

Open Access Journal  
e-ISSN: 2619 – 8991

Araştırma Makalesi (Research Article)

Cilt 7 - Sayı 6: 1321-1326 / Kasım 2024

(Volume 7 - Issue 6: 1321-1326 / November 2024)

## KAHVERENGİ KOKARCA, *Halyomorpha halys* Stal (Hemiptera: Pentatomidae)'NİN İÇ FINDIKTAKİ ZARARININ TOPLAM FENOLİK, TOPLAM FLAVONOİD VE ANTIOKSİDAN AKTİVİTE ÜZERİNE ETKİSİ

Orhan KARAKAYA<sup>1</sup>, İsmail Oğuz ÖZDEMİR<sup>2\*</sup>, Umut ATEŞ<sup>1</sup>, Burhan ÖZTÜRK<sup>3</sup>, Mansur ULUCA<sup>4</sup>, Celal TUNCER<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Sakarya University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, 54580, Sakarya, Türkiye

<sup>2</sup>Sakarya University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, 54580, Sakarya, Türkiye

<sup>3</sup>Ordu University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, 52200, Ordu, Türkiye

<sup>4</sup>Black Sea Agricultural Research Institute, 55300, Samsun, Türkiye

<sup>5</sup>Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, 55105, Samsun, Türkiye

**Özet:** Bu çalışma, kahverengi kokarca, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae)'nin Palaz fındık (*Corylus avellana* L.) çeşidinde beslenmesi sonucu ortaya çıkan lekeli iç fındıklardaki biyoaktif bileşiklerin değişimini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Bu amaçla sağlıklı iç (Sİ) (kontrol), lekeli iç fındığın tamamı (LİT), lekeli iç fındığın sağlıklı kısmı (LİS) ve lekeli iç fındığın nekrotik (LİN) kısımlarındaki toplam fenolik, toplam flavonoid ve antioksidan aktivite belirlenmiştir. Sİ meyvelerine kıyasla zarar gören meyvelerde toplam fenolik, toplam flavonoid ve antioksidan aktivite artmıştır. En yüksek toplam fenolik LİN meyvelerinde (1781.3 mg 100 g<sup>-1</sup>) belirlenirken, en düşük Sİ ve LİS meyvelerinde (sırasıyla 130.1 ve 275.4 mg 100 g<sup>-1</sup>) tespit edilmiştir. Sİ (64.5 mg 100 g<sup>-1</sup>) meyvelerine kıyasla en yüksek toplam flavonoid LİN meyvelerinde (679.0 mg 100 g<sup>-1</sup>) belirlenmiştir. DPPH ve FRAP testlerine göre en yüksek antioksidan aktivite LİN meyvelerinde (sırasıyla 7.20 ve 49.10 mmol kg<sup>-1</sup>) tespit edilmiştir. En düşük antioksidan aktivite ise Sİ meyvelerinde (sırasıyla 1.48 ve 18.55 mmol kg<sup>-1</sup>) belirlenmiştir. Sonuç olarak, zarar gören fındık meyvelerindeki fenolikler, flavonoidler ve antioksidanlardaki artışın böcek kaynaklı biyotik strese karşı bitkinin doğal savunma mekanizmasından kaynaklandığı söylenebilir.

**Anahtar kelimeler:** Biyoaktif bileşikler, Böcek zararı, İstilacı, Kahverengi kokarca, Lekeli iç

### Effect on Total Phenolic, Total Flavonoid, and Antioxidant Activity in Hazelnut Kernels Damaged By Brown Marmorated Stink Bug, *Halyomorpha Halys* Stal (Hemiptera: Pentatomidae)

**Abstract:** This study was carried out to determine the changes in bioactive compounds in necrotic kernels of Palaz hazelnut (*Corylus avellana* L.) cultivar damaged by brown marmorated stink bug (BMSB), *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). For this purpose, total phenolics, total flavonoids and antioxidant activity were determined in healthy kernel (HK) (control), whole of damaged kernel (WDK), healthy part of damaged kernel (HPDK) and necrotic part of damaged kernel (NPDK). The total phenolics, total flavonoids and antioxidant activity of the hazelnut kernel injured by BMSB increased as compared with the HK. The highest total phenolics was determined in NPDK (1781.3 mg 100 g<sup>-1</sup>), while the lowest in HPDK and HK (130.1 and 275.4 mg 100 g<sup>-1</sup>, respectively). The highest total flavonoids were determined in NPDK (679.0 mg 100 g<sup>-1</sup>) compared to the HK (64.5 mg 100 g<sup>-1</sup>). According to DPPH and FRAP assays, the highest antioxidant activity was determined in NPDK (7.20 and 49.10 mmol kg<sup>-1</sup>, respectively), and the lowest in HK (1.48 and 18.55 mmol kg<sup>-1</sup>, respectively). As a conclusion, the increase in phenolics, flavonoids, and antioxidants in the injured kernel can be due to the plant's natural defense mechanism against biotic stress because of the insect.

