.05 ± 0.00	0.98 ± 0.03
C16:0 (palmitik asit)	21.57 ± 0.76	22.98 ± 0.58	20.04 ± 0.04	22.83 ± 0.08	13.65 ± 0.31
C16:1 trans	0.11 ± 0.02	0.18 ± 0.07	0.12 ± 0.01	0.06 ± 0.05	0.33 ± 0.06
C16:1. ω-7 (cis-11) (palmitoleik asit)	0.29 ± 0.01	0.54 ± 0.03	0.27 ± 0.02	0.11 ± 0.06	0.81 ± 0.05
C17:0 (heptadekanoik asit)	0.31 ± 0.31	0.48 ± 0.08	0.50 ± 0.05	0.03 ± 0.00	0.59 ± 0.04
C17:1 (heptadekanoleik asit)	0.72 ± 0.73	2.25 ± 0.03	0.76 ± 0.98	0.54 ± 0.01	3.91 ± 0.12
C18:0 (stearik asit)	4.99 ± 0.09	7.25 ± 0.05	5.81 ± 0.00	4.22 ± 0.03	4.16 ± 0.10
C18:1 trans	0.09 ± 0.00	0.24 ± 0.08	0.15 ± 0.08	0.02 ± 0.01	0.35 ± 0.16
C18:1. ω-9 (cis-9) (oleik asit)	21.41 ± 0.41	16.25 ± 0.08	19.32 ± 0.05	23.48 ± 0.09	11.64 ± 0.50
C18:1. ω-7 (cis-11) (oleik asit)	1.76 ± 0.03	1.44 ± 0.07	1.56 ± 0.02	1.41 ± 0.02	1.57 ± 0.04
C18:2 trans	0.16 ± 0.10	0.44 ± 0.29	0.17 ± 0.06	0.20 ± 0.15	0.71 ± 0.24
C18:2. ω-6 (cis-9.12) (linoleik asit)	27.46 ± 0.52	23.41 ± 0.03	32.49 ± 0.00	38.11 ± 0.00	16.85 ± 0.31

C18:3. $\omega$ -6 (cis-6.9.12) (linolenik asit)	0.76 $\pm$ 0.49	1.01 $\pm$ 0.11	0.49 $\pm$ 0.06	0.25 $\pm$ 0.02	1.11 $\pm$ 0.25
C20:0 (arakidik asit)	0.26 $\pm$ 0.14	0.24 $\pm$ 0.15	0.11 $\pm$ 0.01	0.07 $\pm$ 0.05	0.34 $\pm$ 0.10
C18:3. $\omega$ -3 (cis-9.12.15) (linolenik asit)	0.18 $\pm$ 0.04	0.20 $\pm$ 0.04	0.21 $\pm$ 0.10	0.07 $\pm$ 0.00	0.60 $\pm$ 0.04
C20:1 (eikosenoik asit) cis-9. trans-11 CLA (konjuge linoleik asit)	1.58 $\pm$ 0.08 0.11 $\pm$ 0.02	1.46 $\pm$ 0.05 0.18 $\pm$ 0.02	1.39 $\pm$ 0.11 0.11 $\pm$ 0.01	0.57 $\pm$ 0.78 0.59 $\pm$ 0.80	0.41 $\pm$ 0.14 0.26 $\pm$ 0.03
C21:0 (heneikosilik asit) trans-10. cis-12 CLA (konjuge linoleik asit)	0.12 $\pm$ 0.00 0.12 $\pm$ 0.04	0.14 $\pm$ 0.02 0.17 $\pm$ 0.03	0.10 $\pm$ 0.01 0.07 $\pm$ 0.00	0.10 $\pm$ 0.01 0.02 $\pm$ 0.00	0.31 $\pm$ 0.05 0.36 $\pm$ 0.03
trans-9. trans-11 CLA cis-9. cis-11 CLA (konjuge linoleik asit)	0.19 $\pm$ 0.16 0.14 $\pm$ 0.02	0.15 $\pm$ 0.01 0.15 $\pm$ 0.03	0.09 $\pm$ 0.04 0.10 $\pm$ 0.03	0.02 $\pm$ 0.00 0.03 $\pm$ 0.00	0.31 $\pm$ 0.02 0.32 $\pm$ 0.15
C20:2 (eikosadienoik asit)	2.81 $\pm$ 0.22	2.34 $\pm$ 0.33	2.89 $\pm$ 0.09	1.94 $\pm$ 0.02	5.67 $\pm$ 0.04
C22:0+C20:3 (behenik asit+eikosatrienoik asit)	0.18 $\pm$ 0.00	0.30 $\pm$ 0.23	0.13 $\pm$ 0.08	0.17 $\pm$ 0.03	0.25 $\pm$ 0.05
C22:1 (erüsik asit)	2.06 $\pm$ 0.10	1.60 $\pm$ 0.22	0.77 $\pm$ 0.98	0.52 $\pm$ 0.01	4.17 $\pm$ 0.09
C20:4 (lignoserik asit)	0.14 $\pm$ 0.00	0.17 $\pm$ 0.02	0.83 $\pm$ 1.07	0.02 $\pm$ 0.01	0.29 $\pm$ 0.05
C23:0 (trikloroasetik asit)	0.16 $\pm$ 0.11	0.28 $\pm$ 0.15	0.10 $\pm$ 0.04	0.04 $\pm$ 0.02	0.30 $\pm$ 0.05
C22:2 (cis-13.16-doko asit)	0.18 $\pm$ 0.14	0.14 $\pm$ 0.02	0.11 $\pm$ 0.04	0.02 $\pm$ 0.00	0.29 $\pm$ 0.02
C20:5 (eykosapentenoikasit)(EPA)	0.16 $\pm$ 0.07	0.23 $\pm$ 0.09	0.08 $\pm$ 0.01	0.04 $\pm$ 0.01	0.51 $\pm$ 0.09
C24:0 $\omega$ -6 (cis-5.8.11.14) (ligno. asit)	0.68 $\pm$ 0.27	0.77 $\pm$ 0.45	0.82 $\pm$ 0.01	0.64 $\pm$ 0.00	0.51 $\pm$ 0.19
C24:1 (nervonik asit)	0.13 $\pm$ 0.01	0.15 $\pm$ 0.03	0.10 $\pm$ 0.00	0.06 $\pm$ 0.02	0.32 $\pm$ 0.02
C22:6 (dokosaheksaenoik asit) (DHA)	1.59 $\pm$ 0.14	0.89 $\pm$ 0.31	0.76 $\pm$ 0.03	0.35 $\pm$ 0.09	

---

<b>ΣSFA</b>	36.11	43.94	35.25	30.24	42.31
<b>ΣMUFA</b>	28.74	25.14	25.13	27.24	24.56
<b>ΣPUFA</b>	34.01	29.33	38.37	41.61	29.29
<b>transFAs</b>	1.15	1.59	1.25	0.91	3.83

**SFA**; doymuş yağ asidi.

**MUFA**; tekli doymamış yağ asidi.

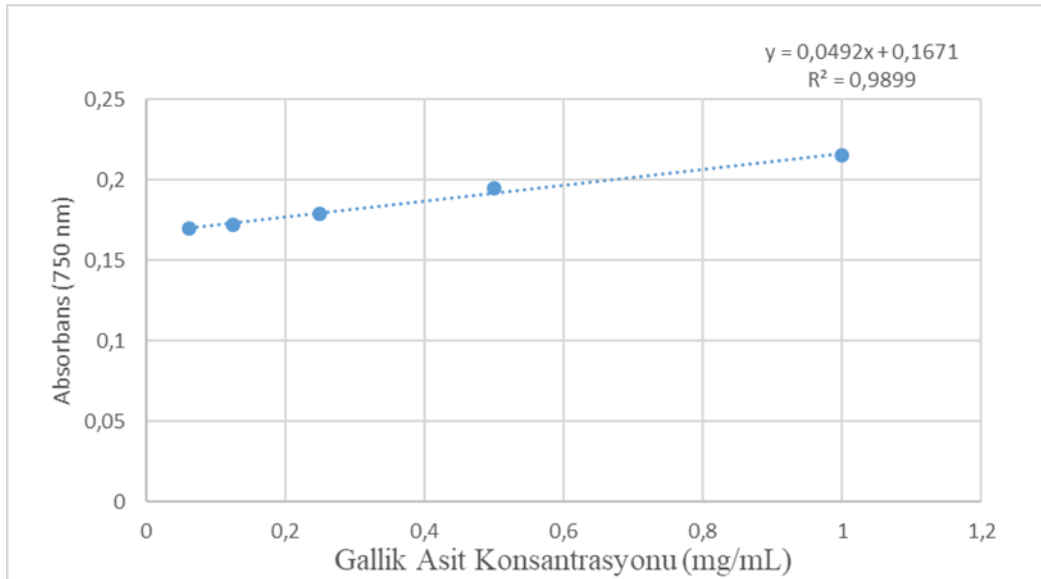
**PUFA**; çoklu doymamış yağ asidi.

**FA**; yağ asidi

---

#### 4.7. Toplam Fenolik Madde Miktarının Belirlenmesi

Tez çalışmasında grupların metanollü ekstraların % olarak verimleri hesaplanmış ve en düşük verim 7.30 ile O<sub>G</sub>-300 mL/da grubunda belirlenmiştir. En yüksek % verim ise 13.38 ile K<sub>G</sub>-1.5 L/da grubunda olmuştur. Toplam fenolik madde miktarının belirlenmesi için farklı konsantrasyonlarda (0.1- 1 mg/mL) gallik asit standardı hazırlanmış ve bu standarttan regresyon denklemi hesaplanarak uygulama gruplarının fenolik madde içerikleri bu denkleme göre hesaplanmıştır. Uygulama gruplarının toplam fenolik madde miktarları 0.29–2.46 mgGAE/g arasında değişiklik göstermiştir. En düşük fenolik içeriğe 0.29 mgGAE/g ile kontrol grubunda olmuştur. En yüksek fenolik içerik ise 2.46 mgGAE/g ile O<sub>G</sub>-300 mL/da grubunda belirlenmiştir. Gruplar arasındaki toplam fenolik içeriği bakımından istatistiki anlamda farklılık bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Gins ve diğerleri (2024)'nin gerçekleştirdiği aralarında *A. caudatus*'un da bulunduğu 16 farklı amarant türünün çeşitli morfolojik ve biyokimyasal parametrelerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada örneklerin toplam fenolik içeriği 0.039-4.825 mgGAE/g arasında değişmekte ve *A. caudatus*'un toplam fenolik içeriği ise 4.110 mgGAE/g olarak belirtilmiştir. De Bock ve diğerleri (2021)'de amarantın toplam fenolik içeriğinin 2.59 mgGAE/g olduğunu belirtmişlerdir. Uygulama gruplarının toplam fenolik içerikleri içeriği literatür taraması ile desteklenmektedir.



Şekil 4.2: Gallik asit kalibrasyon eğrisi.

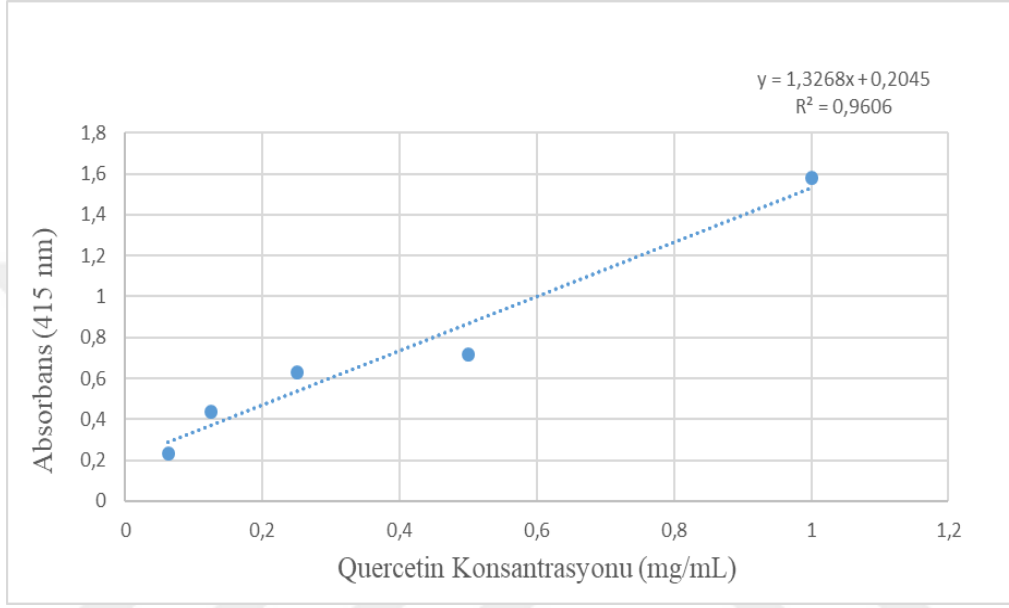
**Çizelge 4.9:** Uygulama gruplarına ait % verim ve toplam fenolik içeriği.

<b>Gruplar</b>	<b>Metanol % verim</b>	<b>Toplam fenolik içeriği (mg GAE/g)</b>
<b>Org. Yarısı</b>	7.30 ±0.33 <sup>a</sup>	2.46 ±0.02 <sup>g</sup>
<b>Org. Öneri</b>	9.13 ±0.123 <sup>abc</sup>	0.46 ±0.00 <sup>b</sup>
<b>Org. İkikati</b>	8.81 ±0.89 <sup>abc</sup>	0.48 ±0.00 <sup>b</sup>
<b>Verm. Yarısı</b>	8.46 ± 0.53 <sup>ab</sup>	1.10 ±0.01 <sup>d</sup>
<b>Verm. Öneri</b>	10.70 ±0.43 <sup>bcd</sup>	1.46 ±0.01 <sup>f</sup>
<b>Verm. İkikati</b>	13.14 ±1.16 <sup>d</sup>	1.47 ±0.02 <sup>f</sup>
<b>Kim. Yarısı</b>	13.38 ±1.27 <sup>d</sup>	1.24 ±0.00 <sup>e</sup>
<b>Kim. Öneri</b>	11.56 ±1.66 <sup>cd</sup>	1.13 ±0.01 <sup>d</sup>
<b>Kim. İkikati</b>	13.31 ±0.85 <sup>d</sup>	1.01 ±0.04 <sup>c</sup>
<b>Kontrol</b>	7.87 ±0.50 <sup>ab</sup>	0.29 ±0.00 <sup>a</sup>

#### **4.8. Toplam Flavonoid İçeriğinin Belirlenmesi**

Toplam flavonoid içeriğinin belirlenmesi için farklı konsantrasyonlarda quercetin standartı hazırlanmış olup bu standarttan regresyon denklemi elde edilerek gerekli hesaplamalar için bu denklem kullanılmıştır. Uygulama gruplarının toplam flavonoid içerikleri 0.50-1.26 mgQE/g arasında değişiklik göstermiştir. En düşük flavonoid içerik 0.50 mgQE/g ile O<sub>G</sub>-600 mL/da grubunda görülürken bunu 0.59 mgQE/g ile O<sub>G</sub>-300 mL/da grubu takip etmiştir. En yüksek flavonoid içerik ise 1.26 mgQE/g ile V<sub>K</sub>-2 L/da grubunda olmuştur. Pulipati ve diğerleri (2017)' nin yaptığı bir çalışmada *A. tricolor* bitkisinin yaprak metanol ekstraktının toplam flavonoid içeriği 4.5 mg rutin/g olarak bulmuşlardır. Ayrıca daha önce yapılan başka bir çalışmada *A. caudatus* bitkisinin toplam flavonoid içeriği 21.7 mgQE/g olarak hesaplanmıştır (Bang ve diğerleri, 2021). Akin-Idowu ve diğerleri (2017)' nin *A. caudatus* ve diğer amarant türlerinin fitokimyasal bileşimi ilgili yaptığı çalışmada, *A. caudatus*' un toplam

flavonoid içeriğini 8.91 mgCE/g olarak rapor etmişlerdir. *A. lividis* ile ilgili yapılan başka bir çalışmada ise bitkinin toplam flavonoid içeriği 38.50 mg/QE g olarak hesaplanmıştır (Hossain ve diğerleri, 2022). *A. hypochondriacus*, *A. caudatus* ve *A. cruentus* ile daha önce yapılan araştırmada ise bitkilerin toplam flavonoid içerikleri 0.27- 11.40 mgCAE/g olarak belirtilmiştir.



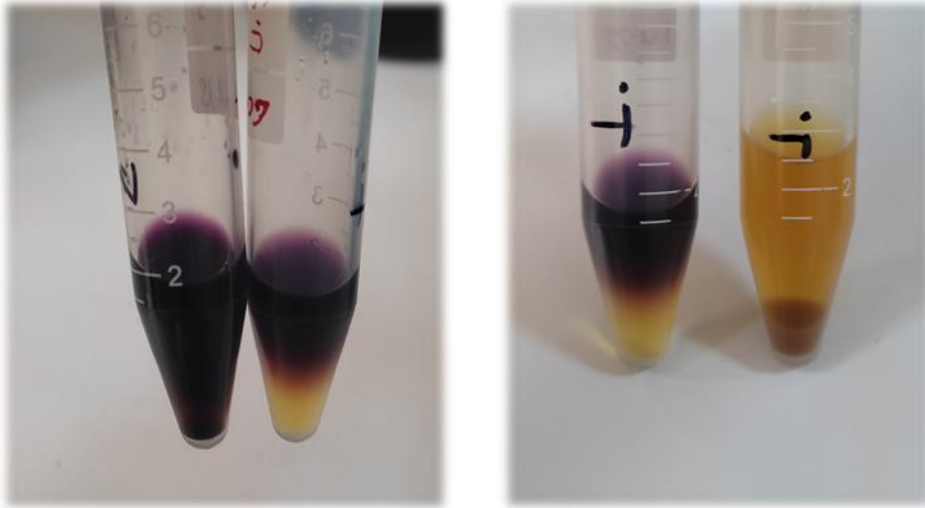
Şekil 4.3: Quercetin kalibrasyon eğrisi.

Çizelge 4.10: Uygulama gruplarına ait toplam flavonoid içeriği.

