

Morio Kurdunun (*Zophobas morio*) Besin İçeriğinin Aydınlatılması ve Un İkamesi Olarak Kullanımının Eriştenin Fiziksel, Kimyasal ve Duyusal Özellikleri Üzerine Etkisi

Selen SEYHAN ¹ , Emine NAKİLCİOĞLU ^{1*} 

¹ Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 35040, İzmir, Türkiye

Sorumlu Yazar/Corresponding Author
E-mail: emine.nakilcioglu@ege.edu.tr

Araştırma Makalesi/Research Article
Geliş Tarihi/Received: 04.06.2025
Kabul Tarihi/Accepted: 16.09.2025

Öz

Bu çalışmada, yenilebilir böceklerden olan Morio kurtlarının besinsel özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca geleneksel formülasyonla üretilmiş erişte (KE) ile Morio kurtlarının %20 oranında un ikamesi olarak erişte formülasyonuna ilavesiyle elde edilen eriştelerin (ME) bazı besinsel ve kalite özellikleri incelenmiştir. Morio kurdunun zengin toplam fenolik madde (134,35 mg GAE/100 g KM), protein (%45,95), yağ (%37,28) ve toplam amino asit miktarına (25,81 g/100 g), yağ asidi profiline ve antioksidan aktiviteye (ABTS için 4,75 µmol TE/100 g KM ve DPPH için 6,73 µmol TE/100 g KM) sahip olduğu belirlenmiştir. ME örneğinin protein (%6,94), yağ (%16,83), mineral madde, toplam amino asit (15,12 g/100 g), yağ asitleri, toplam fenolik madde (120,36 mg GAE/100 g KM) ve antioksidan aktivite (ABTS için 1,80 µmol TE/100 g KM ve DPPH için 3,05 µmol TE/100 g KM) bakımından zengin olduğu ve KE örneğine kıyasla daha yüksek besin değerine sahip olduğu gözlemlenmiştir ($p<0,05$). KE örneğine göre su absorpsiyonu daha düşük, hacim artışı ise daha yüksek olan, daha koyu renge sahip bir erişte elde edilmiştir. ME örneğinin, pişme süresi ve pişme kaybı yüksek olmasına rağmen sertliği daha düşüktür. Duyusal analiz sonuçlarına göre ise ME örneği ile KE örneği arasında araştırılan tüm özellikler (homojen yapı hariç ($p<0,05$)) bakımından istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir ($p>0,05$). Bu durum, Morio kurdu ikameli eriştelerin tüketici tarafından beğenildiğini göstermektedir. Bu çalışma, besin değeri artırılmış yeni bir ürünün unlu mamuller sektörüne kazandırılabilirliğini ve Morio kurdunun gıda sanayinde kullanım potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Keywords: Erişte, morio kurdu, protein içeriği, yenilebilir böcekler, *Zophobas morio*.

Revealing the Nutritional Content of Morio Worm (*Zophobas morio*) and the Effect of Its Use as a Flour Substitute on the Physical, Chemical and Sensory Properties of Noodles

Abstract

In this study, the nutritional properties of Morio worms were determined. Furthermore, the nutritional and quality characteristics of two noodle variants were investigated: one produced using a traditional formulation (KE) and another where 20% of the noodle flour was substituted with Morio worm powder (ME). The analysis revealed that Morio worms are rich in total polyphenols (134.35 mg GAE/100 g DW), protein (45.95%), fat (37.28%), and total amino acids (25.81 g/100 g). They also possess a favorable fatty acid profile and demonstrated antioxidant activity (4.75 µmol TE/100 g DW for ABTS and 6.73 µmol TE/100 g DW for DPPH). It was observed that ME was rich in protein (6.94%), fat (16.83%), minerals, total polyphenols (120.36 mg GAE/100 g DW), total amino acid (15.12 g/100 g) and fatty acids, and antioxidant activity (1.80 µmol TE/100 g DW for ABTS and 3.05 µmol TE/100 g DW for DPPH) and had a higher nutritional value compared to KE ($p<0.05$). A darker coloured noodle with lower water absorption and higher volume was obtained. Although ME had higher cooking time and cooking loss, it was a lower hardness product. According to sensory analysis, no statistically significant difference was between ME and KE in terms of investigated properties (except for homogeneous structure ($p<0.05$)) ($p>0.05$). This shows that noodles with Morio worm are liked by the consumer. This study reveals that a new product with increased nutritional value can be introduced to the bakery industry and that the Morio worm has the potential to be used in the food industry.