**Keywords:** Bioactive compounds, Brown marmorated stink bug, Insect damage, Invasive, Necrotic kernel

\*Sorumlu yazar (Corresponding author): Sakarya University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, 54580, Sakarya, Türkiye

E mail: oguzozdemir@subu.edu.tr (İ. Ö. ÖZDEMİR)

Orhan KARAKAYA



<https://orcid.org/0000-0003-0783-3120>

İsmail Oğuz ÖZDEMİR



<https://orcid.org/0000-0001-9095-2109>

Umut ATEŞ



<https://orcid.org/0000-0002-8050-0616>

Burhan ÖZTÜRK



<https://orcid.org/0000-0002-0867-3942>

Mansur ULUCA



<https://orcid.org/0000-0001-9805-6464>

Celal TUNCER



<https://orcid.org/0000-0002-9014-8003>

Gönderi: 24 Eylül 2024

Kabul: 01 Kasım 2024

Yayınlanma: 15 Kasım 2024

Received: September 24, 2024

Accepted: November 01, 2024

Published: November 15, 2024

**Cite as:** Karakaya O, Özdemir İO, Ateş U, Öztürk B, Uluca M, Tuncer C. 2024. Effect on total phenolic, total flavonoid, and antioxidant activity in hazelnut kernels damaged by brown marmorated stink bug [*Halyomorpha halys* Stal (Hemiptera: Pentatomidae)]. BSJ Eng Sci, 7(6): 1321-1326.



## 1. Giriş

Pis kokulu böcekler (Hemiptera: Pentatomidae) dünya çapında 4700'den fazla türe sahip ve tarımsal açıdan önemli istilacı ve polifag zararlılarının bulunduğu bir gruptur (Panizzi ve ark., 2000; Grazia ve ark., 2015; Panizzi ve Lucini, 2017). Son yirmi yıl içinde dünya genelinde ve Türkiye'de hızla yayılan istilacı ve polifag bir zararlı olan kahverengi kokarca *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) bu gruptaki en önemli zararlıların başında gelmektedir ve 300'den fazla konukçusu ile pek çok kültür bitkisi için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır (Rice ve ark., 2014; Hamilton ve ark., 2018; Ak ve ark., 2019). Amerika, Avrupa, Afrika, Kafkasya ve Türkiye'de yayılış gösteren zararlı (EPPO, 2024), ülkemizde halihazırda yayılışı için ekolojik uygunluk gösteren potansiyel alanlardan Karadeniz Bölgesi sahil şeridi boyunca önemli bir popülasyon oluşturarak yayılışına devam etmektedir (Kistner, 2017; Özdemir ve Tuncer, 2021; Ak ve ark., 2023). Fındığın ana üretim alanlarının bulunduğu bu bölge ülkemiz dünya fındık üretiminin %62'sini gerçekleştirmekte ve bu üretim ile dünya ihracatının %75'ini karşılamaktadır (FAO, 2022). Dolayısıyla, yetiştiricilik açısından hâkim kültür bitkisinin fındık olduğu bu bölgede zararlı ciddi bir ekonomik tehdit oluşturmaktadır (Özdemir ve Tuncer, 2021). Dahası, son 10 yıl içerisinde ABD (Hedstrom ve ark., 2014), İtalya (Bosco ve ark., 2018), Gürcistan (Murvanidze ve ark., 2018) ve son olarak Türkiye (Özdemir ve Tuncer, 2021) fındık bahçelerinde yüksek bir popülasyon oluşturan böcek, fındık üretimi için küresel bir tehdit haline gelmiştir. Kahverengi kokarca tüm hayat döngüsünü fındıkta tamamlayabilmekte ve zararlının erginleri ve nimfleri farklı fenolojik dönemlerde fındık meyvelerini sokup emerek farklı tiplerde zarara sebep olmaktadır. Fındığın kabuk genişleme döneminde zararlının beslenmesi sonucu boş fındık, iç gelişim sırasında meydana gelen beslenme sonucu şekilsiz iç ve iç olgunlaşma/olgunluk aşamasındaki beslenme sonucu ise lekeli/nekrotik iç zararı ortaya çıkmaktadır (Hedstrom ve ark., 2014). Türkiye'de fındık bahçelerinde en dominant tür olan fındık yeşil kokarcası, *Palomena prasina* L. (Hemiptera: Pentatomidae) başta olmak üzere pis kokulu böceklerden kaynaklanan ortalama %7.44 lekeli iç zararına sebep olmaktadır (Ak ve ark., 2018). Ek olarak, kahverengi kokarcanın diğer pis kokulu böceklerle göre fındıkta daha yüksek üreme yeteneği ve beslenme aktivitesi nedeniyle daha yüksek bir oranda zarara sebep olduğu bilinmektedir (Bosco ve ark., 2018; Moraglio ve ark., 2018). Yukarıda da bahsedildiği üzere bu zararlar içerisinde özellikle lekeli iç zararı fındık kalitesini olumsuz etkilemekte ve hasat sonunda ek ayırma işlemi gerektirerek hem üreticilere ve hem de sanayicilere ek maliyetler oluşturmaktadır (Tuncer ve ark., 2005).