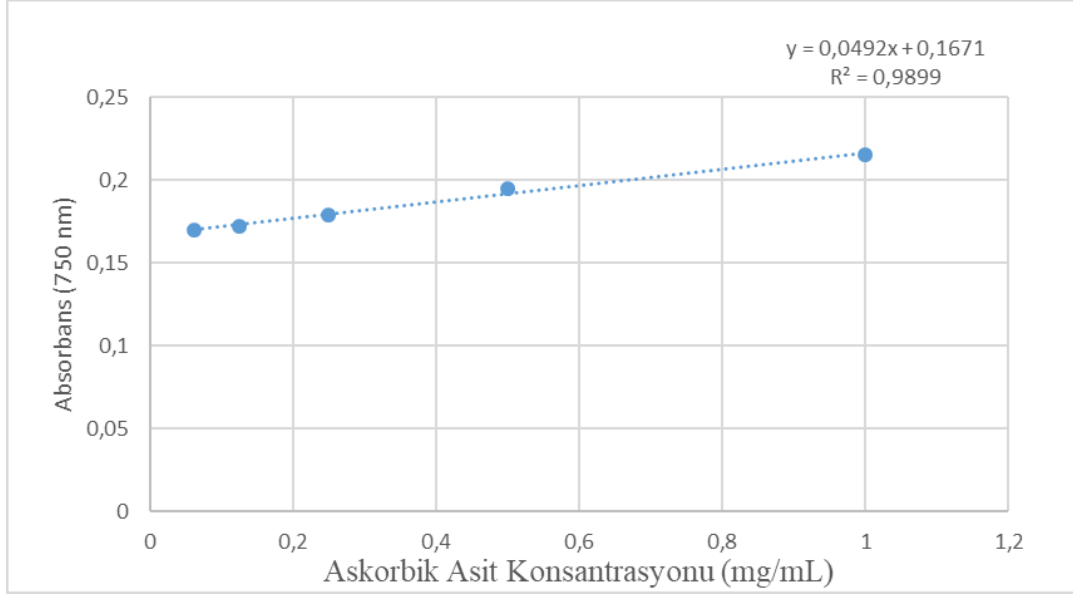
Gruplar	Toplam flavonoid içeriği (mg QE/g)
Org. Yarısı	0.59 ± 0.16 <sup>a</sup>
Org. Öneri	0.50 ± 0.06 <sup>a</sup>
Org. İkikati	0.97 ± 0.01 <sup>bc</sup>
Verm. Yarısı	0.92 ± 0.03 <sup>bc</sup>
Verm. Öneri	1.26 ± 0.07 <sup>d</sup>
Verm. İkikati	0.98 ± 0.03 <sup>bc</sup>
Kim. Yarısı	1.13 ± 0.01 <sup>cd</sup>
Kim. Öneri	0.92 ± 0.05 <sup>bc</sup>
Kim. İkikati	0.74 ± 0.09 <sup>ab</sup>
Kontrol	0.62 ± 0.09 <sup>a</sup>

#### 4.9. DPPH Temizleme Aktivitesinin Belirlenmesi

Çalışma kapsamında bitki ekstraktlarının DPPH % inhibisyon değerleri en düşük 5 µg/ml konsantrasyonda V<sub>K</sub>-2 L/da (2.61) grubunda görülürken bunu O<sub>G</sub>-600 mL/da (2.87) grubu takip etmiştir. En yüksek % inhibisyon değeri ise 500 µg/ml konsantrasyon ile O<sub>G</sub>-300 mL/da (89.95) grubunda belirlenmiştir (Çizelge 4.11). Yapılan çalışmalar incelendiğinde *A. tricolor* bitkisinin DPPH % inhibisyon değerini (500 µg/ml) 63.92 hesaplamış ve buna ek olarak IC<sub>50</sub> değeri ise 290 bulunmuşlardır (Palmiti ve diğerleri, 2017). *A. caudatus* bitkisi ile ilgili yapılan bir araştırmada bitkinin DPPH % inhibisyon değerini 89.5 ve *A. spinosus*' un ise % 84.1 olarak bildirmişlerdir (Park ve diğerleri, 2020). *A. cruentus* ve *A. hybrid* bitkilerinin DPPH % inhibisyon değerleri sırasıyla 75.6 ve 56 bulunmuştur (Nana ve diğerleri, 2012). Ayrıca amarant türleri ile ilgili yapılan başka bir araştırmada bitkilerin DPPH % inhibisyon değerleri sırasıyla *A. caudatus* 89.53, *A. cruentus* 90.15, *A. hybrid* 91.19, *A. hypochondriacus* 91.40 ve *A. hybridus* 93.35 bulunmuştur (Akin-Idowu, 2017). Ayrıca *A. viridis*' in metanol özütü % 76' ya kadar DPPH temizleme aktivitesi gösterdiği bildirilmiştir (Akbar ve diğerleri, 2020).



Şekil 4.4: DPPH temizleme aktivitesinin belirlenmesi (inkibasyon öncesi ve sonrası).



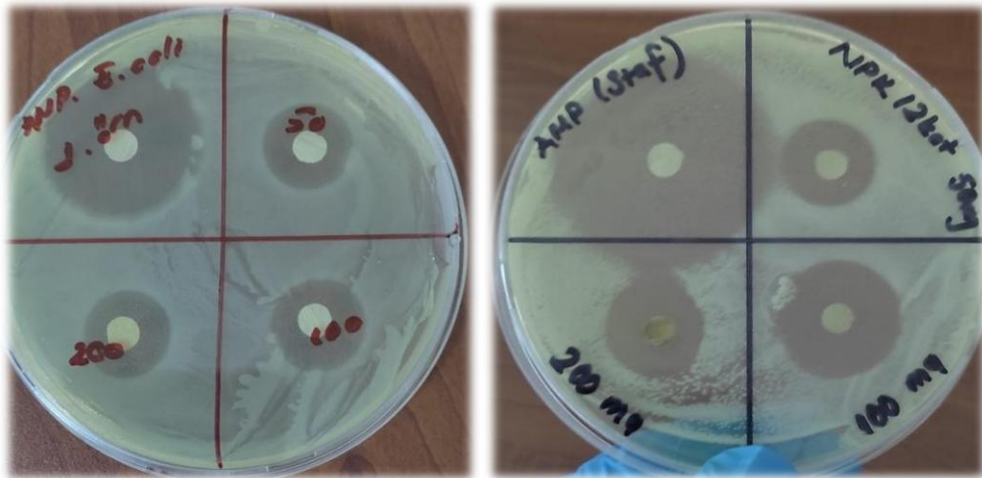
**Şekil 4.5:** Askorbik asit kalibrasyon eğrisi.

**Çizelge 4.11:** Uygulama gruplarına ait DPPH % inhibisyon değerleri.

<b>Gruplar</b>	<b>5 µg/mL</b>	<b>10 µg/mL</b>	<b>25 µg/mL</b>	<b>50 µg/mL</b>	<b>100 µg/mL</b>	<b>250 µg/mL</b>	<b>500 µg/mL</b>
<b>Org. Yarısı</b>	9.08±0.50 <sup>f</sup>	15.20±1 <sup>ab</sup>	58.13±0.07 <sup>g</sup>	58.35±0.12 <sup>i</sup>	59.22±0.07 <sup>b</sup>	81.67±0.11 <sup>h</sup>	89.95±0.02 <sup>j</sup>
<b>Org. Öneri</b>	2.87±0.10 <sup>a</sup>	15.67±0.07 <sup>abc</sup>	46.67±0.04 <sup>f</sup>	48.20±0.28 <sup>e</sup>	58.44±0.04 <sup>a</sup>	72.15±0.16 <sup>d</sup>	80.11±0.04 <sup>e</sup>
<b>Org. İkikati</b>	9.46±0.11 <sup>f</sup>	19.34±0.03 <sup>e</sup>	56.95±0.03 <sup>g</sup>	57.16±0.09 <sup>g</sup>	74.07±0.09 <sup>h</sup>	75.15±0.16 <sup>f</sup>	77.16±0.07 <sup>d</sup>
<b>Verm. Yarısı</b>	8.15±0.19 <sup>e</sup>	16.39±0.14 <sup>c</sup>	47.42±0.07 <sup>f</sup>	50.18±0.02 <sup>f</sup>	59.98±0.0 <sup>c</sup>	60.57±0.07 <sup>a</sup>	63.11±0.02 <sup>a</sup>
<b>Verm. Öneri</b>	2.61±0.04 <sup>a</sup>	17.85±0.16 <sup>d</sup>	34.84±0.09 <sup>d</sup>	42.04±0.26 <sup>d</sup>	77.75±0.08 <sup>i</sup>	86.35±0.18 <sup>i</sup>	88.22±0.12 <sup>i</sup>
<b>Verm. İkikati</b>	5.24±0.0 <sup>c</sup>	15.96±0.03 <sup>abc</sup>	39.22±0.05 <sup>e</sup>	39.09±0.05 <sup>b</sup>	65.82±0.04 <sup>g</sup>	81.95±0.03 <sup>h</sup>	85.47±0 <sup>h</sup>
<b>Kim. Yarısı</b>	9.46±0.15 <sup>f</sup>	15.11±0.10 <sup>a</sup>	30.05±0.11 <sup>b</sup>	33.94±0.02 <sup>a</sup>	65.39±0.02 <sup>f</sup>	73.80±0.07 <sup>e</sup>	80.86±0.07 <sup>f</sup>
<b>Kim. Öneri</b>	6.23±0.35 <sup>d</sup>	16.28±0.03 <sup>bc</sup>	22.26±1.36 <sup>a</sup>	40.68±0.30 <sup>c</sup>	64.95±0.02 <sup>e</sup>	67.20±0.16 <sup>c</sup>	76.88±0.02 <sup>c</sup>
<b>Kim. İkikati</b>	4.13±0.15 <sup>b</sup>	19.16±0.10 <sup>e</sup>	35.63±0.04 <sup>d</sup>	57.75±0.25 <sup>h</sup>	79.72±0.02 <sup>j</sup>	80.75±0.12 <sup>g</sup>	82.35±0.02 <sup>g</sup>
<b>Kontrol</b>	4.30±0.12 <sup>b</sup>	15.93±0.07 <sup>abc</sup>	33.33±0.07 <sup>c</sup>	33.49±0.15 <sup>a</sup>	61.52±0.04 <sup>d</sup>	61.76±0.08 <sup>b</sup>	69.88±0.04 <sup>b</sup>

#### 4.10. Antibakteriyal Aktivite

Yapılan tez çalışması kapsamında *E. coli* bakterisinde en düşük zon çapı 50 mg/mL konsantrasyonda 6.43 mm ile kontrol grubunda olurken en yüksek zon çapı ise 200 mg/mL 30.30 mm ile VC-1 L/da grubunda olmuştur. *S. aureus* bakterisinde ise OF-300 mL/da ve OF-600 mL/da grubunda zon çapı belirlenememiştir. En yüksek zon çapı ise 24.93 mm ile CF-6 L/da grubunda ölçülmüştür (Çizelge 4.12 ve Çizelge 4.13). Literatür çalışmaları incelendiğinde *A. tricolor* ekstraktının (80 mg/mL) *S. aureus*' da disk zon çapının  $12.63 \pm 0.34$  mm olduğu anlaşılmaktadır. Çalışmalar neticesinde *A. tricolor* ekstraktının *S. aureus*' a karşı etki mekanizmasını hücre zarı depolarizasyonu, pH' ın azalması, bakteriyel protein içeriğinin azalması, hücre DNA' sının kesilmesi ve sitoplazmanın sızması ile ilişkilendirilmektedir (Guo ve diğerleri, 2020). Ayrıca *A. lividus* ve *A. hybridus*' un kök ve tohum ekstraktlarının antimikrobiyal aktivitesini değerlendirmek için yapılan çalışmada *E. coli*, *S. aureus*' a göre daha fazla duyarlılık göstererek *A. lividus*' da zon çapı  $8.6 \pm 0.79$  mm ve *A. hybridus*' da ise  $9.4 \pm 0.61$  mm olduğu tespit edilmiştir (Al-Mamun, 2016). Farklı *amaranthus* türleri ile yapılan çalışmada *S. aureus*' da zon çapları *A. dubius*  $6 \pm 0.5$ , *A. caudatus*  $7 \pm 0.68$ , *A. spinosus*  $7 \pm 0.5$ , *A. tricolor*  $7 \pm 0.7$  ve *A. viridis* 0 mm ve *E. coli*' de zon çapları ise *A. dubius*  $8 \pm 0.64$ , *A. caudatus*  $11 \pm 0.5$ , *A. spinosus* 0, *A. tricolor*  $11 \pm 0.51$  ve *A. viridis*  $7 \pm 1$  mm olarak hesaplanmıştır (Cherian ve Sheela, 2016). *A. retroflexus* bitkisinin kök, tohum ve yapraklarının, su ve etanol ekstraktlarının antimikrobiyal aktivitesi için yapılan çalışmada *S. aureus*' da zon çapları 12-18 mm, *E. coli*' de zon çapları 0-20 mm aralığında bulunmuştur (Poiata ve diğerleri, 2016).



Şekil 4.6: *E.coli* ve *S.aureus* zon çapları.

Çizelge 4.12: *Escherichia coli* zon çapları (mm).

Gruplar	50 mg/mL	100 mg/mL	200 mg/mL	AMP
Org. Yarısı	12.33±3.17 <sup>abc</sup>	14.33±1.85 <sup>ab</sup>	19.33±0.88 <sup>ab</sup>	27.66±0.80 <sup>ab</sup>
Org. Öneri	10.23±2.48 <sup>abc</sup>	12.26±3.15 <sup>a</sup>	19.63±2.10 <sup>ab</sup>	29.86±1.10 <sup>ab</sup>
Org. İkikati	9.83±1.96 <sup>abc</sup>	13.00±0.92 <sup>a</sup>	19.80±1.96 <sup>ab</sup>	29.00±1.37 <sup>ab</sup>
Verm. Yarısı	14.63±2.14 <sup>abc</sup>	18.46±1.34 <sup>b</sup>	30.30±1.77 <sup>b</sup>	31.20±0.93 <sup>b</sup>
Verm. Öneri	11.10±2.61 <sup>abc</sup>	12.60±0.68 <sup>a</sup>	18.26±2.02 <sup>ab</sup>	28.70±1.05 <sup>ab</sup>
Verm. İkikati	16.93±5.34 <sup>bc</sup>	12.40±1.05 <sup>a</sup>	20.40±4.57 <sup>ab</sup>	29.90±1.20 <sup>ab</sup>
Kim. Yarısı	8.86±1.72 <sup>ab</sup>	9.66±1.20 <sup>a</sup>	13.73±1.07 <sup>a</sup>	31.30±1.77 <sup>a</sup>
Kim. Öneri	11.86±0.89 <sup>abc</sup>	12.36±1.29 <sup>a</sup>	23.10±0.72 <sup>ab</sup>	33.20±0.89 <sup>ab</sup>
Kim. İkikati	18.40±3.41 <sup>c</sup>	13.60±0.49 <sup>a</sup>	22.96±2.74 <sup>ab</sup>	27.06±1.33 <sup>ab</sup>
Kontrol	6.43±0.24 <sup>a</sup>	12.53±1.65 <sup>a</sup>	27.01±6.2 <sup>ab</sup>	29.30±0.70 <sup>ab</sup>

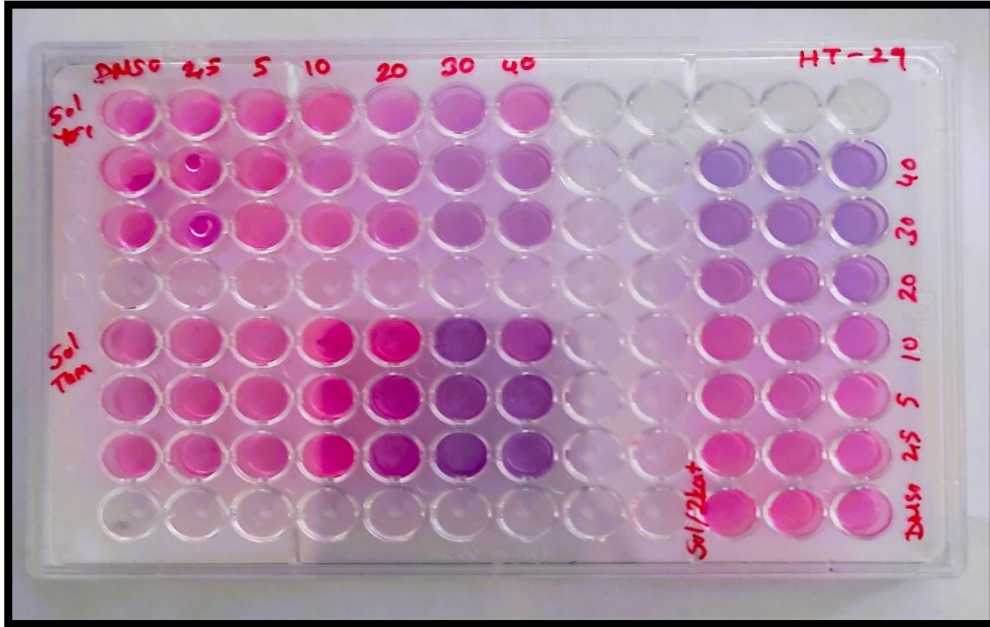
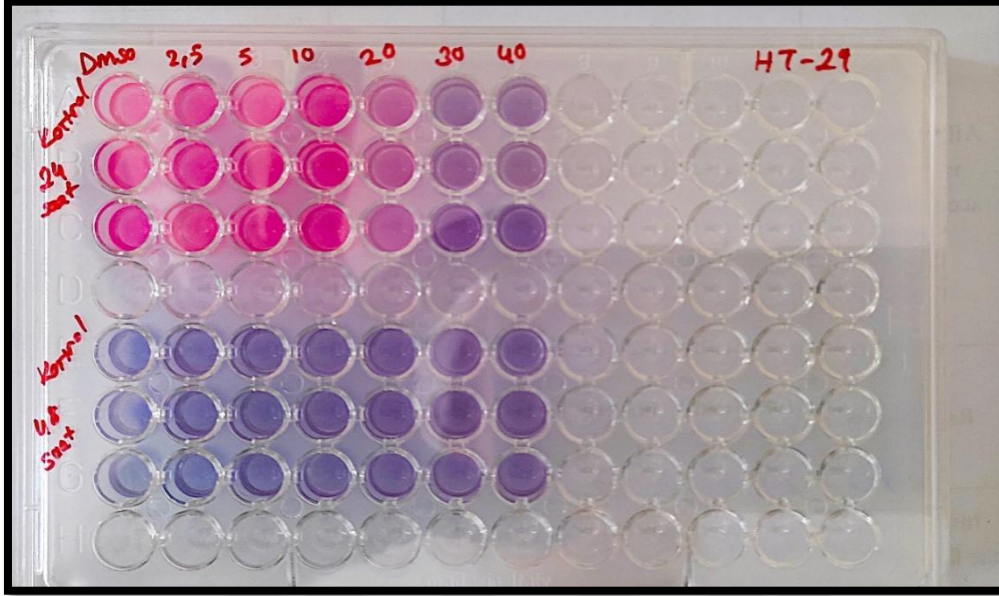
Çizelge 4.13: *Staphylococcus aureus* zon çapları (mm).