Anahtar Kelimeler: Edible insects, morio worm, noodle, protein content, *Zophobas morio*.

Cite as;

Seyhan, S., ve Nakilcioglu, E. (2025). Morio kurdunun (*Zophobas morio*) besin içeriğinin aydınlatılması ve un ikamesi olarak kullanımının eriştenin fiziksel, kimyasal ve duyusal özellikleri üzerine etkisi. *Recep Tayyip Erdogan University Journal of Science and Engineering*, 6(3), 956-975. Doi. 10.53501/rteufemud.1713395

1. Giriş

İklim değişikliği, nüfus artışı ve yükselen deniz seviyeleri gibi faktörler, sürdürülebilir gıda alternatiflerine olan ihtiyacı önemli ölçüde artırmaktadır. Ayrıca, doğal kaynakların tükenmesi, hayvan refahıyla ilgili endişeler ve hayvancılıkla ilgili zorluklar gıda kaynaklı mikrobiyolojik kontaminasyonlarla karşı karşıya kalma, zoonotik hastalıkların yayılması ve antibiyotiğe dirençli bakterilerin gelişimi gibi halk sağlığı için ciddi riskler oluşturmaktadır (Jones vd., 2008; Scallan vd., 2011; Van Boeckel vd., 2015; Kumar vd., 2023). Bilimsel araştırmalar ise sürdürülebilir tarımsal ve hayvansal üretimi sağlamak için gelişmiş ülkelerde toplam et tüketiminin azaltılmasını savunmaktadır (Bryant vd., 2019; Kumar vd., 2023). Bu çerçevede, yenilebilir böceklerin üretimi ve tüketimi önemli bir araştırma konusu olarak ortaya çıkmıştır (Kumar vd., 2023).

Sürdürülebilirlik açısından bakıldığında, yenilebilir böcekler belirli organik ve inorganik atıkları yem olarak kullanma avantajı sunmaktadır. Böcek yetiştiriciliğinde gıda atıklarının kullanılması, sürdürülebilir gıda değer zinciri için oldukça önemlidir (Ojha vd., 2020; Lange ve Nakamura, 2023). Ayrıca, böcek yetiştiriciliği geleneksel hayvancılığa göre daha az suya gereksinim duymaktadır. Sığır ve domuz gibi çiftlik hayvanlarına kıyasla daha düşük amonyak ve sera gazı yaymaktadır (Tilman vd., 2002; Fiala, 2008; Lange ve Nakamura, 2023). Daha az karbondioksit, metan ve nitröz oksit emisyonuna yol açmaktadır (Lange ve Nakamura, 2023).

Besinsel olarak incelendiklerinde ise yenilebilir böcekler protein, yağ, vitamin, mineral ve lif açısından zengindirler (Ma vd., 2023). Böcek proteinleri, fıstık ve mercimek gibi bitkisel proteinlerden (yaklaşık %52) daha yüksek sindirilebilirlik özelliği (yaklaşık %76-98) sergilemektedir. Ancak sığır eti (%89) ve yumurta akı (%100) gibi hayvansal proteinlere kıyasla biraz daha az sindirilebilir oldukları bilinmektedir (Gravel ve Doyen, 2020; Ma vd., 2023). FAO/WHO'ya göre böcek proteinleri, yeterli

düzeyde lizin, metiyonin, treonin ve fenilalanin sağlayarak esansiyel amino asit gereksinimini karşılayabilir (Ma vd., 2023). Ayrıca böcek peptitleri antihipertansif, antidiyabetik ve antioksidan etkiler de dahil olmak üzere sahip oldukları çeşitli biyoaktivitelerle dikkat çekmektedir. Ancak, böcek türlerinin besin içerikleri, çevresel koşullara, beslenme şartlarına ve işleme koşullarına bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir (da Silva Lucas vd., 2020).