Pis kokulu böcekler, sokucu-emici ağız parçalarını kullanarak tükürük kılıflarını veya tükürük salgılarının konukçunun dokularına enjekte etmesiyle hücreleri parçalayarak konukçularından beslenmektedir (Lucini ve

Panizzi, 2018a, b). Dolayısıyla bu familyada zarar kapasitesi en yüksek böceklerden birisi olan kahverengi kokarcaya ait zarar semptomları, tükürük salgılarının bitki dokularında oluşturduğu doku yaraları, renk değişimleri ve hatta meyve bağlamama şeklinde zararlar ile karakterize edilmektedir (Peiffer ve Felton, 2014). Biyotik stres altındaki kültür bitkileri böceklerle karşı zararlı, kaçırıcı ve/veya beslenmeyi önleyici etkilere sahip terpenoidler, fenoller, antosiyaninler, kinonlar ve alkaloidler gibi çok çeşitli ikincil metabolitler üretir (War ve ark., 2012; Yactayo-Chang ve ark., 2020). Bitkilerin savunma kimyasalları normal bitki dokusu gelişimi sırasında bitkilerde bulunan önceden oluşturulmuş fenolikler ve herhangi bir zararlı böceğin verdiği zarara yanıt olarak sentezlenmeye başlanan fenolikler olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Bu bileşiklerin sentezi hasarlı dokuda oluşabileceği gibi bitkinin diğer organlarına da transfer edilebilir (Lattanzio ve ark., 2012; Yactayo-Chang ve ark., 2020). Bitkilerde fenoliklerin sentezlenmesini başlatan jasmonat yolu, kahverengi kokarcanın beslenmesi sırasında salgılanan tükürüğün jasmonatla tetiklenen genleri açığa çıkardığı ve bu yolu aktif hale getirerek fenolik içerikte artışa neden olduğu bildirilmiştir (Peiffer ve Felton, 2014). Fındık yeşil kokarcasının beslenmesi sonucu ortaya çıkan lekeli iç fındıkta (Turan, 2021; Özdemir ve ark., 2023a) ve kahverengi kokarcanın beslenmesi ile zarar gören maviyemişte (Zhou ve ark., 2016), çilekte (Weber ve ark., 2021) ve zeytinde (Ivancic ve ark., 2022) daha yüksek fenolik içerik rapor edilmiştir. Böcek zararı gibi biyotik stres faktörleri ile bitkilerdeki antioksidan aktivite arasında önemli bir ilişkinin varlığı (Reyes ve ark., 2007) ve fındıkta yeşil kokarca ve *Curculio nucum* L. (Coleoptera: Curculionidae) gibi çeşitli böceklerin zararının antioksidan enzim aktivitesini yükselttiği doğrulanmıştır (Özdemir ve ark., 2023a; Li ve ark., 2023). Türkiye'de yaygın olarak yetiştirilen Palaz fındık çeşidinin sadece kahverengi kokarca zararı sonucu ortaya çıkan kalite kaybının bireysel fenolikler ve yağ asitleri üzerine ayrıntılı analizleri yapılmış (Özdemir ve ark., 2023b) olup, haricinde herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada kahverengi kokarcanın beslenmesi sonucu meydana gelen lekeli ve sağlıklı iç fındıklardaki toplam fenolik, toplam flavonid ve antioksidan aktivitenin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Bitki materyali, lekeli içlerin elde edilmesi ve yetiştirme koşulları

Çalışmada Türkiye'de yaygın olarak yetiştirilen Palaz (*Corylus avellana* L.) fındık çeşidi kullanılmıştır.

Kahverengi kokarcanın sebep olduğu lekeli iç zararı bulunan fındıkları elde etmek amacıyla 12 yaşlı bir fındık bahçesinde yetiştirilen 'Palaz' çeşidinden 10 ocak seçildi ve her bir ocaktan en az 10 çotanak bulunan 2 dal seçilerek, 1 Mayıs 2022 tarihi itibarıyla 50×100 cm tül kafesler kullanılarak toplamda 20 adet dal kafeslenmiştir. Her bir ocağa asılan iki kafesten birisi kontrol yani böcek

salınmayan (sağlıklı iç/böceklerden zarar görmeyen iç fındık için 10 kafes) ve böcekli kafesler (lekeli iç fındıkların elde edilmesi için 10 kafes) olarak değerlendirilmiştir. 25 Haziran 2022'de lekeli iç fındıkları elde etmek amacıyla böcekli kafeslere 4 adet ergin kahverengi kokarca salınmıştır. Rize ili Ardeşen ilçesinde kafesler için seçilen meyve bahçesinden (41°13'47.82 K enlemi, 41°5'47.96 D boylamı ve 144 m) toplanarak kafeslere salınan ergin böcekler hasada kadar kafeslerde tutulmuştur (Özdemir ve ark., 2023b). Hasat sırasında (3 Ağustos) kafeslerdeki fındıklar elle toplanmış ve böcekli veya kontrol olarak etiketlenerek laboratuvara taşınmıştır.

## 2.2. İç Fındıkların Analize Hazırlanması

Laboratuvara taşınan fındıklar havalandırılmalı laboratuvar koşullarında  $25 \pm 1$  °C sıcaklıkta kuruması için tezgâh üzerine yerleştirilerek, 10 gün boyunca %60–70 nemde bekletilmiş ve elle zuruflarından ayrılmıştır. Numuneler kurutulduktan sonra (yaklaşık %6 nem) +4 °C'de analize kadar bekletilmiştir. İç fındıklar kontrol/sağlıklı iç (Sİ), lekeli iç fındığın tamamı (LİT), lekeli iç fındığın sağlıklı kısmı (LİS), lekeli iç fındığın nekrotik kısmı (LİN) olmak üzere 4 gruba ayrılmıştır. Biyoaktif bileşikleri belirlemek için her gruptan yaklaşık 50 g iç fındık elde edilmiştir. Fındık tanelerinin hedef kısımları neşterle kazınarak, bütün içler/hedef kısımlar analiz için steril tüplere yerleştirilmiştir. Hazırlanan numunelerde biyoaktif bileşikler olarak toplam fenolik, toplam flavonoid ve antioksidan aktivite belirlenmiştir.