Gruplar	50 mg/mL	100 mg/mL	200 mg/mL	AMP
Org. Yarısı	ZY <sup>a</sup>	ZY <sup>a</sup>	6.96±6.1 <sup>a</sup>	37.60±0.80 <sup>b</sup>
Org. Öneri	ZY <sup>a</sup>	2.83±2.3 <sup>a</sup>	6.93±3.47 <sup>a</sup>	27.60±0.33 <sup>a</sup>
Org. İkikati	8.96±1.76 <sup>b</sup>	10.93±1 <sup>bcd</sup>	19.30±4.37 <sup>c</sup>	38.90±1.20 <sup>b</sup>
Verm. Yarısı	10.23±0.91 <sup>b</sup>	13.80±1.06 <sup>d</sup>	23.96±3.44 <sup>c</sup>	35.98±1.98 <sup>b</sup>
Verm. Öneri	8.26±0.78 <sup>b</sup>	8.03±1.21 <sup>b</sup>	18.90±2.16 <sup>c</sup>	36.20±1.77 <sup>b</sup>
Verm. İkikati	8.40±1.65 <sup>b</sup>	12.93±0.98 <sup>cd</sup>	19.56±2.10 <sup>c</sup>	36.73±1.13 <sup>b</sup>
Kim. Yarısı	11.40±1.23 <sup>b</sup>	14.03±1.86 <sup>d</sup>	18.13±4.57 <sup>ab</sup>	41.62±1.02 <sup>c</sup>
Kim. Öneri	9.06±0.24 <sup>b</sup>	8.93±0.23 <sup>bc</sup>	20.43±1.79 <sup>c</sup>	41.50±2.30 <sup>c</sup>
Kim. İkikati	20.26±2.43 <sup>c</sup>	22.03±0.43 <sup>e</sup>	24.93±2.69 <sup>c</sup>	40.00±2.78 <sup>c</sup>
Kontrol	19.10±1.9 <sup>c</sup>	20.86±1.88 <sup>e</sup>	19.20±2.76 <sup>c</sup>	41.20±1.84 <sup>c</sup>

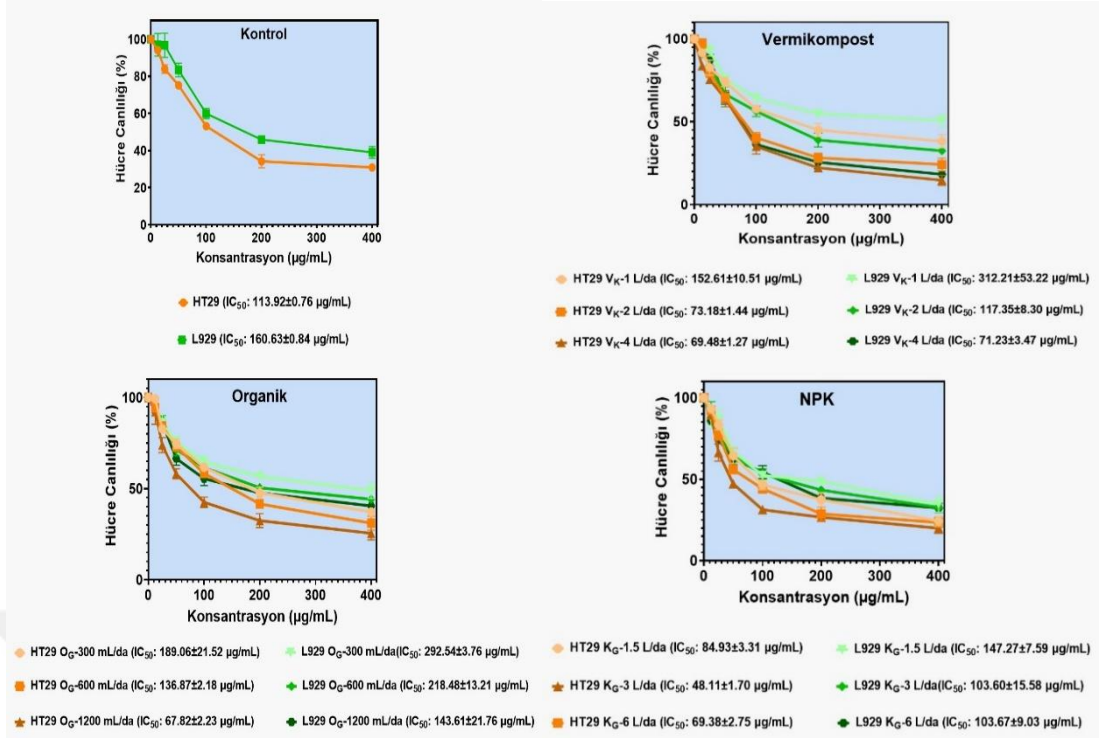
ZY: Zon Yok

#### 4.11. Sitotoksik Aktivite

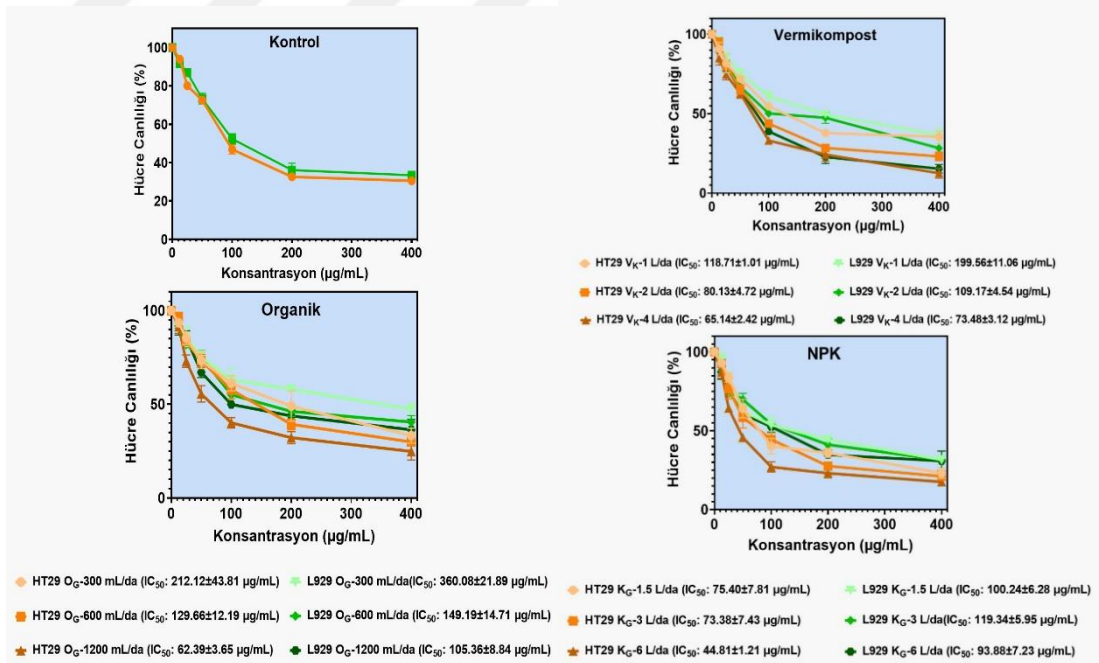
Mevcut tez çalışması kapsamında farklı gübre uygulamaları ile yetiştirilen *A. caudatus* bitkisinden metanol çözücüsü ile elde edilen ekstraktlar farklı hücre hatlarına 24 ve 48 saat olarak uygulanmıştır. Uygulama gruplarının metanol ekstreleri 0-400 µg/mL arasında farklı konsantrasyonlarda hazırlanarak L929 (fare fibroblastı) ve HT-29 (kolon kanseri) hücre hatlarındaki % canlılıkları ve IC<sub>50</sub> değerleri hesaplanmıştır. L929 hücre hattına 24 saat olarak uygulanan ekstreler arasında en etkili IC<sub>50</sub> değeri 73.48 µg/mL ile V<sub>K</sub>-4 L/da grubunda belirlenmiştir. HT-29 hücre hattında ise 44.81 µg/mL ile en etkili IC<sub>50</sub> değeri K<sub>G</sub>-6 L/da grubunda belirlenmiştir. 48 saatlik ekstre uygulamalarında L929 hücre hattında V<sub>K</sub>-4 L/da grubunda IC<sub>50</sub> değeri 73.48 µg/mL ile düşük konsantrasyonda en etkili toksisiteyi göstermiştir. HT-29 hücre hattını incelediğimizde ise 44.81 µg/mL konsantrasyonda IC<sub>50</sub> değerini K<sub>G</sub>-6 L/da grubu göstermiştir. *Amaranthus retroflexus* L. ile ilgili yapılan çalışmada sığır böbrek hücrelerine bitki özütleri çeşitli konsantrasyonlarda (100 ppm-0,1 ppm) maruz bırakılmıştır. 24 saat boyunca 100 ve 0,1 ppm ile muamele edildikten sonra, hücre canlılığı MTT canlılık analizinde sırasıyla yaklaşık % 49 ve % 35 oranında azalmıştır. Çalışma, *Amaranthus retroflexus*' un sitotoksik bir etkiye sahip olduğunu ve böbrek hücrelerine daha özgü olduğunu doğrulamıştır (Amoli ve diğerleri, 2009). *Amaranthus gangeticus* farklı hücrelerdeki IC<sub>50</sub> değerleri su ekstraktında; HepG2 (93.8 µg/ml), MCF-7 (98.8 µg/ml), MDA-MB-231 (110 < µg/ml), Caco- 2 (100< µg/ml), Chang Liver (100< µg/ml), etanol ekstraktında; HepG2 (27.75 µg/ml), MCF-7 (12.5 µg/ml), MDA-MB-231 (27.75 µg/ml) ve Chang Liver (100< µg/ml) (Sani ve diğerleri, 2004). *Amaranthus spinosus*' un etanol ekstraktının insan prostat kanseri hücre dizileri (LNCaP) ne karşı IC<sub>50</sub> değeri 400 µg/mL olarak bulunmuştur (Octaviani ve diğerleri, 2013). *Amaranthus viridis* özütünün 400 µg/mL konsantrasyonda 24 saatlik inkübasyon sonrası HT-29 ve HepG2 hücre hatlarının büyüme oranları sırasıyla % 96.9 ve % 86.5 olarak azalmıştır (Jin ve diğerleri, 2013). *Amaranthus spinosus*' un farklı hücre hatları üzerine etkilerinin incelendiği bir çalışmada HT-29' a 48 saat inkübasyon sonucunda; 0.0195 mg/mL (% 74.56), 0.039 mg/mL (% 64.52), 0.078 mg/ml (% 59.98), 0.156 mg/ml (%48.53), 0.3125 mg/mL (%39.66), 0.625 mg/mL (% 34.25), 1.25 mg/mL (% 29.83), 2.5 mg/mL (% 24.25) ve 5 mg/mL (%18.56) hücre canlılığı bildirilmiştir (Rajasekaran ve diğerleri, 2014).



Şekil 4.7: Hücrelere 24 saat ve 48 saat *Amaranthus caudatus* ekstrakt uygulanması.



**Şekil 4.8:** 24 saatlik metanol ekstraktının HT-29 ve L929 hücre hatlarındaki % hücre canlılıkları.



**Şekil 4.9:** 48 saatlik metanol ekstraktının HT-29 ve L929 hücre hatlarındaki % hücre canlılıkları.

**Çizelge 4.14:** 24 saatlik metanol ekstrelerine ait IC<sub>50</sub> değerleri (µg/mL)

Uygulama grupları	L929	HT-29
Org. Yarısı	292.54±3.76	189.06±21.52
Org. Öneri	218.48±13.21	136.87±2.18
Org. İkikati	143.61±21.76	67.82±2.23
Verm. Yarısı	312.21±53.22	152.61±10.51
Verm. Öneri	117.35±8.30	73.18±1.44
Verm. İkikati	71.23±3.47	69.48±1.27
Kim. Yarısı	147.27±7.59	84.93±3.31
Kim. Öneri	103.60±15.58	48.11±1.70
Kim. İkikati	103.67±9.03	69.38±2.75
Kontrol	160.63±0.84	113.92±0.76

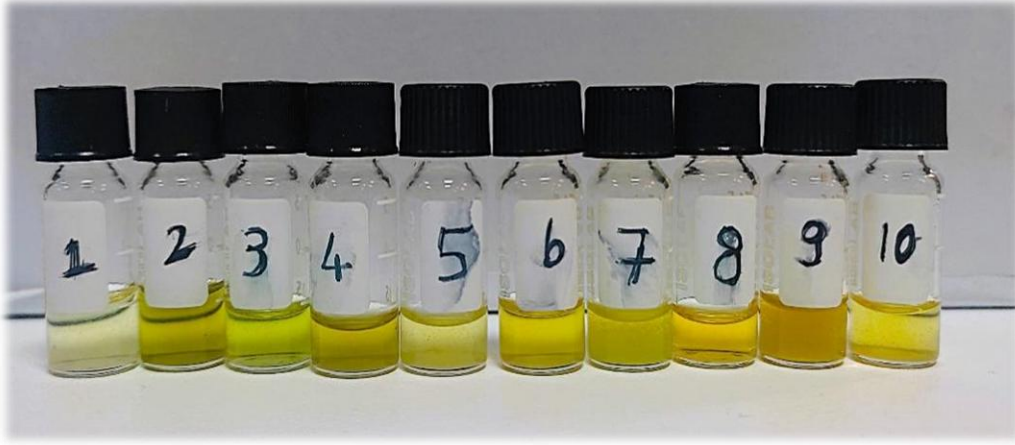
**Çizelge 4.15:** 48 saatlik metanol ekstrelerine ait IC<sub>50</sub> değerleri (µg/mL).

Uygulama grupları	L929	HT-29
Org. Yarısı	360.08±21.89	212.12±43.81
Org. Öneri	149.19±14.71	129.66±12.19
Org. İkikati	105.36±8.84	62.39±3.65
Verm. Yarısı	199.56±11.06	118.71±1.01
Verm. Öneri	109.17±4.54	80.13±4.72
Verm. İkikati	73.48±3.12	65.14±2.42
Kim. Yarısı	100.24±6.28	75.40±7.81
Kim. Öneri	119.34±5.95	73.38±7.43
Kim. İkikati	93.88±7.23	44.81±1.21
Kontrol		

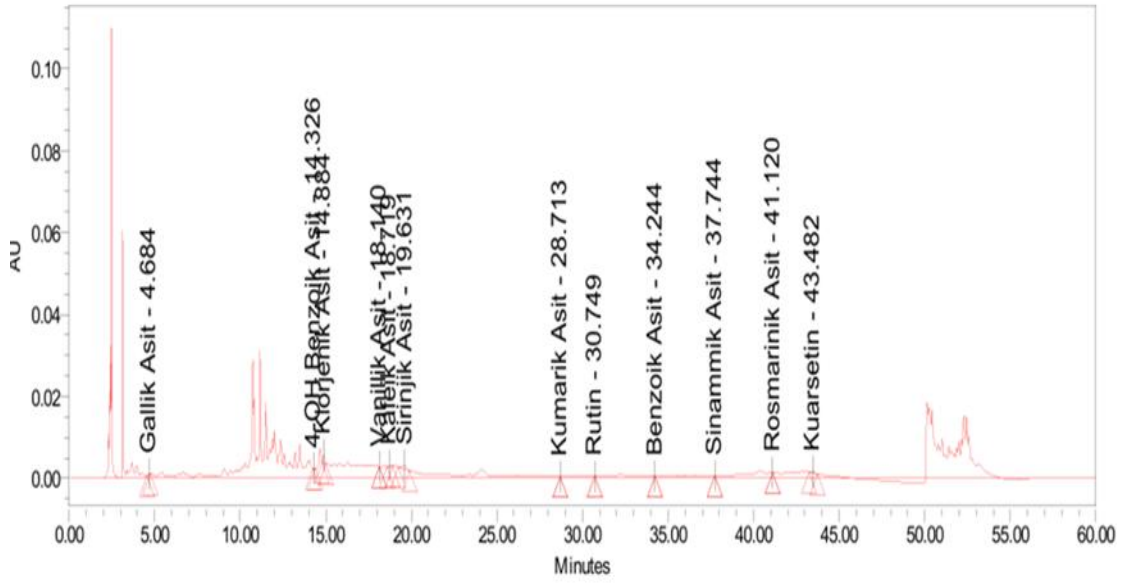
Yapılan çalışmalar incelendiğinde MCF-7 hücre hattına uygulanan *Amaranthus blitoides* ekstresinin IC<sub>50</sub> değeri 63,73 µg/mL olarak hesaplanmıştır (Karamazak, 2023). Yapılan başka bir çalışmada ise *Amaranthus retrosa* özütlerinin A-549, CCC-221, K-562, MCF-7, PC-3 hücre hatları üzerinde önemli sitotoksositeye sahip olduğu anlaşılmıştır (Uğur ve diğerleri, 2017).

#### 4.12. HPLC' de Fenolik Bileşik Analizi

Tez çalışması kapsamında *A. caudatus* bitkisinin metanol ekstratlarının fenolik bileşik analizi Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi' nde yaptırılmıştır. Ekstratların HPLC' de kantitatif analizleri için gallik asit, 4-OH Benzoik asit, klorjenik asit, vanillik asit, kafeik asit, sirinjik asit, kumarik asit, rutin, benzoik asit, sinammik asit, rosmarinik asit ve kuarsetin bileşikleri olmak üzere toplamda 12 adet standart kullanılmıştır. Uygulama gruplarında bulunan fenolik bileşikler standartlara ait alıkonma zamanlarından yararlanılarak belirlenmiştir (Çizelge 4.16). Karamac ve diğerleri (2019)' nin *A. caudatus*' un farklı büyüme evrelerindeki antioksidan ve fenolik bileşik içerikleri ile ilgili yaptığı araştırmada rutin bitkinin tüm büyüme aşamalarında baskın çıkmıştır fakat içeriğinin, diğer fenolikler gibi bitkinin büyüme döngüsü boyunca değiştiği bildirilmiştir. Hidroksisinnamik asit türevlerinin ise en yüksek içeriği erken vejetatif aşamada bulunmuştur. Araujo-Leon ve diğerleri (2024)' nin gerçekleştirdiği bir çalışmada *A. cruentus*' un HPLC analizinde kuersetin, kaempferol, kateşin, hesperetin, naringenin, hesperidin ve naringin flavonoidleri incelenmiştir. Bunlara ilaveten sinamik asitler, p -kumarik asit (pCA), ferulik asit (FA) ve kafeik asit (CA) de tespit edilmiştir. Bu çalışmalara ek olarak *A. caudatus* püskül ekstratlarının fitokimyasal içeriğinin incelendiği bir çalışmada; oksalik asit, şikimik asit, fumarik asit, α-Tokoferol, β-Tokoferol, γ-Tokoferol ve δ-Tokoferol tespit edilmiştir (Roriz ve diğerleri, 2021). Yine başka bir çalışmada farklı amarant genotiplerinin fitokimyasal içerikleri analiz edildiğinde; kaempferol, rutin, hiperozid, mirisetin, izokersetin ve kuersetin, kateşin, apigenin ve naringenin tespit edilmiştir (Sarker ve Oba, 2020).



Şekil 4.10: HPLC analizine ait *Amaranthus caudatus* ekstrakt örnekleri.



Şekil 4.11: *Amaranthus caudatus* L. metanol ekstresinde bulunan fenolik bileşiklere ait HPLC kromotogramı.