Yenilebilir böcek türleri arasında yer alan Morio kurtları, yetiştirilme kolaylığı ve düşük üretim maliyeti nedeniyle öne çıkmaktadır (Rumbos ve Athanassiou, 2021). Morio kurtları (*Zophobas morio*), kın kanatlılar (Coleoptera) takımına ve Tenebrionidae familyasına ait bir böcek türüdür. Bu böcekler yaşam döngüleri boyunca yumurta, larva, pupa ve yetişkin aşamalarından geçer ve buğday unu, yulaf, patates ve havuç gibi gıdalarla beslenirler. Genellikle 25°C sıcaklık ve %60 nemde optimum gelişim gösterirler (Rumbos ve Athanassiou, 2021). Doğada zor çözünen veya mikroplastiklere dönüşerek ekosisteme zarar veren polistiren, polivinil klorür ve polilaktit gibi maddeleri sindirebilme yetenekleri, sürdürülebilirlik konusundaki çekiciliklerini daha da artırmaktadır (Zielińska vd., 2021b). Morio kurtları %35-54 protein ve %36-49 yağ içerirler. Doymuş ve tekli doymamış yağ asitleri açısından da zengindirler. Yetişkin formları larva formlarına kıyasla daha yüksek protein, lif ve kül içeriğine sahiptir. Yapılan araştırmalar Morio kurtlarının besin içeriklerinin yetiştirme koşullarına bağlı olarak değişiklik gösterdiğini ortaya koymuştur (Orkus, 2021; Dragojlović vd., 2022).

Erişte ise, keşfi MÖ 5000'lere kadar dayanan temel gıdalardan biridir (Keskin ve Evlice, 2022). Çin'in Shanxis köyünden ticaret yoluyla tüm dünyaya yayılmıştır (Hou, 2001). Geleneksel olarak un, su ve tuz kullanılarak üretilen eriştelere, hamurun kesilmesi, dinlendirilmesi ve kurutulmasıyla hazırlanır (Keskin ve Evlice, 2022). Düşük maliyeti, kolay erişilebilirliği ve iyi bir enerji kaynağı olması nedeniyle erişte hem dünya çapında hem de Türkiye'de yaygın olarak

tüketilmektedir (Bayrakcı, 2024). Eriştenin besinsel profilini geliştirmek için çeşitli gıda/gıda bileşenleriyle zenginleştirilmesi konusunda çalışmalar bulunmaktadır (Keskin ve Evlice, 2022).

Yenilebilir böceklerin kullanımıyla besleyici ve fonksiyonel gıda ürünlerini geliştirmenin önemi gün geçtikçe artmaktadır. Literatürde, Kısa (2019) ve Çabuk ve Yılmaz (2020)'ın erişteye un kurdu (*Tenebrio Molitor*) ve çekirge (*Locusta migratoria*) ilave ettikleri, Carcea (2020) ve Pasini vd. (2022)'nın makarnaya cırcır böceği (ev kriketi) (*Acheta domesticus*) ekledikleri ve Biró vd. (2019)'nın makarnada ipek böceği (*Bombyx mori*) kullandıklarına dair bazı çalışmalar bulunmaktadır. Fakat Morio kurdu ikamesi içeren eriştelerin besinsel ve kalite özelliklerini inceleyen herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışma Morio kurdunun alternatif bir protein kaynağı olarak eriştelerde kullanım potansiyelini vurgulaması bakımından önemlidir. Morio kurdu, kültürel önyargıları azaltmak ve tüketici kabulünü artırmak amacıyla, erişte formülasyonuna öğütülmüş formda un ikamesi olarak ilave edilmiştir. Erişte ise düşük protein içeriği ve model gıda olarak kullanılabilme özelliği nedeniyle tercih edilmiştir.

Bu çalışmada, protein içeriği yüksek olan Morio kurdunun (*Zophobas morio*) erişte formülasyonunda un ikamesi olarak kullanımı incelenmiştir. Bu çalışmanın amacı Morio kurdunun besin içeriğini ortaya koymak ve geleneksel formülasyonla üretilen eriştelerin ve %20 oranında Morio kurdu ikamesi içeren eriştelerinin bazı fiziksel, kimyasal ve duyuşal özelliklerini incelemektir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Morio kurdu (*Zophobas morio*) Mira Canlı Hayvan Böcek Turizm İnşaat Tarım Sanayi A.Ş.'den satın alınmıştır (Antalya, Türkiye). Larva aşamasındaki Morio kurtları silindirik ve segmentli yapıda, parlak koyu kahverengi-siyah renkte ve yaklaşık 50-55 mm uzunlukta idi.