## 2.3. Toplam Fenolik

Fındık örneklerinin toplam fenolik içeriği Folin-Ciocalteu kimyasalı kullanılarak belirlenmiştir. Hazırlanan stok çözeltilerden 600 µL alınarak üzerine 4 mL saf su, 100 µL Folin-Ciocalteu ve 300 µL sodyum karbonat ilave edilmiştir. Örneklerin absorbans değerleri spektrofotometrede (Shimadzu, Japonya) 760 nm dalga boyunda okunmuş ve mg 100 g<sup>-1</sup> olarak ifade edilmiştir (Yılmaz ve ark., 2019).

## 2.4. Toplam Flavonoid

Toplam flavonoid içeriği Chang ve ark. (2002)'nin bildirdiği metot modifiye edilerek belirlenmiştir. Hazırlanan stok çözeltilerden 1000 µL alınarak üzerine 3.3 mL metanol ilave edilmiştir. Daha sonra hazırlanan

çözeltinin üzerine 100'er µL sodyum asetat ve amonyum nitrat eklenmiştir. Numunelerin absorbans değerleri spektrofotometrede (Shimadzu, Japonya) 415 nm dalga boyunda okunmuş ve mg 100 g<sup>-1</sup> olarak ifade edilmiştir.

## 2.5. Antioksidan Aktivite

Fındık örneklerinin antioksidan aktivitesi DPPH ve FRAP yöntemlerine göre belirlenmiştir.

DPPH yöntemine göre antioksidan aktivitesi Blois (1958)'in metoduna göre tespit edilmiştir. Hazırlanan stok çözeltilerden 100 µL alınarak üzerine 2.9 mL etil alkol ve son hacim 4 mL olacak şekilde 0.26 mM DPPH çözeltisi ilave edilmiştir. Örneklerin absorbans değerleri spektrofotometrede (Shimadzu, Japonya) 517 nm dalga boyunda okunmuş ve mmol kg<sup>-1</sup> olarak ifade edilmiştir.

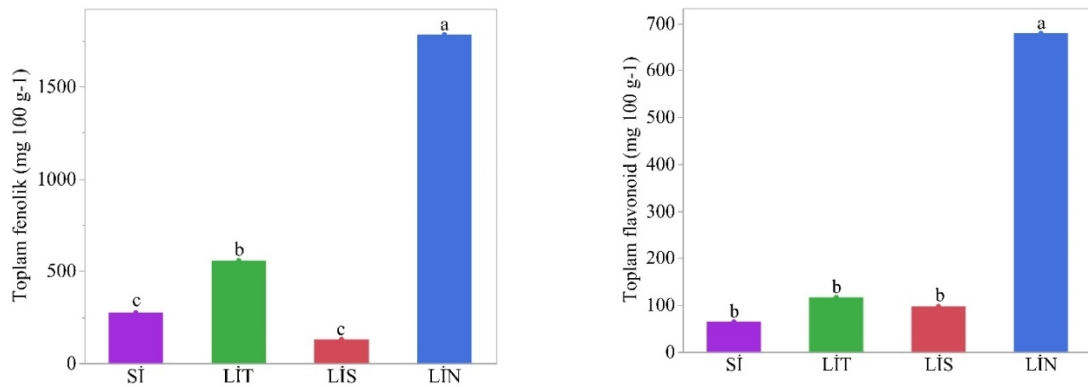
FRAP yöntemine göre antioksidan aktivitesi Benzie ve Strain (1996)'in rapor ettiği yöntemine göre belirlenmiştir. Hazırlanan stok çözeltilerden 40 µL alınarak üzerine 1.21 mL fosfat tamponu ve 1.25 mL potasyum ferrik siyanit ilave edilerek, 50°C'de 30 dk inkübasyona tabi tutulmuştur. Daha sonra hazırlanan çözeltinin üzerine 1.25 mL TCA ve 0.25 mL demir klorür eklenmiştir. Numunelerin absorbans değerleri spektrofotometrede (Shimadzu, Japonya) 700 nm dalga boyunda okunmuş ve mmol kg<sup>-1</sup> olarak ifade edilmiştir.

## 2.6. İstatistik Analiz

Veriler JMP 14.0 (deneme sürümü) istatistik paket programı kullanılarak analiz edilmiş ve ortalamalar arasındaki farklılıklar %5 önem seviyesinde Tukey çoklu karşılaştırma yöntemine göre belirlenmiştir.