**Çizelge 4.16:** Fenolik bileşik standartlarına ait alıkonma zamanları (dk).

<b>Standartlar</b>	<b>Alıkonma zamanı (Rt)</b>
Gallik asit	4.684
4-OH Benzoik asit	14.326
Klorjenik asit	14.884
Vanillik asit	18.140
Kafeik asit	18.719
Sirinjik asit	19.631
Kumarik asit	28.713
Rutin	30.749
Benzoik asit	34.244
Sinammik asit	37.744
Rosmarinik asit	41.120
Kuarsetin	43.482

**Çizelge 4.17:** *Amaranthus caudatus* bitkisinin fenolik bileşik kompozisyonu (ppm).

<b>Gruplar</b>	<b>Gallik asit</b>	<b>4-OH Benzoik asit</b>	<b>Klorjenik asit</b>	<b>Vanillik asit</b>	<b>Kafeik asit</b>	<b>Sirinjik asit</b>	<b>Kumarik asit</b>	<b>Rutin</b>	<b>Benzoik asit</b>	<b>Sinammik asit</b>	<b>Rosmarinik asit</b>	<b>Kuarsetin</b>
<b>Org. Yarısı</b>	0.043	0.045	1.148	0.000	0.120	0.827	0.00	0.004	0.002	0.000	0.001	4.663
<b>Org. Öneri</b>	1.085	3.263	12.910	1.832	0.978	3.356	0.297	8.378	1.153	0.138	28.551	8.932
<b>Org. İki katı</b>	1.117	1.181	16.945	2.964	0.836	5.201	0.332	69.998	2.299	1.006	61.807	19.445
<b>Verm. Yarısı</b>	2.446	6.381	25.694	3.254	1.613	6.244	0.284	6.178	1.549	0.000	26.495	18.224
<b>Verm. Öneri</b>	0.530	7.965	19.538	1.628	0.926	2.078	0.055	9.895	12.075	0.046	14.207	4.938
<b>Verm. İki katı</b>	0.718	11.337	31.297	1.787	1.381	3.731	0.069	12.378	21.777	0.000	20.028	9.842
<b>Kim. Yarısı</b>	0.455	2.937	13.808	1.756	1.146	2.790	0.297	47.043	3.419	0.218	24.769	6.373
<b>Kim. Öneri</b>	0.827	9.001	23.684	4.144	1.989	2.016	0.133	7.369	13.221	0.000	16.831	6.585
<b>Kim. İki katı</b>	1.320	16.608	15.639	3.816	1.283	2.739	0.305	6.517	22.176	0.040	12.742	3.259
<b>Kontrol</b>	0.819	2.518	10.138	3.227	0.889	2.616	0.344	33.687	0.745	0.942	40.086	15.444

## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Ülkemizin ve dünyamızın en başta gelen sorunlarından biri olan kuraklık gittikçe artmakta ve bundan dolayı da bütün canlılar olumsuz etkilenmektedir. Ekilebilir alanların azalması, artan insan nüfusu, yetersiz ve dengesiz beslenme gibi sorunlardan gelişmekte olan ülkeler başta olmak üzere tüm insanoğlu etkilenmektedir. *A. caudatus* kuraklığa ve hastalıklara oldukça dayanıklı bir bitkidir. Ayrıca içerdiği zengin protein ve mineraller sayesinde de insan diyetinde oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Ekonomik nedenlerden dolayı hayvansal gıdalardan yeterince protein alamayan insanlar için oldukça iyi bir alternatif durumundadır. İçerdiği zengin biyoaktif bileşiklerden dolayı iyi bir antioksidan kapasiteye sahiptir. Ayrıca gluten içermemesi nedeniyle de gluten hassasiyeti yaşayan insanların da diyetlerinde önemli bir yer kaplamaktadır. Çalışma kapsamında böyle değerli bir bitkiye farklı gübreler uygulanmış ve fenolojik ve morfolojik gözlemleri yapılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre bitkiye uygulanan gübrelerin çimlenme ve vejetatif dönemde olumlu etkileri olmuştur. Ayrıca verim ve kalitesini de artırarak insan beslenmesinde önemli bir yeri olan bu bitkinin değerini kat kat artırmıştır. Uygulanan gübreleme ile fenolik bileşik içeriği daha da zenginleşerek doğal bir antioksidan deposu haline gelmiş durumdadır. Bitkilerden istenen verim ve kaliteye alabilmek için gübrelemenin zamanına ve miktarına dikkat edilmelidir.

Yapılan çalışmada *A. caudatus* tohumlarının çimlenme süresinin 7 ile 16 gün arasında değiştiği görülmüştür. Uygulama grupları arasında en hızlı çimlenme K<sub>G</sub>-6 L/da (7 gün) grubunda gözlenirken, bunu V<sub>K</sub>-4 L/da ve K<sub>G</sub>-3 L/da (8 gün) grupları izlemiştir. En yavaş çimlenme O<sub>G</sub>-1200 mL/da grubunda 16 gün sürerek gerçekleşmiştir. Uygulanan gübrelerin besin içeriğindeki değişiklik çıkış performansını önemli ölçüde etkilemiş ve istatistiksel olarak önemli farklılıklara yol açmıştır. En erken çiçeklenme K<sub>G</sub>-3 L/da grubunda 68. günde gözlenirken, bunu O<sub>G</sub>-600 mL/da grubu 70. gün takip etmiştir. En geç çiçeklenme olayı O<sub>G</sub>-1200 mL/da grubunda 79. günde görülmüştür. Uygulama grupları arasındaki bu çiçeklenme zamanları, gübreleme rejimlerinin çiçeklenme potansiyeli üzerindeki farklı etkilerini ortaya koymaktadır. Morfolojik gözlemler incelendiğinde: en yüksek bitki boyu 114.5 cm ile O<sub>G</sub>-1200 mL/da grubunda

görülmüştür. Bunu 105 cm ile O<sub>G</sub>-600 mL/da grubu izlemiştir. En düşük boy ise 74 cm ile kontrol grubunda olurken V<sub>K</sub>-1 L/da ve V<sub>K</sub>-4 L/da grubunda bitki boyu 90 cm civarı belirlenmiştir. Diğer morfolojik veriler de incelendiğinde bitkilerin farklı gübre ve dozajlarına çevresel etmenlere de bağlı olarak farklı tepkiler verdiği anlaşılmıştır. Tez çalışmasında GC-FID ile ekstraktların doymuş ve doymamış yağ asidi bileşimleri standartlarla karşılaştırılarak kalitatif ve kantitatif olarak belirlenmiştir (Arslan ve Çağlar, 2019). Analiz sonucunda 42 yağ asidi belirlenmiştir. Bu yağ asitlerinden 7 tanesi (C16:1 Palmitoleik, C18:1 Oleik, C18:2 Linoleik, C18:3 Linolenik, C20:1 Eikosenoik, C20:2 Eikosadienoik, C24:1 Nervonik asit) doymamış ve 10 tanesi ise (C8:0 Kaprilik, C14:0 Miristik, C15:0 Pentadekanoik, C16:0 Palmitik, C17:0 Heptadekanoik, C18:0 Stearik, C20:0 Araşidik, C23:0 Trikosanoik, C24:0 Lignoserik, C21:0 Henikosanoik) doymuş yağ asitlerinden oluşmaktadır. Analiz sonucuna göre ana doymamış yağ asidi linoleik asit (18:2) % 7.58 ile % 38.11 aralığında değişiklik göstermektedir. Ayrıca oleik asit (18:1) % 7.20 ile % 23.48 arasında belirlenmiştir. Yapılan hücre çalışmalarında L929 hücre hattına 24 saat olarak uygulanan ekstreler arasında en etkili IC<sub>50</sub> değeri 73.48 µg/mL ile V<sub>K</sub>-4 L/da grubunda belirlenmiştir. HT-29 hücre hattında ise 44.81 µg/mL ile en etkili IC<sub>50</sub> değeri K<sub>G</sub>-6 L/da grubunda olmuştur. 48 saatlik ekstre uygulamalarında L929 hücre hattında V<sub>K</sub>-4 L/da grubunda IC<sub>50</sub> değeri 73.48 µg/mL ile düşük konsantrasyonda en etkili toksisiteyi göstermiştir. HT-29 hücre hattını incelediğimizde ise 44.81 µg/ml konsantrasyonda IC<sub>50</sub> değerini K<sub>G</sub>-6 L/da grubu göstermiştir.

Amaranthlar, β-karoten, demir, kalsiyum, C vitamini ve folik asit gibi temel mikro besin maddelerinin yüksek içeriği nedeniyle mükemmel besin değerine sahiptir (Priya ve diğerleri, 2007). Pişirilmiş, kaynatılmış ve suyu süzölmüş bir fincan amarant yaprağı günlük C vitamini ihtiyacının % 90' ını, A vitamininin % 73' ünü, kalsiyumun %28' ini ve demirin % 17' sini içermektedir (Alabi ve diğerleri, 2005). Akubugwo ve diğerleri (2007), *A. caudatus'* un ham protein içeriğinin *A. hybridus'* un protein içeriğinden daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Nutrasötikler, sağlığı desteklemek, kötü huylu süreçleri önlemek ve semptomları kontrol etmek için kullanılan spesifik olmayan biyolojik ajanlardır. Birçok çalışma, amarant tohumu veya yağının hipertansiyon ve kardiyovasküler hastalığı olanlara fayda sağlayabileceğini, düzenli tüketiminin kan basıncını ve kolesterol seviyelerini düşürdüğünü, antioksidan

durumunu ve bazı bağışıklık parametrelerini iyileştirdiğini göstermiştir (Manikandaselvi ve Nithya, 2011).

*Amaranthus caudatus* L. tüm bitkiler arasında skualenin en zengin kaynağıdır. Skualen, konak bağışıklık tepkisini artırmak için aşılardaki bazı adjuvanların bir bileşeni olarak kullanılmaktadır. *Amaranthus*' un çiğ tohumlarında % 7,66' ya kadar skualen içeriği bulunmuştur ve bu oran ısıtma ile % 8,13' e çıkarılmıştır. Sonuçlar, *amaranthus* popülasyonlarının 1000 tohum ağırlığında (0,61-1,13 g), protein içeriğinde (%11,50-19,80), toplam fenollerde (4,36-7,82 µg GAE/mg numune), toplam flavonoidde (0,70-2,32 mg QE/g kuru ağırlık) ve skualende (çiğ tohumlarda % 3,23-7,66 ve patlatılmış tohumlarda %3,38-8,12) geniş ve önemli farklılıklara sahip olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca lizin (%4,96–5,90), arginin (%8,48–8,80), lösin (%5,20–6,70), valin (%3,60–4,60), fenilalanin (%5,30–8,00), metiyonin (%3,08–4,97), tirozin (%5,92–7,96), treonin (%3,20–4,32) ve glisin (%6,60–8,20) de gözlemlenmiştir. *Amaranthus* tanelerindeki geniş genetik çeşitlilik, geliştirilmiş çeşit geliştirme ıslah programları için kullanılabilir. Ayrıca, *amaranthus* tanelerindeki skualen içeriğinin ısıl işleme artırılmasının, özellikle virüs kaynaklı pandemilere karşı aşı üretimi açısından kozmetik ve ilaç endüstrilerinin taleplerini karşılamada yardımcı olabileceği sonucuna varılmaktadır (Verma, 2022). *Amarant*, makro ve mikro besinlere ek olarak, potansiyel sağlık açısından yararlı etkileri nedeniyle insan diyetinde önemli bir rol oynayabilen sekonder bitki metabolitleri de içermektedir (Tang ve Tsao, 2017). Son yıllarda *amarant* tohumlarının fenolik bileşik profili ve bunların işlevsel ve biyoaktif özellikleri üzerine önemli araştırmalar yürütülmüştür (Alvarez-Jubete ve diğerleri, 2010). Ancak, son bulgular *Amaranthus*' un yapraklarının ve diğer toprak üstü kısımlarının da önemli fenolik bileşik kaynakları olduğunu doğrulamıştır (Kraujalis ve diğerleri, 2013). Fenolik bileşikler arasında hidrokisisinnamik asitler, benzoik asitler ve flavonoller ile bunların glikozitlerine ait olanlar *amarant* yapraklarında, çiçeklerinde ve saplarında tanımlanmıştır (Neugart ve diğerleri, 2017). Fenolik bileşikler iyi bir antioksidan olarak bilinmektedir. Conforti ve diğerleri (2011), *amarant* yaprak özlerinin fenolik içerdiğini, nitrik oksit üretimini engellediğini ve serbest radikalleri temizlediğini göstermiştir. Ayrıca, *amarant* sürgün sisteminin çeşitli kısımlarının lipid sistemlerindeki indirgeyici potansiyel ve antioksidan aktivite belirlenmiştir. *Amarantta* bulunan antioksidan aktiviteye sahip

diğer fitokimyasallar betalainler, özellikle betasiyaninlerdir. Bu pigmentlerin içerikleri *Amaranthus* türleri ve genotipleri arasında değişmektedir (Miguel, 2018).

Sonuç olarak yapılan tez çalışması zor ve kurak şartlarda yetişmeye elverişli, hastalıklara dayanıklı ve yüksek besin içeriğine sahip bir bitki olan *A. caudatus*' un önemini ortaya koymaktadır. Hayvansal gıdalardan yeterince alınamayan protein ve diğer besin elementleri bu bitkiden sağlanabilmektedir. Bunun için ülkemizde yeterince tanınmayan ve yetiştirilmeyen bu bitkinin yapılan çalışma ile önemi anlaşılacaktır. Yapılan çalışmalar ile *A. caudatus*' un var olan antikanser, antimikrobiyal, antioksidan etkileri gübre uygulamaları ile daha da güçlenmiştir. Hızla artan dünya nüfusu ve karşılanamayan besin talepleri için *A. caudatus* iyi bir seçenek durumundadır. Ayrıca sürdürülebilir tarım için uygulanan gübrelerin içerik, miktar ve zamanları da önem taşımaktadır.

## KAYNAKÇA

- Abacıoğlu, E., Yatgın, S., Tokel, E., ve Yücesoy, P. (2020). Vermikompostun (solucan gübresi) üretimi ve bitki beslemesindeki önemi. *Bartın University International Journal of Natural and Applied Sciences*, 3(1), 1-10.
- Achigan-Dako, E. G., Sogbohossou, O. E., & Maundu, P. (2014). Current knowledge on *Amaranthus* spp.: research avenues for improved nutritional value and yield in leafy amaranths in sub-Saharan Africa. *Euphytica*, 197, 303-317.
- Agegnehu, G., Nelson, P. N., & Bird, M. I. (2016). Crop yield, plant nutrient uptake and soil physicochemical properties under organic soil amendments and nitrogen fertilization on Nitisols. *Soil and Tillage Research*, 160, 1-13.
- Agong, S. G. (2006). *Amaranthus caudatus* L. *Prota*, 1, 54-57.
- Akbar, M., Sherazi, I. N., Iqbal, M. S., Khalil, T., & Waqas, H. M. (2020). Antibacterial and antioxidant activities of slender amaranth weed. *Planta Daninha*, 38, e020192974.
- Akin-Idowu, P. E., Ademoyegun, O. T., Olagunju, Y. O., Aduloju, A. O., & Adebo, U. G. (2017). Phytochemical content and antioxidant activity of five grain amaranth species. *Am. J. Food Sci. Technol*, 5(6), 249-255.
- Akpınar, Ç. (Ed.). (2024). *Organik Gübreler: Sürdürülebilirliğin Temeli*. Akademisyen Kitabevi.
- Akubugwo, I. E., Obasi, N. A., Chinyere, G. C., & Ugbogu, A. E. (2007). Nutritional and chemical value of *Amaranthus hybridus* L. leaves from Afikpo, Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 6(24).
- Aksoy, Y. (2002). Antioksidan mekanizmada glutatyonun rolü. *Türkiye Klinikleri Journal of Medical Sciences*, 22(4), 442-448.
- Alabi, D. A., Onibudo, M. Z., & Amusa, N. A. (2005). Chemicals and nutritional composition of four botanicals with fungitoxic properties. *World J. Agric. Sci*, 1(1), 84-88.
- Alaca, F., ve Arslan, N. (2012). Sekonder metabolitlerin bitkiler açısından önemi. *Ziraat Mühendisliği*, (358), 48-55.
- Alegbejo, J. O. (2013). Nutritional value and utilization of *Amaranthus* (*Amaranthus* spp.)—a review. *Bayero journal of pure and applied sciences*, 6(1), 136-143.
- Alvarez-Jubetea, L., Arendt, E.K. and Gallagher, E. (2010). Nutritive value of pseudo cereals and their increasing use as functional gluten free ingredients. *Trends in Food Science & Technology*, 21: 106-113.
- Alvarez-Jubetea, L., Wijngaard, H., Arendt, E. K., & Gallagher, E. (2010). Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat

- and wheat as affected by sprouting and baking. *Food chemistry*, 119(2), 770-778.
- Alzamel, N. M., Taha, E. M., Bakr, A. A., & Loutfy, N. (2022). Effect of organic and inorganic fertilizers on soil properties, growth yield, and physicochemical properties of sunflower seeds and oils. *Sustainability*, 14(19), 12928.
- Al-Mamun, M. A., Husna, J., Khatun, M., Hasan, R., Kamruzzaman, M., Hoque, K. M. F., ...& Ferdousi, Z. (2016). Assessment of antioxidant, anticancer and antimicrobial activity of two vegetable species of *Amaranthus* in Bangladesh. *BMC complementary and alternative medicine*, 16, 1-11.
- Amicarelli, V. and G. Camaggi. 2012. *Amaranthus: A Crop to Rediscover*, Forum Ware International 2.
- Amoli, J. S., Sadighara, P., Barin, A., Yazdani, A., & Satari, S. (2009). Biological screening of *Amaranthus retroflexus* L.(Amaranthaceae). *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 19, 617-620.
- Anantharaju, P. G., Gowda, P. C., Vimalambike, M. G., & Madhunapantula, S. V. (2016). An overview on the role of dietary phenolics for the treatment of cancers. *Nutrition journal*, 15, 1-16.
- Andini, R., Yoshida, S., Yoshida, Y., & Ohsawa, R. (2013). *Amaranthus* genetic resources in Indonesia: morphological and protein content assessment in comparison with worldwide amaranths. *Genetic resources and crop evolution*, 60, 2115-2128.
- Araujo-León, J. A., Sánchez-del Pino, I., Ortiz-Andrade, R., Hidalgo-Figueroa, S., Carrera-Lanestosa, A., Brito-Argáez, L. G., ... & Aguilar-Hernández, V. (2024). HPLC-Based Metabolomic Analysis and Characterization of *Amaranthus cruentus* Leaf and Inflorescence Extracts for Their Antidiabetic and Antihypertensive Potential. *Molecules*, 29(9), 2003.
- Ardağ, A. (2008). Antioksidan kapasite tayin yöntemlerinin analitik açıdan karşılaştırılması (Master's thesis, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Arslan, F. N., & Çağlar, F. (2019). Attenuated total reflectance–Fourier transform infrared (ATR–FTIR) spectroscopy combined with chemometrics for rapid determination of cold-pressed wheat germ oil adulteration. *Food Analytical Methods*, 12(2), 355-370.
- Atak, E., ve Uslu, M. E. (2018). Fenolik Bileşikler, Ekstraksiyon Metotları ve Analiz Yöntemleri. *Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi*, 3(27), 39-48.
- Atılgan, A., Coşkan, A., Saltuk, B., ve Erkan, M. (2007). Antalya yöresindeki seralarda kimyasal ve organik gübre kullanım düzeyleri ve olası çevre etkileri. *Ekoloji*, 15(62), 37-47.