Formülasyona dahil edilmeden önce, 60°C' de 9 saat boyunca tepsili kurutucu kullanılarak kurutulmuştur (Eksis, Türkiye). Daha sonra 4 bıçaklı öğütücü ile öğütülmüştür (Arzum, Türkiye). Kilitli alüminyum torbalarda -18°C'de muhafaza edilmiştir. Eriştelerde kullanılan buğday unu, tuz ve yumurta yerel marketlerden satın alınmıştır (İzmir, Türkiye).

2.2. Eriştelerin Hazırlanması

Erişteler, Demir vd. (2021) tarafından belirlenen yöntemle göre hazırlanmıştır. Buğday unu, %20 oranında Morio kurdu ile ikame edilmiştir. Kontrol eriştesi (KE) 300 g buğday unu, 120 ml su, 60 g yumurta ve 1,5 g tuz ile hazırlanmıştır. Morio kurdu ile zenginleştirilmiş erişte (ME) ise 238,97 g buğday unu, 61,03 g (%20) öğütülmüş Morio kurdu, 144,6 ml (%40) su, 60 g yumurta ve 1,5 g tuzdan oluşmuştur. Hammaddeler bir yoğurucuda (Robert Bosch GmbH, Almanya) yoğrulmuştur (KE: 8 dk., ME: 10 dk.). Yoğurma işleminden sonra hamur 3 parçaya bölünmüş ve 15 dk dinlenmeye bırakılmıştır. Daha sonra erişteler, erişte inceltme ve kesme makinesinde (Tuğra Çelik Erişte Makinesi, Türkiye) 2 mm kalınlığa (3 aşamalı inceltme) ve 4 cm uzunluğa kadar işlenmiştir. Geleneksel yöntemle (48 saat) kurutulan erişteler, kilitli alüminyum polietilen torbalarda (4°C) saklanmıştır.

2.3. Bileşim Analizi

KE, ME ve Morio kurtlarının nem içerikleri AOAC 44.40 yöntemine (AACC, 2000), kül içerikleri AOAC 923.03 yöntemine (AOAC, 2007), protein içerikleri Dumas yöntemine (AACC, 2000) ve yağ içerikleri Soxhlet yöntemine (AOAC, 2007) göre belirlenmiştir. Toplam karbonhidrat içeriği hesaplanmıştır (1) (AOAC, 2007). Örneklerin enerjisi, her bir bileşenin spesifik kalori değerlerinden hesaplanmıştır (2) (Schakel vd., 2009).

$$\% \text{ Toplam karbonhidrat} = 100 - (\% \text{ nem} + \% \text{ kül} + \% \text{ protein} + \% \text{ yağ}) \quad (1)$$

$$\text{Enerji (kcal/100g)} = 4 * (\% \text{ karbonhidrat} + \% \text{ protein}) + 9 * (\% \text{ yağ}) \quad (2)$$

2.4. Mineral Madde Tayini

Kuru yakma için 2,5 g örnekten elde edilen küller kullanılmıştır. Örnekler 2 ml 6 N HCl ile 3 kez muamele edilmiş ve beyaz bant filtre kağıdından süzölmüştür. Filtre kağıtları 3 ml ultra saf su ile 3 kez yıkanmıştır. Elde edilen süzöntü, ultra saf su ile 25 ml'ye tamamlanmıştır (Lopez vd., 2008). KE, ME ve morio kurtlarındaki Fe, Ca, Mg, Na ve K minerallerinin miktarı, Alev İyonlaştırıcı İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi yardımıyla belirlenmiştir (ICP-OES, Thermo Fischer Scientific, ABD).