## 3. Bulgular

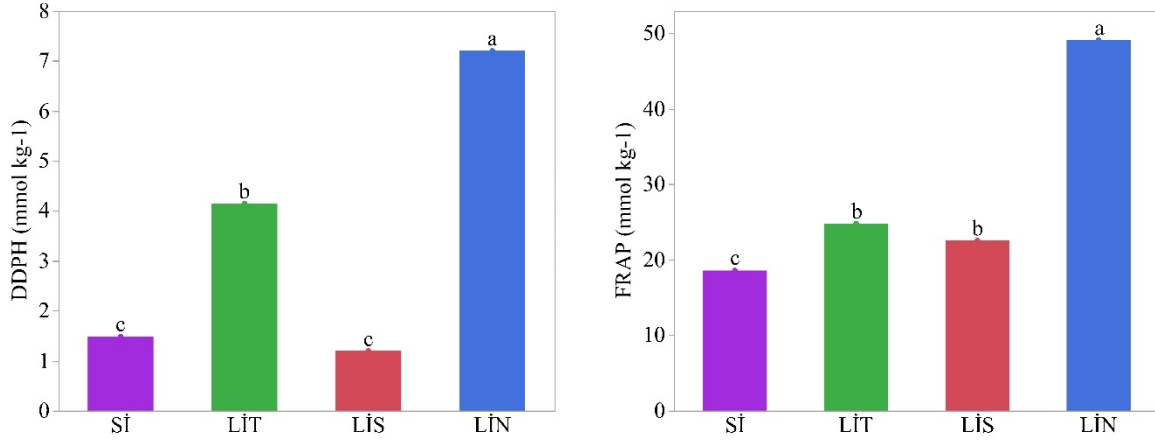
Toplam fenolik ve toplam flavonoid içerikleri üzerine kahverengi kokarcanın zararı önemli bulunmuştur ( $P < 0.05$ ). Sİ meyvelerine kıyasla kahverengi kokarca zararı olan meyvelerde fenolik ve flavonoid içerikleri artmıştır. En yüksek toplam fenolik LİN meyvelerinde (1781,3 mg 100 g<sup>-1</sup>) belirlenirken, en düşük LİS ve Sİ (sırasıyla 130,1 ve 275,4 mg 100 g<sup>-1</sup>) meyvelerinde tespit edilmiştir. En yüksek flavonoid içeriği LİN meyvelerinde (679,0 mg 100 g<sup>-1</sup>) belirlenmiştir. En düşük toplam flavonoid içeriği ise Sİ meyvelerinde tespit edilirken, LİS ve LİT meyveleri istatistiki olarak aynı grupta yer almıştır (Şekil 1).



**Şekil 1.** Palaz fındık çeşidinde sağlıklı ve böcek zararı olan meyvelerin toplam fenolik ve toplam falvonoid içerikleri. Sİ= sağlıklı iç; LİT= lekeli iç fındığın tamamı; LİS= lekeli iç fındığın sağlıklı kısmı; LİN= lekeli iç fındığın nekrotik kısmı.

Antioksidan aktivite üzerine kahverengi kokarcanın zararı önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Sİ meyvelerine kıyasla kahverengi kokarca zararı olan meyvelerde antioksidan aktivite önemli miktarda artmıştır. DPPH ve FRAP testlerine göre, en yüksek antioksidan aktivite LİN

meyvelerinde (sırasıyla 7,20 ve 49,10 mmol  $kg^{-1}$ ) belirlenmiştir. En düşük ise DPPH testine göre Sİ ve LİS meyvelerinde (sırasıyla 1,48 ve 1,20 mmol  $kg^{-1}$ ), FRAP testine göre ise Sİ meyvelerinde (18,55 mmol  $kg^{-1}$ ) tespit edilmiştir (Şekil 2).



**Şekil 2.** Palaz fındık çeşidinde sağlıklı ve böcek zararı olan meyvelerin antioksidan aktivitesi. Sİ= sağlıklı iç; LİT= lekeli iç fındığın tamamı; LİS= lekeli iç fındığın sağlıklı kısmı; LİN= lekeli iç fındığın nekrotik kısmı.

#### 4. Tartışma

Fındık, insan sağlığını teşvik eden fenolikler ve antioksidanların önemli bir kaynağıdır. Fındıkta bulunan bu bileşikler üzerine biyotik (böcek veya patojen saldırıları) (Memoli ve ark., 2017) ve abiyotik (düşük ve yüksek sıcaklık, kuraklık, ultraviyole ışıkları) (Tonkaz ve ark., 2019; Khavari ve ark., 2021; Karakaya, 2023) stres faktörlerinin yanında, genetik yapı, ekolojik koşullar, kültürel ve teknik uygulamalar (sulama, gübreleme, budama) (Balta ve ark., 2006; Karakaya ve ark., 2023) da etki etmektedir.

Tüm bitkilerde biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı savunma mekanizması olarak artan sekonder metabolitler (Yactayo-Chang ve ark., 2020) bitki zararlılarını olumsuz etkilemek, uzaklaştırmak veya kaçırmak için görev yapabilir. Nitekim, bitkiler strese karşı fenolik ve flavonoid sentezini artırarak böcekler üzerine etki etmekte ve bu sayede böceklerin meyveyle beslenmesini engellemeye çalışmaktadır (War ve ark., 2012; Adjei-Fremah ve ark., 2018; Weber ve ark., 2021). Pis kokulu böcekler meyvelerde beslenme sırasında bitki dokularını tahrip ederek, proteinleri tirozin, fenilalanin ve triptofan gibi fenolik bileşiklere parçalayan proteinazların salınımına yol açmakta ve fenolik bileşiklerin artmasına sebep olmaktadır (Buchanan ve ark., 2015). Mevcut çalışmada da kahverengi kokarca ile enfekte olmuş fındıklarda (LİT, LİS ve LİN) zarara karşı gösterilen reaksiyon sonucu sekonder metabolitlerden fenolik bileşiklerin sentezi artmıştır. Bu durum bitkilerde strese karşı gösterilen yaygın bir tepkidir (Kaur ve ark., 2017). Mevcut çalışmanın sonuçlarıyla uyumlu olarak, fındık yeşil kokarcasının zarar yaptığı meyvelerde sağlıklı meyvelere (kontrol) göre daha yüksek toplam fenolik içeriği bildirilmiştir (Turan, 2021). Benzer şekilde, maviyemiş (Zhou ve ark., 2016), çilek (Weber ve ark., 2021) ve zeytin (Ivancic ve ark., 2022) gibi meyve

türlerinde kahverengi kokarca zararı olan meyvelerde sağlıklı meyvelere (kontrol) göre daha yüksek toplam fenolik içeriği belirlenmiştir.