- Avan, M., ve Kotan, R. (2021). Fungusların mikrobiyal gübre veya biyopestisit olarak tarımda kullanılması. *Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi*, 3(1), 167-191.
- Aygün, Y., ve Acar, M. (2004). Organik gübreler ve önemi. *Hasat Dergisi*, 228, 68-72.
- Azim, K., Soudi, B., Boukhari, S., Perissol, C., Roussos, S., & Thami Alami, I. (2018). Composting parameters and compost quality: a literature review. *Organic agriculture*, 8, 141-158.
- Bakır, Ö. (2020). Sekonder metabolitler ve rolleri. *Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi*, 2(4), 39-45.
- Baker, L. A., & Rayas-Duarte, P. (1998). Retrogradation of amaranth starch at different storage temperatures and the effects of salt and sugars. *Cereal Chemistry*, 75(3), 308-314.
- Bang, J. H., Lee, K. J., Jeong, W. T., Han, S., Jo, I. H., Choi, S. H., ... & Chung, J. W. (2021). Antioxidant activity and phytochemical content of nine *Amaranthus* species. *Agronomy*, 11(6), 1032.
- Benli, M., ve Yiğit, N. (2005). Ülkemizde yaygın kullanımı olan kekik (*Thymus vulgaris*) bitkisinin antimikrobiyal aktivitesi. *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi*, 3(8), 1-8.
- Bhatt, A., Santo, A., & Gallacher, D. (2016). Seed mucilage effect on water uptake and germination in five species from the hyper-arid Arabian desert. *Journal of Arid Environments*, 128, 73-79.
- Biel, W., Jendrzejkak, E., Jaroszevska, A., Witkowicz, R., Piątkowska, E., & Telesiński, A. (2017). Nutritional content and antioxidant properties of selected species of *Amaranthus* L. *Italian Journal of Food Science*, 29(4).
- Bojórquez-Velázquez, E., Velarde-Salcedo, A. J., De León-Rodríguez, A., Jimenez-Islas, H., Pérez-Torres, J. L., Herrera-Estrella, A., ... & de la Rosa, A. P. B. (2018). Morphological, proximal composition, and bioactive compounds characterization of wild and cultivated amaranth (*Amaranthus* spp.) species. *Journal of Cereal Science*, 83, 222-228.
- Boz, H. "Amaranthus spp: kimyasal bileşimi ve fırın ürünlerinde kullanımı." *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 27.2 (2013): 147-154.
- Carocho, M., v CFR Ferreira, I. (2013). The role of phenolic compounds in the fight against cancer—a review. *Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry (Formerly Current Medicinal Chemistry-Anti-Cancer Agents)*, 13(8), 1236-1258.
- Charman, P. E. V., & Roper, M. M. (2000). Soil organic matter (SOM). *Soils: Their Properties and Management*. Oxford University Press, Oxford, UK, 260-270.

- Cherian, P., & Sheela, D. (2016). Antimicrobial activity of Amaranth Alkaloid against pathogenic microbes. *International Journal of Herbal Medicine*, 4(5), 70-72.
- Cherr, C. M., Scholberg, J. M. S., & McSorley, R. (2006). Green manure approaches to crop production: A synthesis. *Agronomy journal*, 98(2), 302-319.
- Choi, H., Kim, W., & Shin, M. (2004). Properties of Korean amaranth starch compared to waxy millet and waxy sorghum starches. *Starch-stärke*, 56(10), 469-477.
- Conforti, F., Marrelli, M., Carmela, C., Menichini, F., Valentina, P., Uzunov, D., ... & Menichini, F. (2011). Bioactive phytonutrients (omega fatty acids, tocopherols, polyphenols), in vitro inhibition of nitric oxide production and free radical scavenging activity of non-cultivated Mediterranean vegetables. *Food chemistry*, 129(4), 1413-1419.
- Croteau, R., Kutchan, T.M. & Lewis, N.G. 2000. Natural products (secondary metabolites). *Biochemistry and molecular biology of plants*, 24, 1250-1319.
- Çavdar, C., Sifil, A., ve Çamsarı, T. (1997). Reaktif oksijen partikülleri ve antioksidan savunma. *Türk Nefroloji, Diyaliz ve Transplantasyon Dergisi*, 6(3-4).
- Çimen, M. B. Y. (1999). Flavonoidler ve antioksidan özellikleri. *Türkiye Klinikleri Journal of Medical Sciences*, 19(5), 296-304.
- Çolak, G. (2013). Şanlıurfa'da doğal olarak bulunan *Amaranthus* türlerinin yem değerliklerinin belirlenmesi/Determination of valences feed of *Amaranthus* species naturally existing in Sanliurfa (Doctoral dissertation).
- Dağlar, N., ve Dağdeviren, H. N. (2018). Geleneksel ve tamamlayıcı tıp uygulamalarında fitoterapinin yeri. *Eurasian Journal of Family Medicine*, 7(3), 73-77.
- Das, S. (2016). *Amaranthus: a promising crop of future* (pp. 13-48). Singapore:: Springer.
- De Bock, P., Daelemans, L., Selis, L., Raes, K., Vermeir, P., Eeckhout, M., & Van Bockstaele, F. (2021). Comparison of the chemical and technological characteristics of wholemeal flours obtained from amaranth (*Amaranthus* sp.), quinoa (*Chenopodium quinoa*) and buckwheat (*Fagopyrum* sp.) seeds. *Foods*,
- Deliboran, A., ve Savran, Ş. (2015). Toprak tuzluluğu ve tuzluluğa bitkilerin dayanım mekanizmaları. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, (1), 57-61.10(3), 651.
- Dincă, L., Dincă, M., Pantea, S. D., Timiş-Gânsac, V., & Oneţ, C. (2018). Amaranthus plant-between myth and usage.
- Dönmez, Ş. (2009). Bartın iklim koşullarında doğal maddelerin (Baykal EM1 ve Biyohumus) *Amaranthus caudatus* var. bulava ve *Amaranthus tricolor* var. Valentina'da bazı morfolojik ve fizyolojik proseslere etkisi ve bu bitkilerin peyzaj mimarlığında kullanımı.

- Dumanoğlu, Z., ve Geren, H. (2019). Horozibiği (*Amaranthus mantegazzianus*)'nde farklı azot ve fosfor seviyelerinin ot verimi ve bazı silaj özelliklerine etkisi. *Journal of Agriculture Faculty of Ege University*, 56(1), 51-60.
- Duncan, D. B. (1955). Multiple range and multiple F tests. *Biometrics*, 11(1), 1-42.
- Durhan, B., Yalçın, E., Çavuşoğlu, K., & Acar, A. (2022). Molecular docking assisted biological functions and phytochemical screening of *Amaranthus lividus* L. extract. *Scientific reports*, 12(1), 4308.
- Genç, N. (1997). Samsun koşullarında iki farklı Horoz İbiği (*Amaranthus* sp.) çeşidinin azot ihtiyacının ve bazı özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Gerrano, A. S., Rensburg, W. S. J. V., Bairu, M., Amoo, S., Venter, S. L., & Mavengahama, S. (2019). Nutritional characterization of mineral elements and total protein content in the leaf tissues of *Amaranthus*. *Research on Crops*, 20(2), 357-368.
- Gins, E. M., Baikov, A. A., Khasanova, S. D., Goryunova, S. V., Gins, V. K., Gins, M. S., & Motyleva, S. M. (2024). AMARANTHUS SPECIES ASSESSMENT FOR MORPHOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PARAMETERS. *SABRAO Journal of Breeding & Genetics*, 56(4).
- Gimplinger D.M., Dobos G., Schonlechner R. and H.P. Kaul. 2007. Yield and Quality of Grain Amaranth (*Amaranthus* sp.) in Eastern Austria. *Plant Soil Environ.* 53(3), 105 – 112.
- Girija, K., Lakshman, K., Udaya, C., Sachi, G. S., & Divya, T. (2011). Anti-diabetic and anti-cholesterolemic activity of methanol extracts of three species of *Amaranthus*. *Asian Pacific journal of tropical biomedicine*, 1(2), 133-138.
- Gotor, E., & Irungu, C. (2010). The impact of Bioversity International's African leafy vegetables programme in Kenya. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 28(1), 41-55.
- Gönen, E., Çolak, Y. B., ve Yazar, A. (2018). Farklı amarant çeşitlerinin Çukurova bölgesine adaptasyonu. *Dünya Sağlık ve Tabiat Bilimleri Dergisi*, 1(2), 44-49.
- Guo, L., Wang, Y., Bi, X., Duo, K., Sun, Q., Yun, X., ... & Han, J. (2020). Antimicrobial activity and mechanism of action of the *Amaranthus tricolor* crude extract against *Staphylococcus aureus* and potential application in cooked meat. *Foods*, 9(3), 359.
- Gülçur, F. (1962). Orman fidanlıklarında kullanılan gübre çeşitleri ve gübrelemede göz önünde tutulacak esaslar. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 41-52.
- Güleşci, N., ve Aygöl, İ. (2016). Beslenmede yer alan antioksidan ve fenolik madde içerikli çerezler. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 5(1), 109-129.

- Grubben, G. (2004). *Prota 2: Vegetables/Légumes Record display (Amaranthus cruentus L.)*.
- Hossain, M. N., Sarker, U., Raihan, M. S., Al-Huqail, A. A., Siddiqui, M. H., & Oba, S. (2022). Influence of salinity stress on color parameters, leaf pigmentation, polyphenol and flavonoid contents, and antioxidant activity of *Amaranthus lividus* leafy vegetables. *Molecules*, 27(6), 1821.
- Huang, M. T., & Ferraro, T. (1992). Phenolic compounds in food and cancer prevention.
- Huang, W. Y., Cai, Y. Z., & Zhang, Y. (2009). Natural phenolic compounds from medicinal herbs and dietary plants: potential use for cancer prevention. *Nutrition and cancer*, 62(1), 1-20.
- İplik, E. S., ve Çakmakçoğlu, B. Hücre Kültürü Temel Teknikleri. *ÜCD Güncelleme Serileri*, 21.
- İzgi, M. N. (2017). Farklı kişniş (*Coriandrum sativum* L.) popülasyon ve çeşitlerinde sıra arası mesafesinin tarımsal özellikleri ve sabit yağ oranına etkisi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 20, 318-322.
- Jin, Y. S., Xuan, Y., Chen, M., Chen, J., Jin, Y., Piao, J., & Tao, J. (2013). Antioxidant, antiinflammatory and anticancer activities of *Amaranthus viridis* L. extracts. *Asian Journal of Chemistry*, 25(16), 8901
- Jimoh, M. O., Afolayan, A. J., & Lewu, F. B. (2019). Therapeutic uses of *Amaranthus caudatus* L.
- Jimoh, M. O., Afolayan, A. J., & Lewu, F. B. (2020). Nutrients and antinutrient constituents of *Amaranthus caudatus* L. Cultivated on different soils. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27(12), 3570-3580.
- Jimoh, M. O., Okaiyeto, K., Oguntibeju, O. O., & Laubscher, C. P. (2022). A systematic review on *Amaranthus*-related research. *Horticulturae*, 8(3), 239.
- Jose, A. H. O. J., & Ana, P. B. R. (2011). Amaranth: a pseudo-cereal with nutraceutical properties. *Curr Nutr Food Sci*, 7, 1-9.
- Joshi, N., & Verma, K. C. (2020). A review on nutrition value of Amaranth (*Amaranthus caudatus* L.): The crop of future. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(4), 1111-1113.
- Kachiguma, N. A., Mwase, W., Maliro, M., & Damaliphetsa, A. (2015). Chemical and mineral composition of amaranth (*Amaranthus* L.) species collected from central Malawi. *Journal of Food Research*, 4(4), 92.
- Kalinova, J. and Dadakova, E. 2009. Rutin and Total Quercetin Content in Amaranth (*Amaranthus* spp.). *Plant Foods for Human Nutrition*, 64:68-74.

- Kaplan, M., Maltaş, A. Ş., ve Kaya, İ. (2018). Organik Gübre Kalitesine Bakış: Yabancı Ot Varyasyonu. *Akademia Disiplinlerarası Bilimsel Araştırmalar Dergisi*, 4(1), 1-7.
- Karaçal, İ., ve Tüfenkçi, Ş. (2010). Bitki Beslemede Yeni Yaklaşımlar ve Gübre-Çevre İlişkisi.
- Karakurt, E. (2009). Toprak verimliliği yönünden yeşil gübreler ve gübreleme. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 18(1-2), 48-54.
- Karamazak, C. (2023). *Sürüncü horozibiği (amaranthus blitoides) bitkisi meyve özütünün antioksidan, antikolinerjik, antikanser ve genotoksik etkilerinin araştırılması* (Master's thesis, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Kaur, C. & Kapoor H. C. 2001. Anti-oxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. *International Journal of Food Science and Technology*. 37(2): 153-161.
- Kesen, S., Sönmezdağ, A. S., Kelebek, H., ve Selli, S. (2016). Ham ve rafine fındık yağlarının yağ asitleri bileşimi. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 31(1), 79-84.
- Keskin, B., Temel, S., Çakmakçı, S., ve Tosun, R. (2021). Bazı horoz ibiği (*Amaranthus spp.*) çeşitlerinin kurak ve sulu şartlardaki tohum verimleri ve verim unsurları üzerine araştırma. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 52(1), 11-19.
- Kolaç, T., Gürbüz, P., ve Yetiş, G. (2017). Doğal ürünlerin fenolik içeriği ve antioksidan özellikleri. *İnönü Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu Dergisi*, 5(1), 26-42.
- Kuete, V., Karaosmanoğlu, O., & Sivas, H. (2017). Anticancer activities of African medicinal spices and vegetables. In *Medicinal spices and vegetables from Africa* (pp. 271-297). Academic Press.
- Lim, S. L., Wu, T. Y., Lim, P. N., & Shak, K. P. Y. (2015). The use of vermicompost in organic farming: overview, effects on soil and economics. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(6), 1143-1156.
- Manikandaselvi, S., & Nithya, V. (2011). Development and biochemical analysis of iron supplementary nutraceuticals from *Moringa oleifera* and *Amaranthus polygonoides*. *Advances in Pharmacology and Toxicology*, 12(3), 47.
- Martinez-Lopez, A., Millan-Linares, M. C., Rodriguez-Martin, N. M., Millan, F., & Montserrat-de la Paz, S. (2020). Nutraceutical value of kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.). *Journal of Functional Foods*, 65, 103735.
- Maundu, P., Achigan-Dako, E., & Morimoto, Y. (2009). Biodiversity of African vegetables. In *African indigenous vegetables in urban agriculture* (pp. 65-104). Routledge.

- Mavengahama, S., McLachlan, M., & De Clercq, W. (2013). The role of wild vegetable species in household food security in maize based subsistence cropping systems. *Food Security*, 5, 227-233.
- Mejía Valvas, R. L., Gómez Pando, L., Pinedo Taco, R. E., Mendoza Vilcahuamán, H., & Pajuelo Roldán, C. E. (2020). Inorganic fertilization levels in three varieties of kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) in Ancash, Peru.
- Menekşe, Z., Marangoz, B., ve Kahraman, S. (2021). Piyasada satılan bazı poşet çayların toplam fenolik, flavonoid bileşen içeriği ve antioksidan aktivitesinin belirlenmesi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 11(2), 340-354.
- Miguel, M. G. (2018). Betalains in some species of the Amaranthaceae family: A review. *Antioxidants*, 7(4), 53.
- Moskova, C. (2013). Morphological and biological characteristics of species from the *Amaranthus* genus.
- Muller, A. G., Sarker, S. D., Saleem, I. Y., & Hutcheon, G. A. (2019). Delivery of natural phenolic compounds for the potential treatment of lung cancer. *DARU Journal of Pharmaceutical Sciences*, 27, 433-449.
- Myers, R. L. (1998). Nitrogen fertilizer effect on grain amaranth. *Agronomy Journal*, 90(5), 597-602.
- Nana, F. W., Hilou, A., Millogo, J. F., & Nacoulma, O. G. (2012). Phytochemical composition, antioxidant and xanthine oxidase inhibitory activities of *Amaranthus cruentus* L. and *Amaranthus hybridus* L. extracts. *Pharmaceuticals*, 5(6), 613-628.
- Neugart, S., Baldermann, S., Ngwene, B., Wesonga, J., & Schreiner, M. (2017). Indigenous leafy vegetables of Eastern Africa—A source of extraordinary secondary plant metabolites. *Food Research International*, 100, 411-422.
- Octaviani, C. D., Lusiana, M., Zuhrotun, A., Diantini, A., Subarnas, A., & Abdulah, R. (2013). Anticancer properties of daily-consumed vegetables *Amaranthus spinosus*, *Ipomoea aquatica*, *Apium graveolens*, and *Manihot utilisima* to LNCaP prostate cancer cell lines. *J Nat Pharmaceut*, 4, 67-70.
- Ordu, N. (2019). Mikroenkapsüle ve taze arı sütünün antimikrobiyal aktivitelerinin kıyaslanması ve muhafaza süresinin antimikrobiyal aktivite üzerine etkisinin belirlenmesi (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Ökçesiz, A., ve Bucurgat, Ü. Ü. (2017). Sitotoksikite Çalışmalarında Kök Hücre. *Journal of Faculty of Pharmacy of Ankara University*, 41(2), 1-14.
- Özay, C., ve Pehlivan, E. (2024). Bitki Sekonder Metabolitlerinin Biyosentezini ve Akümüasyonunu Etkileyen Faktörler. *Journal of Faculty of Pharmacy of Ankara University*, 48(3), 44-44.

- Öztürk, İ., ve Korkut, K. Z. (2018). Ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L) genotiplerinde farklı gelişme dönemlerindeki kuraklığın verim ve verim unsurlarına etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15(2), 128-137.
- Paredes-Lopez, O. (2018). *Amaranth biology, chemistry, and technology*. CRC Press. A Review of Recent Studies on the Antioxidant Activities of a Third-Millennium Food: *Amaranthus* spp.
- Peter, K., & Gandhi, P. (2017). Rediscovering the therapeutic potential of *Amaranthus* species: A review. *Egyptian journal of basic and applied sciences*, 4(3), 196-205.
- Priya, V. P., Celine, V. A., Gokulapalan, C., & Rajamony, L. (2007). Screening amaranth genotypes (*Amaranthus* spp.) for yield and resistance to leaf blight caused by *Rhizoctonia solani* Kuhn.
- Poiata, A., Lungu, C., & Ivanescu, B. (2016). Antimicrobial effects of the different extracts from *Amaranthus retroflexus* L. *Analele Stiintifice ale Universitatii "Alexandru Ioan Cuza" din Iasi Sec. II a. Genetica si Biologie Moleculara*, 17(2), 75-80.
- Pulipati, S., Babu, P. S., Naveena, U., Parveen, S. R., Nausheen, S. S., & Sai, M. T. N. (2017). Determination of total phenolic, tannin, flavonoid contents and evaluation of antioxidant property of *Amaranthus tricolor* (L). *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*, 9(6), 814-819.
- Rahimi, A., Gitari, H., Lyons, G., Heydarzadeh, S., Tunçtürk, M., & Tunçtürk, R. (2023). Effects of vermicompost, compost and animal manure on vegetative growth, physiological and antioxidant activity characteristics of *Thymus vulgaris* L. under water stress. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*, 33(1), 40-53.
- Rajasekaran, S., Dinesh, M. G., Kansrajh, C., & Baig, F. H. A. (2014). *Amaranthus spinosus* leaf extracts and its anti-inflammatory effects on cancer. *Indian Journal of Research in Pharmacy and Biotechnology*, 2(1), 1058.
- Rampersad S. N. (2012). Multiple applications of Alamar Blue as an indicator of metabolic function and cellular health in cell viability bioassays. *Sensors* (Basel, Switzerland), 12(9), 12347–12360. <https://doi.org/10.3390/s120912347>
- Repo-Carrasco-Valencia, R., Peña, J., Kallio, H., & Salminen, S. (2009). Dietary fiber and other functional components in two varieties of crude and extruded kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Journal of Cereal Science*, 49(2), 219-224.
- Rice-Evans, C. A., Miller, N. J. & Paganga G. 1997. Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in Plant Science*, 2: 152-159.

- Roy, M., Chakraborty, S., Siddiqi, M., & Bhattacharya, R. K. (2002). Induction of apoptosis in tumor cells by natural phenolic compounds. *Asian Pac J Cancer Prev*, 3(1), 61-67.
- Rojas, J. J., Ochoa, V. J., Ocampo, S. A., & Muñoz, J. F. (2006). Screening for antimicrobial activity of ten medicinal plants used in Colombian folkloric medicine: A possible alternative in the treatment of non-nosocomial infections. *BMC complementary and alternative medicine*, 6, 1-6.
- Roriz, C. L., Xavier, V., Heleno, S. A., Pinela, J., Dias, M. I., Calhelha, R. C., ... & Barros, L. (2021). Chemical and bioactive features of *Amaranthus caudatus* L. flowers and optimized ultrasound-assisted extraction of betalains. *Foods*, 10(4), 779.
- Sani, H. A., Rahmat, A., Ismail, M., Rosli, R., & Endrini, S. (2004). Potential anticancer effect of red spinach (*Amaranthus gangeticus*) extract. *Asia Pacific journal of clinical nutrition*, 13(4)
- Saunders, R. M., & Becker, R. (1983). *Amaranthus*: a potential food and feed resource.
- Sarker, U., & Oba, S. (2020). Nutraceuticals, phytochemicals, and radical quenching ability of selected drought-tolerant advance lines of vegetable amaranth. *BMC plant biology*, 20, 1-16.
- Sarker, U., Hossain, M. M., & Oba, S. (2020). Nutritional and antioxidant components and antioxidant capacity in green morph *Amaranthus* leafy vegetable. *Scientific Reports*, 10(1), 1336.
- Saygı, M., ve Toklu, F. (2017). Çukurova Bölgesinde birinci ürün koşullarında yetiştirilen bazı danelik mısır (*Zea mays indentata sturt.*) çeşitlerinin dane verimi, bazı bitkisel özellikler ve karakterler arası ilişkiler yönünden değerlendirilmesi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 20, 308-312.
- Schippers, R. R. (2004). *Légumes africains indigènes: Présentation des espèces cultivées*. CTA/Margraf Verlag.
- Shahzaman, M., Ishtiaq, M., & Azam, A. (2017). Effect of different fertilizers on seed germination and seedling growth of sunflower (*Helianthus annuus* L.) from district Bhimber of Azad Jammu and Kashmir, Pakistan. *International Journal of Botany Studies*, 2(2), 10-15.
- Sharifi-Rad, J., Seidel, V., Izabela, M., Monserrat-Mequida, M., Sureda, A., Ormazabal, V., ... & Cho, W. C. (2023). Phenolic compounds as Nrf2 inhibitors: potential applications in cancer therapy. *Cell Communication and Signaling*, 21(1), 89.
- Shiyam, J. O., & Binang, W. B. (2011). Effect of poultry manure and urea-n on flowering occurrence and leaf productivity of *Amaranthus cruentus*. *journal of Applied Sciences and Environmental management*, 15(1).

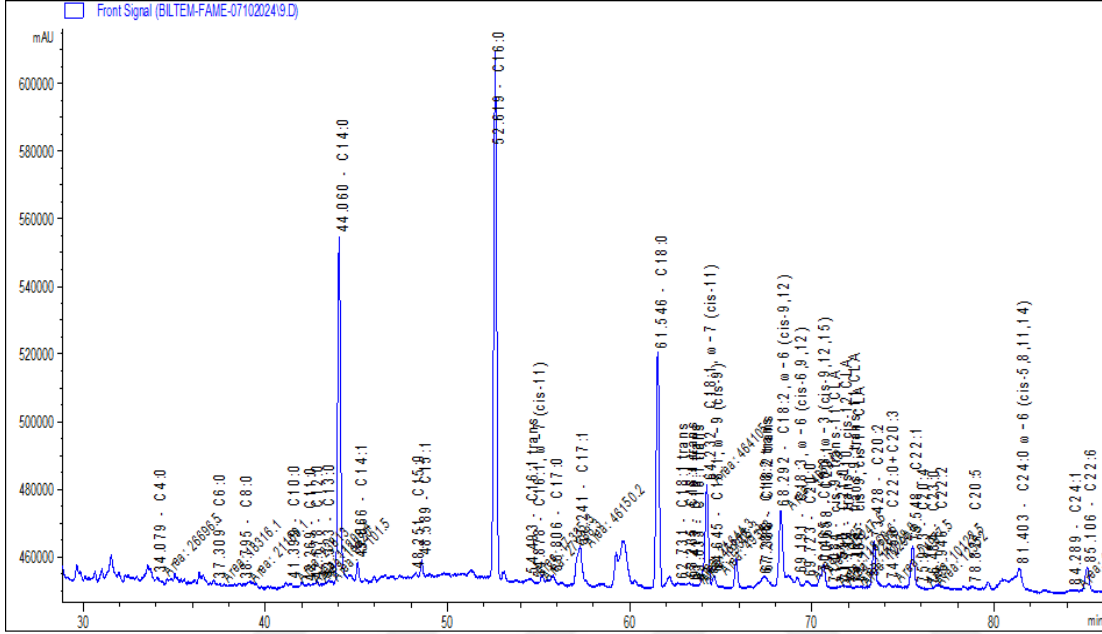
- Sönmez, İ., Kaplan, M., ve Sönmez, S. (2008). Kimyasal gübrelerin çevre kirliliği üzerine etkileri ve çözüm önerileri. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi*, 25(2), 24-34.
- Steckel, L. E., Sprague, C. L., Stoller, E. W., & Wax, L. M. (2004). Temperature effects on germination of nine *Amaranthus* species. *Weed Science*, 52(2), 217-221.
- Sweeney, A. E., Renner, K. A., Laboski, C., & Davis, A. (2008). Effect of fertilizer nitrogen on weed emergence and growth. *Weed Science*, 56(5), 714-721.
- Şahin, G. (2016). Türkiye’de Gübre Kullanım Durumu ve Gübreleme Konusunda Yaşanan Problemler. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 22(1), 19-32.
- Talgre, L., Lauringson, E., Roostalu, H., Astover, A., & Makke, A. (2012). Green manure as a nutrient source for succeeding crops.
- Tang, Y., & Tsao, R. (2017). Phytochemicals in quinoa and amaranth grains and their antioxidant, anti-inflammatory, and potential health beneficial effects: a review. *Molecular nutrition & food research*, 61(7), 1600767.
- Tang, W., Guo, H., Yin, J., Ding, X., Xu, X., Wang, T., ... & Sun, J. (2022). Germination ecology of *Chenopodium album* L. and implications for weed management. *PloS one*, 17(10), e0276176.
- Temel, S., Keskin, B., Çakmakçı, S., ve Tosun, R. (2020). Sulu ve Kuru Koşullarda Farklı *Amaranth* Türlerine Ait Çeşitlerin Ot Verim Performanslarının Belirlenmesi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 6(3), 615-624.
- Termorshuizen, A. J., Moolenaar, S. W., Veeken, A. H. M., & Blok, W. J. (2004). The value of compost. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 3, 343-347.
- Tiring, G., Satar, S., ve Özkaya, O. (2020). Sekonder Metabolitler. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35(1), 203-215.
- Tiring, G., Satar, S., ve Özkaya, O. (2021). Sekonder metabolitler. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35(1), 203-215.
- Tittonell, P., Zingore, S., Van Wijk, M. T., Corbeels, M., & Giller, K. E. (2007). Nutrient use efficiencies and crop responses to N, P and manure applications in Zimbabwean soils: Exploring management strategies across soil fertility gradients. *Field crops research*, 100(2-3), 348-368.
- Tokur, O., ve Aksoy, A. (2017). In vitro sitotoksosite testleri. *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 6(1), 112-118.
- Topcu, Ş., ve Çölgeçen, H. (2015). Bitki sekonder metabolitlerinin biyoreaktörlerde üretilmesi. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, (2), 9-29.

- Trucco, F., & Tranel, P. J. (2011). *Amaranthus*. In *Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources: Vegetables* (pp. 11-21). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Uğur, D., Güneş, H., Güneş, F., & Mammadov, R. (2017). Bazı Tıbbi Bitkilerin Farklı Kanser Hücre Hatlarında Sitotoksik Aktiviteleri.
- Ulus, F. ve Şahin, A. (2020). *Nigella damascena* L. Bitkisinde Farklı Gübre Uygulamalarının Fenolojik Özellikler Üzerine Etkileri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (18), 171-178. DOI: 10.31590/ejosat.677606
- Ulus, F. (2021). Farklı gübre uygulamalarının *Nigella damascena* L.(Şam çörekotu) bitkisinde sekonder metabolit ve sitotoksik aktivite üzerine etkisi.
- Ulus, F., & Ulus, Y. (2024). Biosynthesis and Characterization of Silver Nanoparticles Mediated by *Cistus salviifolius* L. and *Ferula communis* L. Extracts and Evaluation of Their Antioxidant, Antibacterial, and Cytotoxic Potentials. *Biology Bulletin*, 51(4), 845-856.
- Ulus, F., Sarılmaz, A., Ulus, Y., & Ozel, F. (2024). Quaternary nanorods: promising versatile agents for cancer therapy, antimicrobial strategies and free radical neutralization. *Particulate Science and Technology*, 42(6), 944-952.
- Unuofin, J. O., & Lebelo, S. L. (2020). Antioxidant effects and mechanisms of medicinal plants and their bioactive compounds for the prevention and treatment of type 2 diabetes: an updated review. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2020(1), 1356893.
- Uygur, S., Koca, A. D., ve Tetik, Ö. Türkiye İçin Yeni Bir Yabancı Ot Türü: *Amaranthus crassipes* Schldl.(Horzibiğigiller/Amaranthaceae Juss.). *Bağbahçe Bilim Dergisi*, 8(2), 7-11.
- Ülger, T. G., ve Ayhan, N. Y. (2020). Bitki sekonder metabolitlerinin sağlık üzerine fonksiyonel etkileri. *Acıbadem Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, (3), 384-390.
- Varalakshmi, B. (2004). Characterization and preliminary evaluation of vegetable amaranth (*Amaranthus* spp.) germplasm.
- Verma, K. C. (2022). Assessment of squalene variability and its enhancement in *Amaranthus* (*Amaranthus caudatus* L.) populations: With application to vaccine development. *Biotechnology and Applied Biochemistry*, 69(6), 2745-2752.
- Vuran, N. E., ve Türker, M. (2021). Bitki doku kültürlerinde sekonder metabolit miktarını arttırmaya yönelik uygulamalar. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 33(3), 487-498.

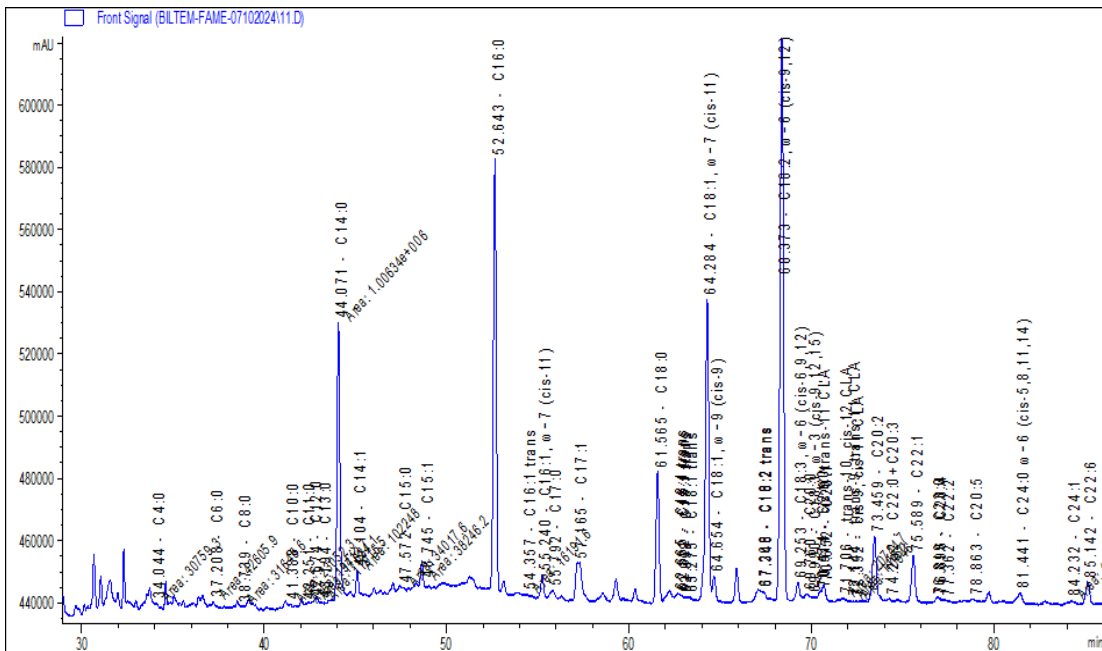
- Ye, T., Li, Y., Zhang, J., Hou, W., Zhou, W., Lu, J., ... & Li, X. (2019). Nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization affects the flowering time of rice (*Oryza sativa* L.). *Global Ecology and Conservation*, 20, e00753.
- Yetgin, M. A. (2010). Organik gübreler ve nemi. *Samsun Tarım İl Mdrlg Yayınları*.
- Yılmaz, İ. (2010). Antioksidan içeren bazı gıdalar ve oksidatif stres. *Journal of Turgut Ozal Medical Center*, 17(2), 143-154.
- Yiğit, D., Yiğit, N., Aktaş, E., ve zgen, U. (2009). Ceviz (*Juglans regia* L.)'in antimikrobiyal aktivitesi. *Türk Mikrobiyoloji Cemiyeti Dergisi*, 39(1-2), 7-11.
- Wei, Y. S., Fan, Y. B., Wang, M. J., & Wang, J. S. (2000). Composting and compost application in China. *Resources, Conservation and Recycling*, 30(4), 277-300.
- Wu, H., & Corke, H. (1999). Genetic diversity in physical properties of starch from a world collection of *Amaranthus*. *Cereal Chemistry*, 76(6), 877-883.
- Zhang, J., Wang, Y., Wang, P., Zhang, Q. A., Yan, C., Yu, F., ... & Fang, L. (2017). Effect of different levels of nitrogen, phosphorus, and potassium on root activity and chlorophyll content in leaves of *Brassica oleracea* seedlings grown in vegetable nursery substrate. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 58, 5-11.
- Zhishen, J., Mengcheng, T., & Jianming, W., (1999). Research on antioxidant activity of flavonoids from natural materials, *Food Chemistry*, 64, 555-559.

## EKLER

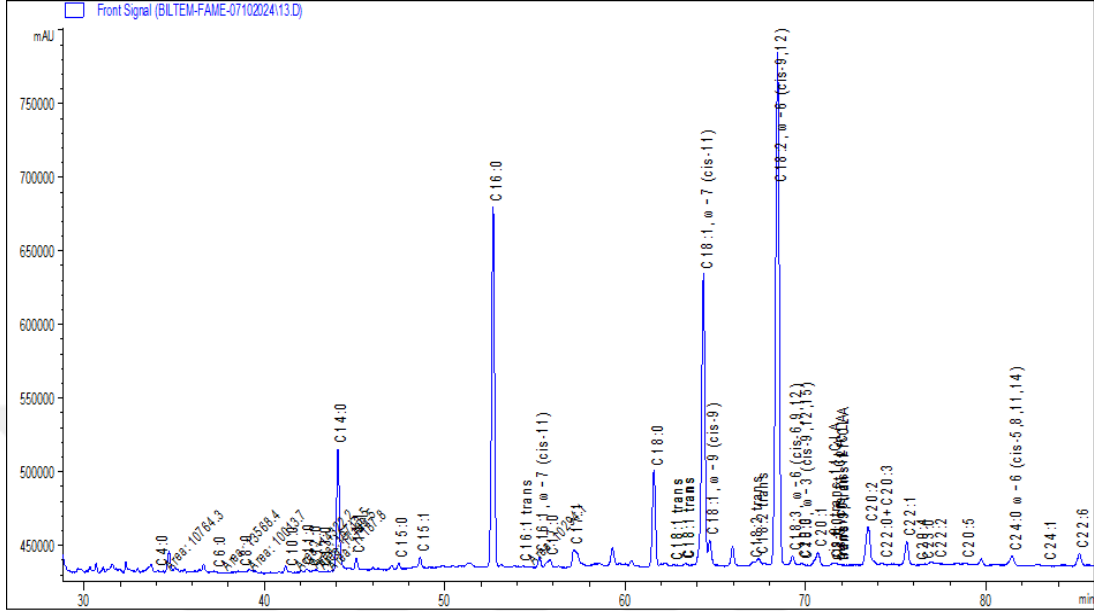
**EK A1:** Organik yarıısı *A.caudatus* numunesine ait sabit yağının doymuş ve doymamış yağ asidi bileşimine ait GC-FID kromatogramı.



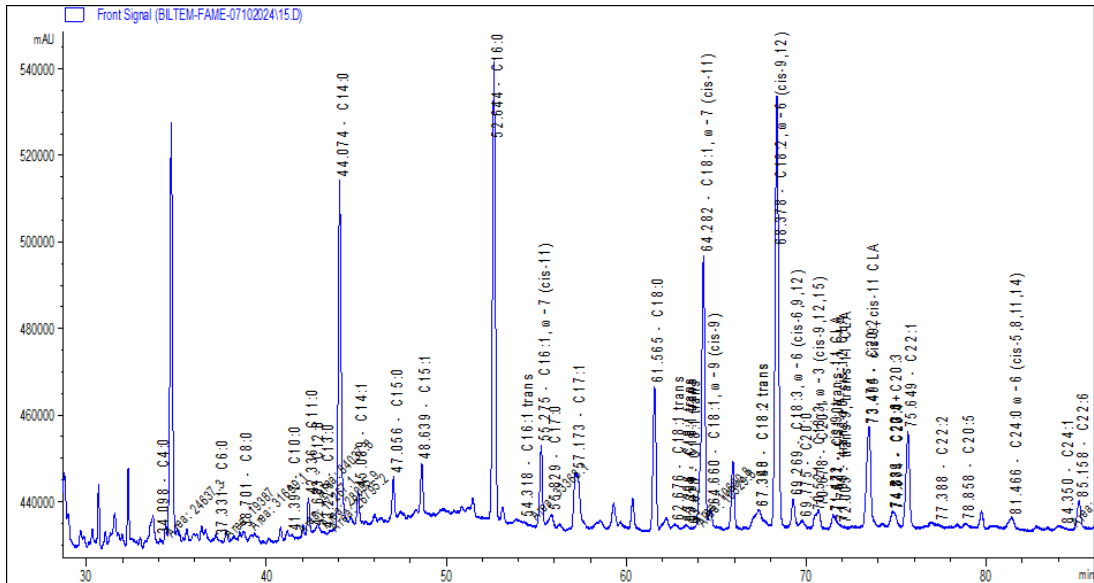
**EK A2:** Organik öneri *A.caudatus* numunesine ait sabit yağının doymuş ve doymamış yağ asidi bileşimine ait GC-FID kromatogramı.