Flavonoidler bitkilerde savunma molekülleri olarak bilinirler (Soriano ve ark., 2004). Bitkide lezzeti etkileyen ve toksin görevi görebilen flavonoidler, emici böcekleri kaçırmak için zararlılara karşı koruduğu bildirilmektedir (Mierziak ve ark., 2014). Mısırdaki (*Zea mays*) yüksek miktarda bulunan flavonoidlerin *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Crambidae)'e karşı direnci artırdığı rapor edilmiştir (Yactayo-Chang ve ark., 2020). Yine, biberde kahverengi kokarca zararı olan meyvelerde yüksek flavonoid ve flavon içeriği belirlenmiştir (Zamljen ve ark., 2021). Benzer şekilde mevcut çalışmada da kahverengi kokarca zararı olan meyvelerde (LİT, LİS ve LİN) sağlıklı meyvelere (kontrol) göre daha yüksek flavonoid içeriği tespit edilmiştir.

Bitkilerde zarara neden olan biyotik stres faktörlerine karşı gösterilen tepkiyle antioksidan aktivite arasında güçlü bir ilişki vardır (Reyes ve ark., 2007). Mevcut çalışmada kahverengi kokarca zararı olan meyvelerde (LİT, LİS ve LİN), sağlıklı meyvelere (kontrol) göre daha yüksek antioksidan aktivite belirlenmiştir. Benzer şekilde zeytinde kahverengi kokarca zararı olan meyvelerde, sağlıklı meyvelere (kontrol) göre daha yüksek antioksidan aktivite bildirilmiştir (Ivancic ve ark., 2022). Bunun yanında, Palaz fındık çeşidinde fındık yeşil kokarcası zararı olan meyvelerde, sağlıklı meyvelere (kontrol) göre daha yüksek antioksidan enzim aktivitesi belirlenmiştir (Özdemir ve ark., 2023a). Fındık kurdu zararı olan 3 farklı fındık genotipinde de benzer sonuçlar kaydedilmiştir (Li ve ark., 2023). Böcek zararının olduğu meyvelerde yüksek antioksidan birikimi, zarar gören dokularda reaktif oksijen türlerinin proteinler, yağlar ve nükleik asitlere yönelik oksidatif zararı geciktirmesi ve önlemesiyle açıklanmaktadır (Arshiya, 2013).



## 5. Sonuç

Fındık meyvesinin toplam fenolik, toplam flavonoid ve antioksidan aktivitesi üzerine kahverengi kokarca zararının önemli bir etkisinin olduğu belirlenmiştir. Kahverengi kokarca zararı olan meyvelerde sekonder metabolitler önemli derecede artış göstermiştir. Sİ (sağlıklı iç/kontrol) meyvelerine kıyasla LİN (lekeli iç fındığın nekrotik kısmı) ve LİT (lekeli iç fındığın tamamı) meyvelerinde sırasıyla 6.5-2 kat toplam fenolik, 10.5-1.8 kat toplam flavonoid, 2.8-4.9 (DPPH testinde) ve 1.3-2.7 (FRAP testinde) kat antioksidan aktivitesi belirlenmiştir. Bu sonuçlar sekonder metabolitlerin bitki-böcek etkileşiminde önemli bir rol oynadığını göstermektedir.

## Katkı Oranı Beyanı

Yazarların katkı yüzdeleri aşağıda verilmiştir. Yazarlar makaleyi incelemiş ve onaylamıştır.

	O.K.	İ.O.Ö.	U.A.	B.Ö.	M.U.	C.T.
K	30	30	10	10	10	10
T	30	30	10	10	10	10
Y	30	30	5	15	10	10
VTI	30	20	25	10	5	10
VAY	30	30	25	5	5	5
KT	30	30	10	10	5	15
YZ	35	35	10	5	5	10
KI	30	30	10	10	10	10
GR	25	30	30	5	5	5
PY	30	30	10	10	10	10

K= kavram, T= tasarım, Y= yönetim, VTI= veri toplama ve/veya işleme, VAY= veri analizi ve/veya yorumlama, KT= kaynak tarama, YZ= Yazım, KI= kritik inceleme, GR= gönderim ve revizyon, PY= proje yönetimi.

## Çatışma Beyanı

Yazarlar bu çalışmada hiçbir çıkar ilişkisi olmadığını beyan etmektedirler.

## Etik Onay Beyanı

Bu çalışmada hayvanlar ve insanlar üzerinde herhangi bir çalışma yapılmadığı için etik kurul onayı alınmamıştır.

## Kaynaklar

Adjei-Fremah S, Jackai LE, Schimmel K, Worku M. 2018. Microarray analysis of the effect of Cowpea (*Vigna unguiculata*) phenolic extract in bovine peripheral blood. *J Appl Anim Res*, 46(1): 100-106.

Ak K, Tuncer C, Baltacı A, Eser Ü, Saruhan İ. 2018. Incidence and severity of stink bugs damage on kernels in Turkish hazelnut orchards. *Acta Hort*, 1226: 379-384.