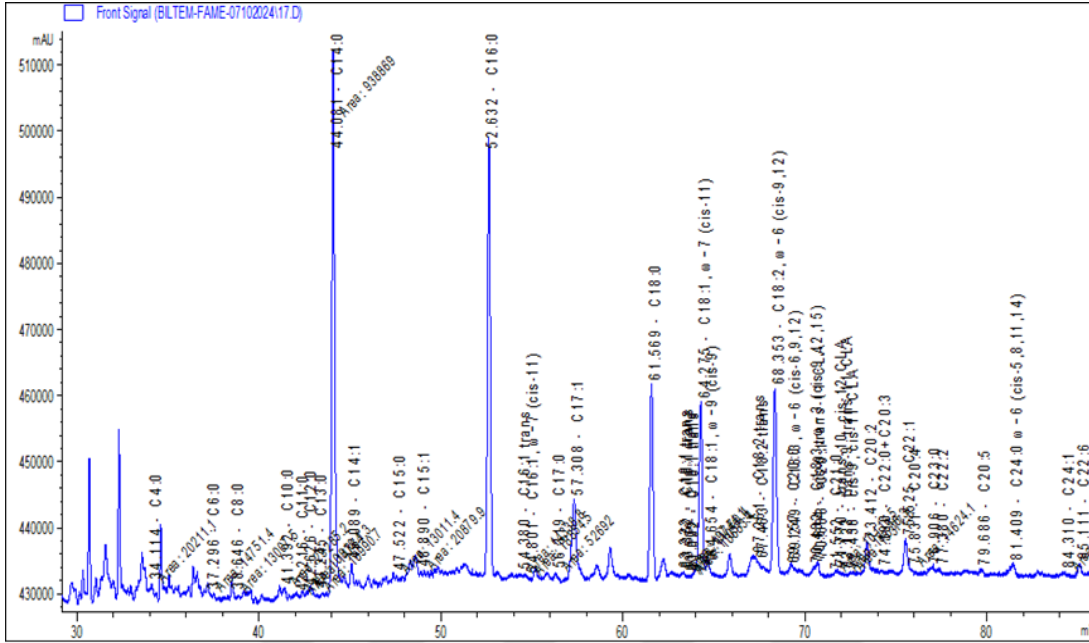
**EK A3:** Organik iki katı *A.caudatus* numunesine ait sabit yağının doymuş ve doymamış yağ asidi bileşimine ait GC-FID kromatogramı.



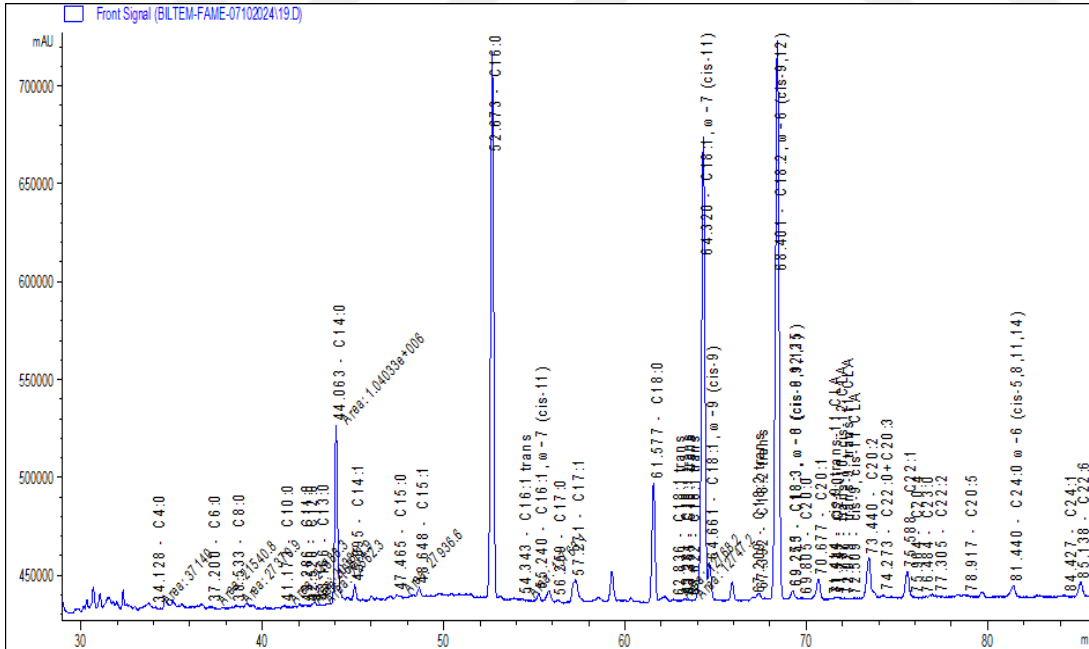
**EK A4:** Vermikompost yarısı *A.caudatus* numunesine ait sabit yağının doymuş ve doymamış yağ asidi bileşimine ait GC-FID kromatogramı.



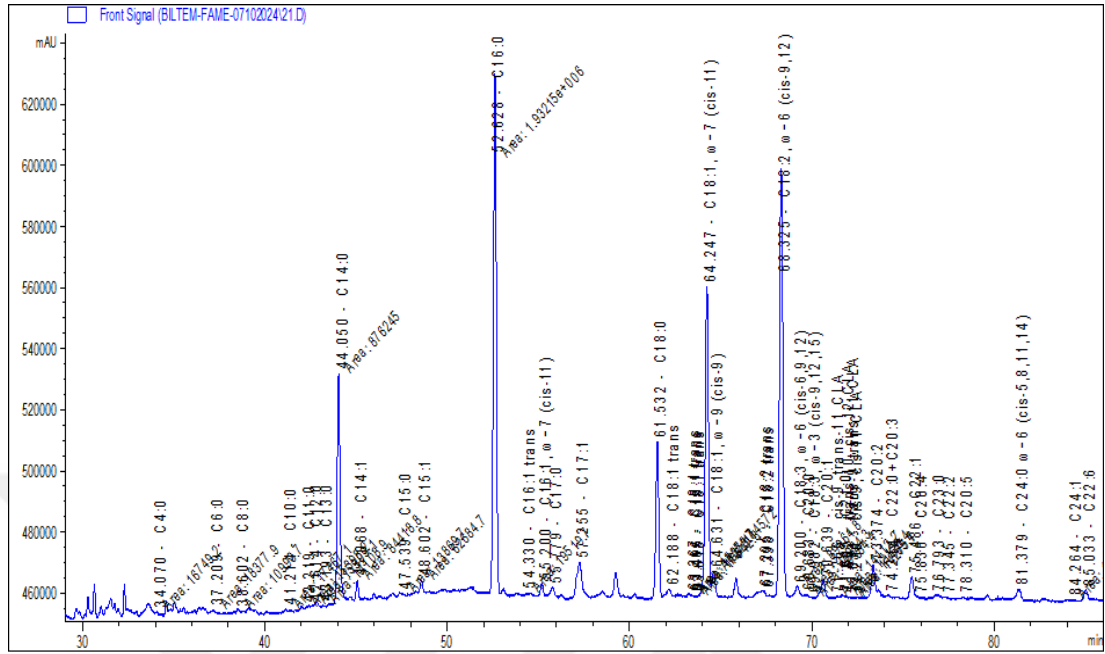
**EK A5:** Vermikompost öneri *A.caudatus* numunesine ait sabit yağının doymuş ve doymamış yağ asidi bileşimine ait GC-FID kromatogramı.



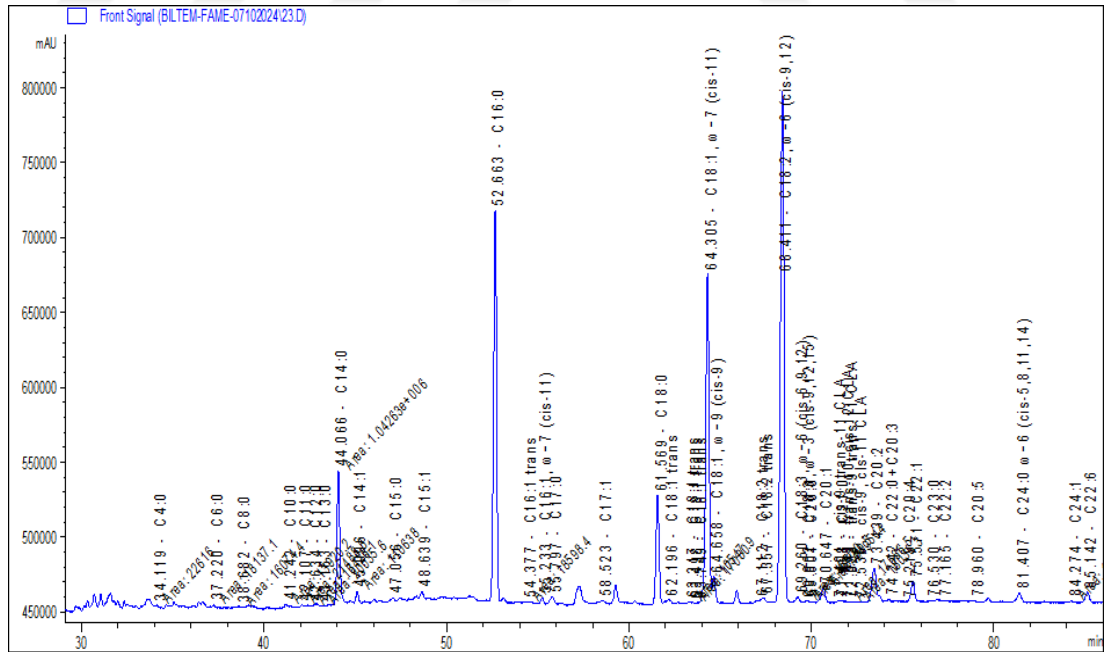
**EK A6:** Vermikompost iki katı *A.caudatus* numunesine ait sabit yağının doymuş ve doymamış yağ asidi bileşimine ait GC-FID kromatogramı.



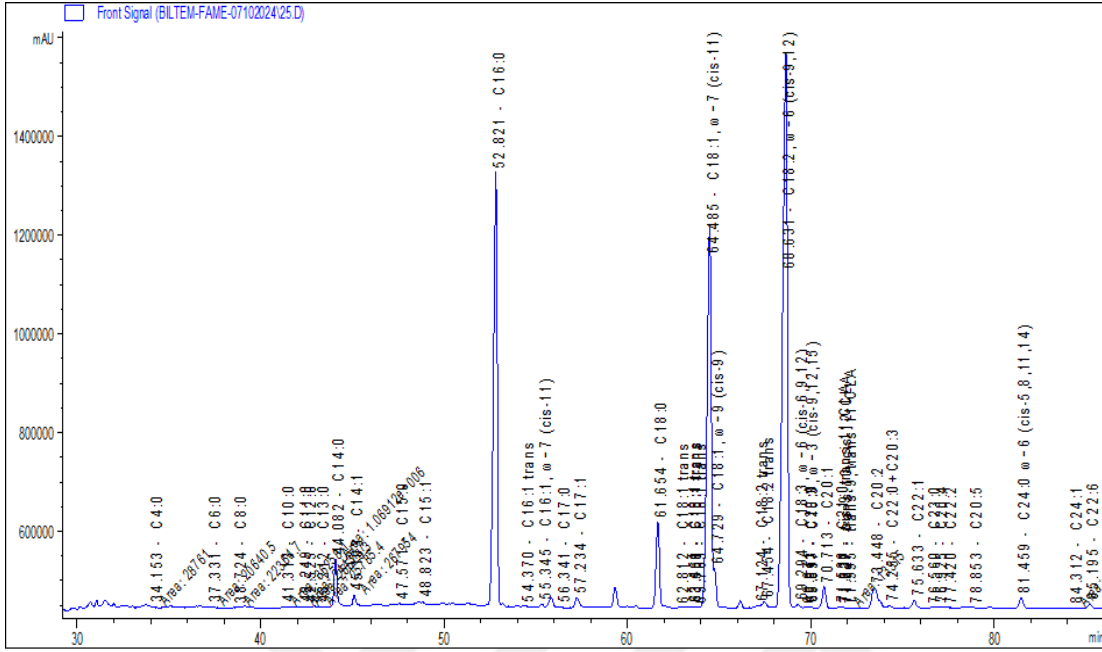
**EK A7:** Kimyasal yarıısı *A.caudatus* numunesine ait sabit yağının doymuş ve doymamış yağ asidi bileşimine ait GC-FID kromatogramı.



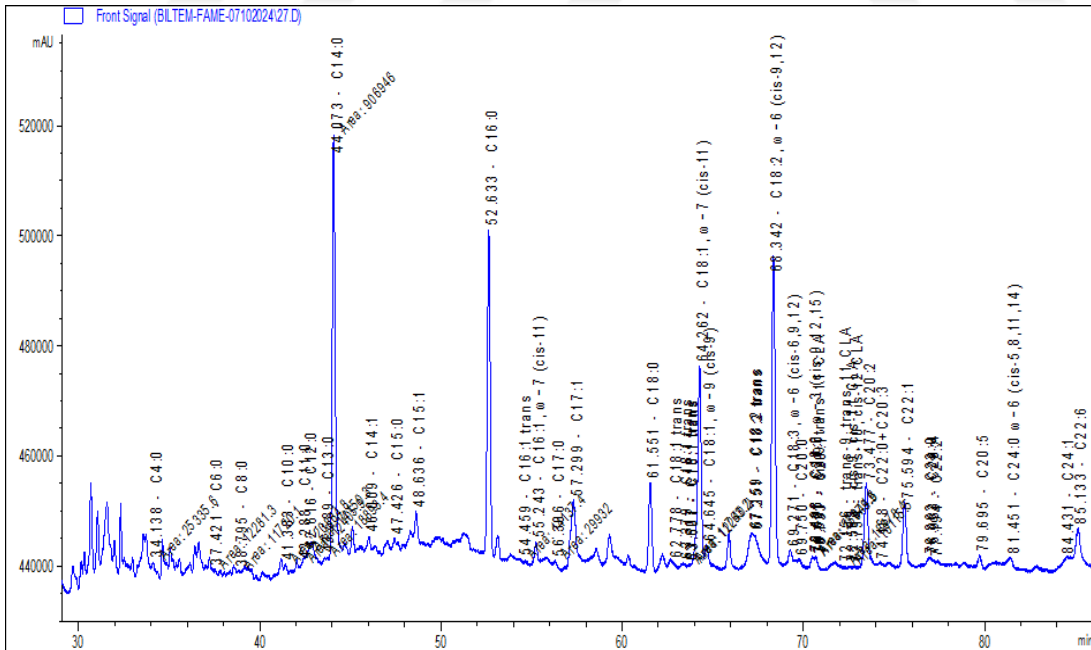
**EK A8:** Kimyasal öneri *A.caudatus* numunesine ait sabit yağının doymuş ve doymamış yağ asidi bileşimine ait GC-FID kromatogramı.



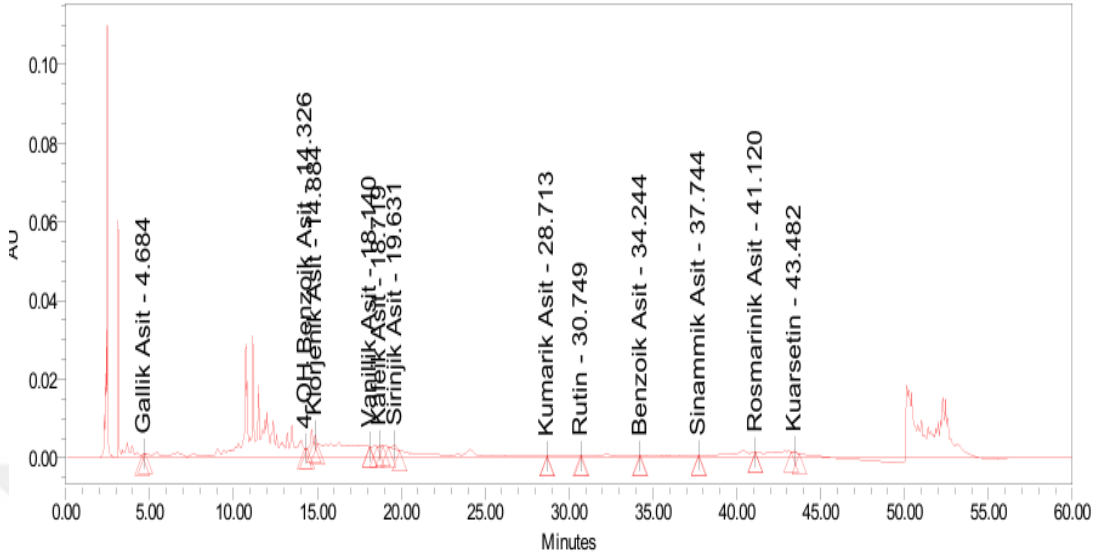
**EK A9:** Kimyasal iki katı *A.caudatus* numunesine ait sabit yağının doymuş ve doymamış yağ asidi bileşimine ait GC-FID kromatogramı.



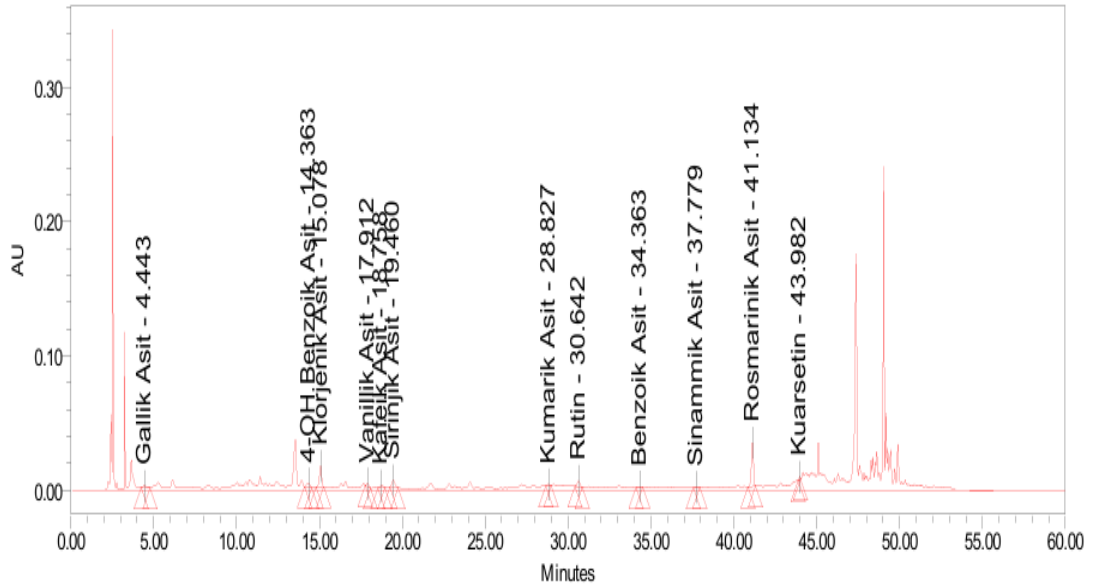
**EK A10:** Kontrol *A.caudatus* numunesine ait sabit yağının doymuş ve doymamış yağ asidi bileşimine ait GC-FID kromatogramı.



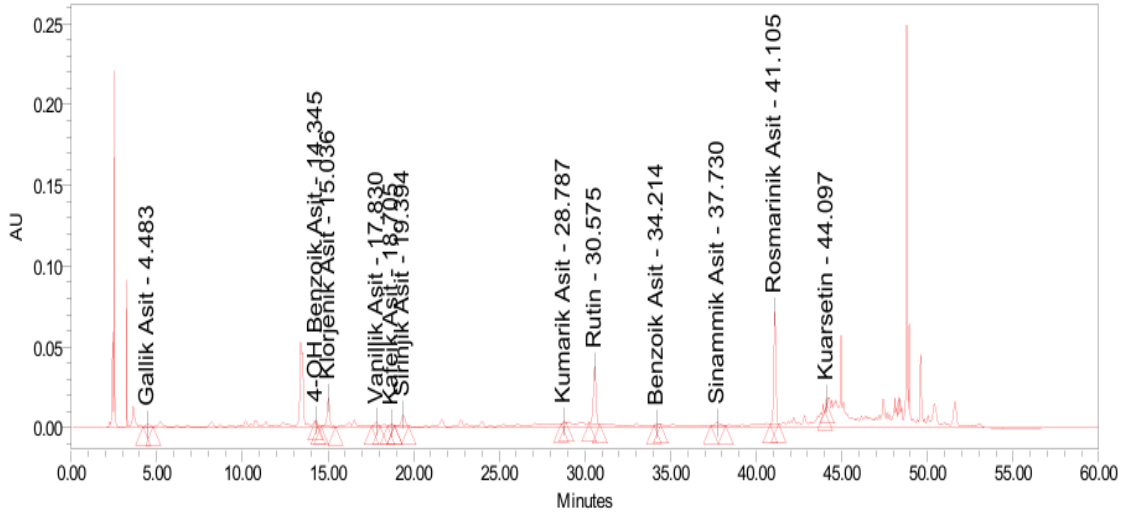
**EK B1:** Organik yarı *A. caudatus* numunesine ait fenolik bileşik kromatogramı (HPLC).



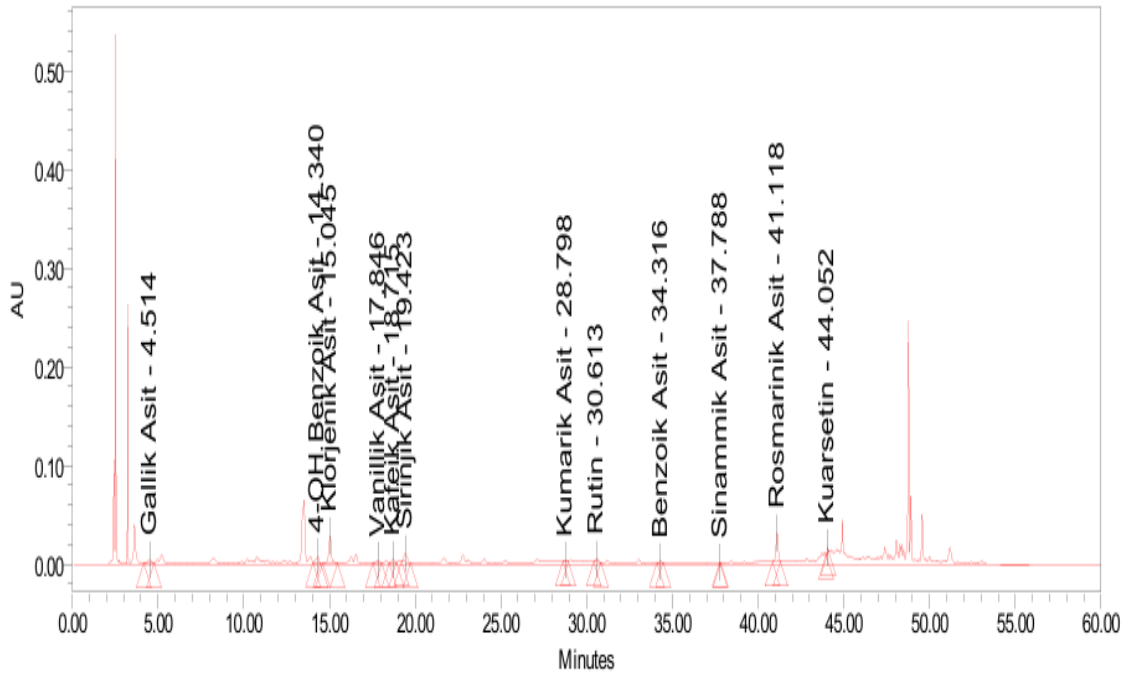
**EK B2:** Organik öneri *A. caudatus* numunesine ait fenolik bileşik kromatogramı (HPLC).



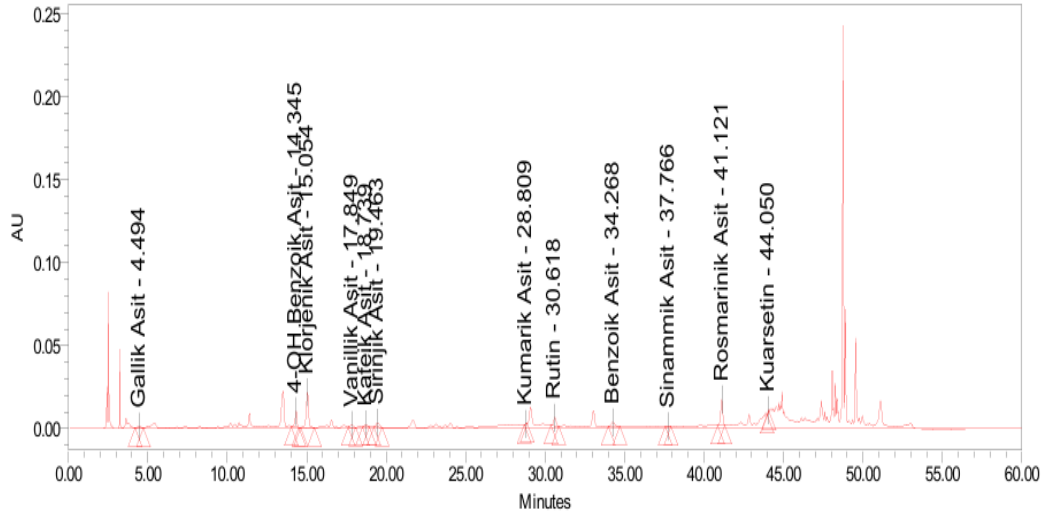
**EK B3:** Organik iki katı *A.caudatus* numunesine ait fenolik bileşik kromatogramı (HPLC).



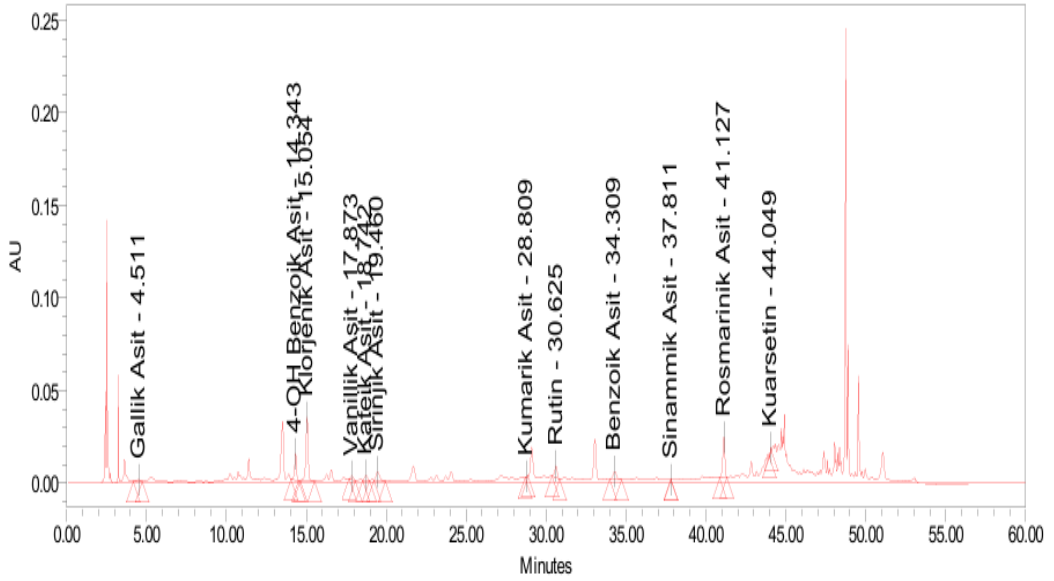
**EK B4:** Vermikompost yarı *A.caudatus* numunesine ait fenolik bileşik kromatogramı (HPLC).



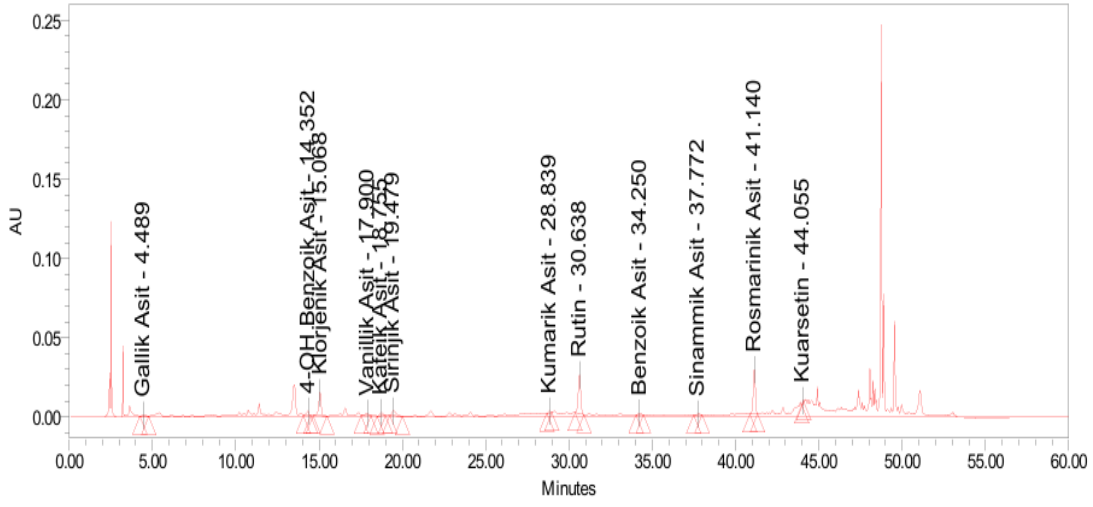
**EK B5:** Vermikompost öneri *A.caudatus* numunesine ait fenolik bileşik kromatogramı (HPLC).



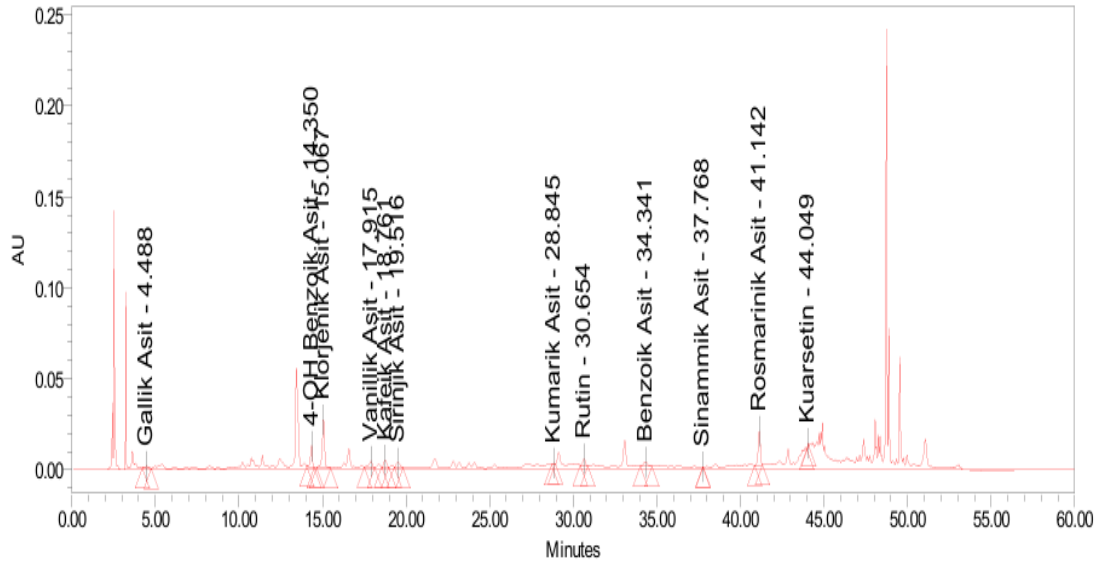
**EK B6:** Vermikompost iki katı *A.caudatus* numunesine ait fenolik bileşik kromatogramı (HPLC).



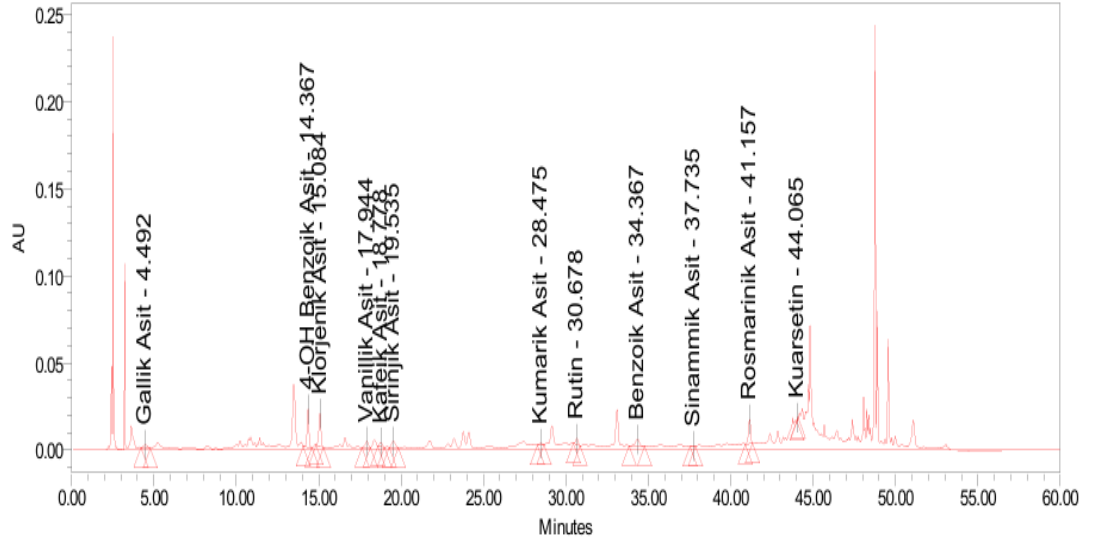
**EK B7:** Kimyasal yarı *A. caudatus* numunesine ait fenolik bileşik kromatogramı (HPLC).



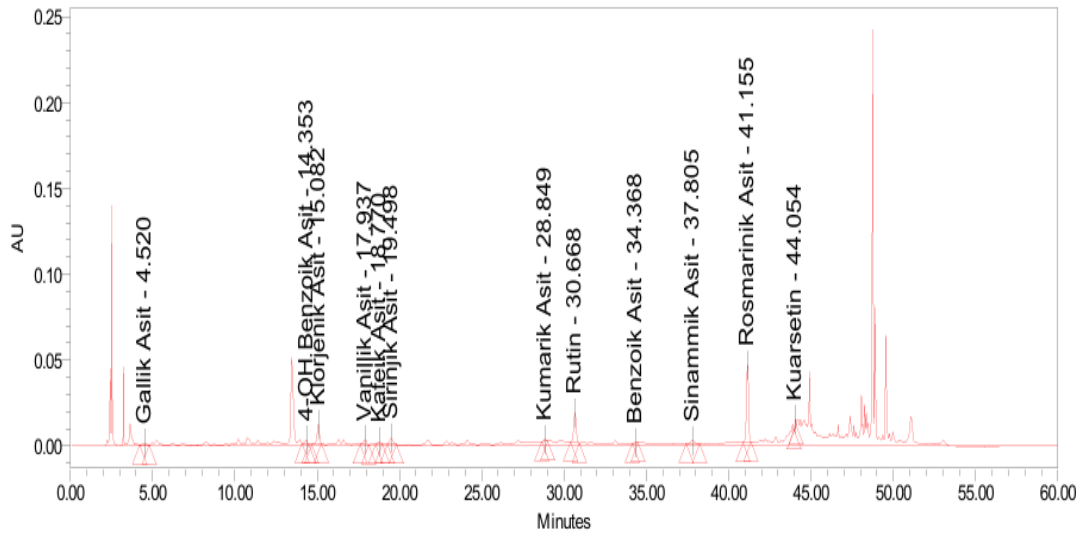
**EK B8:** Kimyasal öneri *A. caudatus* numunesine ait fenolik bileşik kromatogramı (HPLC).



**EK B9:** Kimyasal iki katı *A.caudatus* numunesine ait fenolik bileşik kromatogramı (HPLC).



**EK B10:** Kontrol *A.caudatus* numunesine ait fenolik bileşik kromatogramı (HPLC).



## ÖZGEÇMİŞ

**Ad-Soyad** : Canan KOÇ

**Öğrenim Durumu:**

**Lise:** 2007, Tepebağ Lisesi

**Lisans:** 2015, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji

**Yüksek lisans:** 2018, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Biyomühendislik ABD, Biyomühendislik

**Yabancı Dil ve Düzeyi:** İngilizce

**Tezden Üretilmiş Proje ve Bütçesi:** 03-D-22 BAP

**Doktora Tezinden Üretilen Yayınlar, Sunumlar ve Patentler:**

- Koç, C., Uluşu, F., ve Uluşu, Y., 2024. Determination of DPPH removal activity of *Amaranthus caudatus* L. grown with different fertilizer applications, 7<sup>th</sup> International Eurasian Conference on Biological and Chemical Sciences 02-04 October, Ankara/ TURKEY, 2024 (Full Text)
- Koç, C., Uluşu, F., ve Uluşu, Y., 2024. Investigation of the effects of different fertilizer treatments on the germination time of *Amaranthus caudatus* L. , 7<sup>th</sup> International Eurasian Conference on Biological and Chemical Sciences 02-04 October, Ankara/ TURKEY, 2024 (Full Text)
- Koç, C., Uluşu, F., & Uluşu, Y. (2024). Influence of various fertilizer regimes on phenological characteristics, polyphenol content, and antioxidant capacity of *Amaranthus caudatus* L. *Journal of New Results in Science*, 13(3), 249-261.