Ak K, Uluca M, Aydin Ö, Gokturk T. 2019. Important invasive species and its pest status in Turkey: *Halyomorpha halys* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae). *J Plant Dis Prot*, 126(5): 401-408

Ak K, Uluca M, Tunçer C. 2023. Distribution and population density of *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) (Hemiptera:

Pentatomidae) in Black Sea Region of Türkiye. *Turk J Zool*, 47(2): 120-129.

Arshiya S. 2013. The antioxidant effect of certain fruits. *Int J Pharm Sci Res*, 5(12): 265-268.

Balta MF, Yarılgaç T, Aşkın MA, Kuçuk M, Balta F, Özrenk K. 2006. Determination of fatty acid compositions, oil contents and some quality traits of hazelnut genetic resources grown in eastern Anatolia of Turkey. *J Food Compos Anal*, 19(6-7): 681-686.

Benzie IF, Strain JJ. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Anal Biochem*, 239(1): 70-76.

Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181: 1199-1200.

Bosco L, Moraglio ST, Tavella L. 2018. *Halyomorpha halys*, a serious threat for hazelnut in newly invaded areas. *J Pest Sci*, 91(2): 661-670.

Buchanan BB, Gruissem W, Jones RL. 2015. *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*. John Wiley & Sons, London, UK, 2nd ed., pp: 1132.

Chang CC, Yang MH, Wen HM, Chern JC. 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *J Food Drug Anal*, 10(3): 165.

EPPO, 2024. European and Mediterranean Plant Protection Organization. *Halyomorpha halys* (HALYHA): URL: <https://gd.eppo.int/taxon/HALYHA/distribution> (accessed date: May 27, 2024).

FAO, 2022. Food and agriculture organization statistics. Hazelnut production statistics. Retrieved March 7, 2023 from: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (accessed date: May 27, 2024).

Grazia J, Panizzi AR, Greve C, Schwertner CF, Campos LA, de A. Garbelotto T, Fernandes JAM. 2015. Stink bugs (Pentatomidae): True bugs (Heteroptera) of the neotropics. *Entomology in Focus*, vol 2. Springer, Dordrecht, New York, USA, pp: 681-756.

Hamilton GC, Ahn JJ, Bu W, Leskey TC, Nielsen AL, Park YL, Rabitsch W, Hoelmer KA. 2018. *Halyomorpha halys* (Stål). McPherson, J. E. (ed.): in: *Invasive Stink Bugs and Related Species* (Pentatomidae) (s. 243-293): Boca Raton, Florida, USA, pp: 165.

Hedstrom CS, Shearer PW, Miller JC, Walton VM. 2014. The effects of kernel feeding by *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) on commercial hazelnuts. *J Econ Entomol*, 107(5): 1858-1865.

Ivancic T, Grohar MC, Jakopic J, Veberic R, Hudina M. 2022. Effect of brown marmorated stink bug (*Halyomorpha halys* Stål.) infestation on the phenolic response and quality of olive fruits (*Olea europaea* L.). *Agronomy*, 12(9): 2200.

Karakaya O, Yaman İ, Kırkaya H, Uzun S, Kaya T, Balta MF. 2023. Effect of Cluster Drop Intensity on Nut Traits, Biochemical Properties, and Fatty Acids Composition in the 'Çakıldak' Hazelnut Cultivar. *Erwerbs-Obstbau*, 65(4): 785-793.

Karakaya O. 2023. The intensity of cluster drop affects bioactive compounds and fatty acids composition in hazelnut. *Grasas y Aceites*, 74(1): e487.

Kaur H, Salh PK, Singh B. 2017. Role of defense enzymes and phenolics in resistance of wheat crop (*Triticum aestivum* L.) towards aphid complex. *J Plant Interact*, 12(1): 304-311.

Khavari M, Fatahi R, Zamani Z. 2021. Salicylic acid and kaolin effects on pomological, physiological, and phytochemical characters of hazelnut (*Corylus avellana*) at warm summer condition. *Sci Rep*, 11(1): 4568.

Kistner EJ. 2017. Climate change impacts on the potential distribution and abundance of the brown marmorated stink

- bug (Hemiptera: Pentatomidae) with special reference to North America and Europe. *Environ Entomol*, 46(6): 1212-1224.
- Lattanzio V, Cardinali A, Linsalata V. 2012. Plant phenolics: a biochemical and physiological perspective. *Recent Adv Polyphenol Res*, 3: 1-39.
- Li X, Xiu D, Huang J, Yu B, Jia S, Song L. 2023. Nutshell Physicochemical Characteristics of Different Hazel Cultivars and Their Defensive Activity toward *Curculio nucum* (Coleoptera: Curculionidae). *Forests*, 14(2): 319.
- Lucini T, Panizzi AR. 2018a. Electropetrography (EPG): a breakthrough tool unveiling stink bug (Pentatomidae) feeding on plants. *Neo Entomol*, 47(1): 6-18.
- Lucini T, Panizzi AR. 2018b. Electropetrography monitoring of the neotropical brown-stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) on soybean pods: an electrical penetration graph-histology analysis. *J Insect Sci*, 18(6): 5.
- Memoli A, Albanese D, Esti M, Lombardelli C, Crescitelli A, Di Matteo M, Benucci I. 2017. Effect of bug damage and mold contamination on fatty acids and sterols of hazelnut oil. *Eur Food Res Technol*, 243: 651-658.
- Mierziak J, Kostyn K, Kulma A. 2014. Flavonoids as important molecules of plant interactions with the environment. *Molecules*, 19(10): 16240-16265.
- Moraglio ST, Bosco L, Tavella L. 2018. *Halyomorpha halys* invasion: a new issue for hazelnut crop in northwestern Italy and western Georgia? *Acta Hortic*, (1226): 379-384.
- Murvanidze M, Krawczyk G, Inasaridze N, Dekanoidze L, Samsonadze N, Macharashvili M, Khutsishvili S, Shengelaia S. 2018. Preliminary data on the biology of brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Hemiptera, Pentatomidae) in Georgia. *Turk J Zool*, 42(6): 617-624.
- Özdemir İO, Tuncer C. 2021. Türkiye'de yeni bir istilacı polifag zararlı, kahverengi kokarca [*Halyomorpha halys* (Stål, 1855) (Hemiptera: Pentatomidae)]: tanımı, benzer türler ve mevcut durum. *BSJ Eng Sci*, 4(2): 58-67.
- Özdemir İO, Tuncer C, Solmaz FG, Öztürk B. 2023a. The impact of green shield bug (*Palomena prasina* [Hemiptera: Pentatomidae]) infestation on antioxidant enzyme activities in hazelnut (*Corylus avellana* L. cvs. "Tombul," "Palaz" and "Çakıldak"): *Erwerbs-Obstbau*, 2023: 1-7.
- Özdemir İO, Karakaya O, Ates U, Öztürk B, Uluca M, Tuncer C. 2023b. Characterization of hazelnut kernel responses to brown marmorated stink bug [*Halyomorpha halys* Stal (Hemiptera: Pentatomidae)] infestations: Changes in bioactive compounds and fatty acid composition. *J Food Compos Anal*, 124: 105696.
- Panizzi AR, McPherson JE, James DG, Javahery M, McPherson RM. 2000. Stink bugs (Pentatomidae): In *Heteroptera of Economic Importance*, CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 1st ed., pp: 421-474.
- Panizzi AR, Lucini T. 2017. Host plant-stink bug (Pentatomidae) relationships. In *Stinkbugs*, CRC Press, New York, USA, pp: 31-58.
- Peiffer M, Felton GW. 2014. Insights into the saliva of the brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae): *PloS one*, 9(2): e88483.
- Reyes LF, Villarreal JE, Cisneros-Zevallos L. 2007. The increase in antioxidant capacity after wounding depends on the type of fruit or vegetable tissue. *Food Chem*, 101(3): 1254-1262.
- Rice KB, Bergh CJ, Bergmann EJ, Biddinger DJ, Dieckhoff C, Dively G, Fraser H, Garipey T, Hamilton G, Haye T, Herbert A, Hoelmer K, Hooks CR, Jones A, Krawczyk G, Kuhar T, Martinson H, Mitchell W, Nielsen AL, Pfeiffer DG, Raupp MJ, Rodriguez-Saona C, Shearer P, Shrewsbury P, Venugopal PD, Whalen J, Wiman NG, Leskey TC, Tooker, J. F. 2014. Biology, ecology, and management of brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae). *J Integr Pest Manag*, 5(3): A1-A13.
- Soriano IR, Asenstorfer RE, Schmidt O, Riley IT. 2004. Inducible flavone in oats (*Avena sativa*) is a novel defense against plant-parasitic nematodes. *Phytopathology*, 94(11): 1207-1214.
- Tonkaz T, Şahin S, Bostan SZ, Korkmaz K. 2019. Effect of supplementary irrigation on total antioxidant capacity and phenolic content of hazelnut. *AZD*, 8(Özel Sayı): 79-84.
- Tuncer C, Saruhan I, Akca I. 2005. The insect pest problem affecting hazelnut kernel quality in Turkey. *Acta Hortic*, (686): 367-375.
- Turan A. 2021. Effect of the damages caused by the green shield bug (*Palomena prasina* L.) on the qualitative traits of hazelnuts. *Grasas y Aceites*, 72(1): e391.
- War AR, Paulraj MG, Ahmad T, Buhroo AA, Hussain B, Ignacimuthu S, Sharma HC. 2012. Mechanisms of plant defense against insect herbivores. *Plant Signal Behav*, 7(10): 1306-1320.
- Weber NC, Razinger J, Jakopič J, Schmitzer V, Hudina M, Slatnar A, Veberič R, Štampar F, Zamljen, T. 2021. Brown Marmorated Stink Bug (*Halyomorpha halys* Stål.) Attack Induces a Metabolic Response in Strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) Fruit. *Horticulturae*, 7(12): 561.
- Yactayo-Chang JP, Tang HV, Mendoza J, Christensen SA, Block AK. 2020. Plant defense chemicals against insect pests. *Agronomy*, 10(8): 1156.
- Yılmaz M, Karakaya O, Balta MF, Balta F, Yaman İ. 2019 Change of biochemical characteristics depending on kernel size in Çakıldak hazelnut cultivar. *AZD*, 8: 61-70.
- Zamljen T, Veberic R, Hudina M, Slatnar A. 2021. The brown marmorated stink bug (*Halyomorpha halys* Stål.) influences pungent and non-pungent Capsicum cultivars' pre-and post-harvest quality. *Agronomy*, 11(11): 2252.
- Zhou Y, Giusti MM, Parker J, Salamanca J, Rodriguez-Saona C. 2016. Frugivory by brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) alters blueberry fruit chemistry and preference by conspecifics. *Environ Entomol*, 45(5): 1227-1234.