2.5. Yağ Asidi Tayini

KE, ME ve Morio kurtlarının yağ asitleri bileşimleri hekzan ile soğuk pres ekstraksiyonu ile ekstrakte edilmiştir. Metil esterleri içeren süpernatant 2 M potasyum hidroksitli metanol ile oluşturulmuştur. Yağ asidi kompozisyonu analizi, kapiler kolon (Agilent SP-2380) içeren alev iyonizasyon dedektörü ile donatılmış bir gaz kromatografisi (Agilent, 7820A) ile gerçekleştirilmiştir. Örnek, 50:1 split oranında enjekte edilmiştir (1µl). Enjektör ve dedektör sıcaklıkları 250°C 'ye ayarlanmıştır. Kolon fırını sıcaklığı ilk 8 dk boyunca 165°C 'de sabit tutulmuştur. Sıcaklık programı, kolon sıcaklığı 2°C/dk artışla 210°C 'ye kadar yükselecek şekilde ayarlanmıştır. Tek bir yağ asidi esterinin pik alanı, toplam pik alanlarının yüzdesi olarak belirlenmiştir (AOCS, 2017).

2.6. Toplam Polifenol İçeriği, DPPH ve ABTS Radikal Süpürme Aktiviteleri

Polifenol ekstraksiyonu, Garcia-Salas vd. (2010)'un yöntemine göre gerçekleştirilmiştir. 5 g örnek üzerine 10 ml %80 (v/v) metanol eklenmiştir. Polifenoller çalkalamalı su banyosunda 60 dk süreyle 50°C'de ekstrakte edilmiştir. Daha sonra 4°C'de 15 dk boyunca 2934 g-kuvveti (4000 rpm)'nde santrifüjleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen ekstrakt, KE, ME ve Morio kurtlarının toplam polifenol içeriklerini ve antioksidan aktivitelerini belirlemek için kullanılmıştır.

Toplam polifenol içerikleri Heimler vd. (2006) tarafından uygulanan Folin-Ciocalteu yönteminin modifikasyonu ile belirlenmiştir. 50 µl ekstrakt üzerine 3 ml ultra saf su ve 250 µl Folin-Ciocalteu reaktifi eklenmiştir. Daha sonra 750 µl %7'lik Na₂CO₃ çözeltisi ilave edilmiş ve 8 dk bekletilmiştir. Daha sonra 950 µl ultra saf su eklenmiştir. 2 saat oda sıcaklığında ve karanlıkta bekletildikten sonra absorbansları, UV-vis spektrometrede (Agilent Cary 60, ABD) 765 nm'de belirlenmiştir. Sonuçlar mg gallik asit eşdeğeri/g olarak verilmiştir.

Örneklerin DPPH radikaline karşı süpürme aktiviteleri, Rapisarda vd. (2008) ve Saija vd. (2010) tarafından kullanılan modifiye DPPH yönteminin kullanımıyla ortaya konulmuştur. 25, 50 ve 75 µl örnek ekstraktlarına 1950 µl 100 µM DPPH çözeltisi eklenmiştir. Karışım karanlıkta 20 dk bekletilmiş ve absorbansı 517 nm'de ölçölmüştür. Örneklerin antioksidan içerikleri, kontrol örneğine göre inhibisyondaki yüzde azalma olarak belirlenmiştir (3). Örneklerin DPPH radikal süpürme aktiviteleri, mg troloks eşdeğeri (TEAC)/100 g kuru madde (KM) örnek olarak ifade edilmiştir.

$$\% \text{ İnhibisyon} = \frac{A_0 - A_x}{A_0} \quad (3)$$

A₀: DPPH absorbansı

A_x: Örnek absorbansı

ABTS denemesi TEAC (Trolox eşdeğeri antioksidan kapasite) yöntemine dayanmaktadır (Re vd., 1999). ABTS çözeltisinin hazırlanması için 7 mM ABTS ve 2,45 mM potasyum persülfat karıştırılmış ve 12-16 saat karanlıkta bekletilmiştir. Analizden önce hazırlanan ABTS çözeltisi 734 nm'de 0,70 ± 0,2 absorbans değeri verecek şekilde etanol ile karıştırılmıştır. 40 µl örnek ekstraktına 3960 µl ABTS⁺ eklenmiştir. Karanlıkta 0. ve 6. dk'daki absorbans değerleri 734 nm'de tespit edilmiştir. Örneklerin antioksidan içerikleri, mg troloks eşdeğeri (TEAC)/100 g kuru madde (KM) örnek olarak ifade edilmiştir.

2.7. Amino Asit Tayini

0,1 g örnek üzerine sırasıyla 5 ml 6 N HCl, 250 µl 2 mM fenol ve 0,1 g Na₂SO₃ ilave edilmiştir. 110°C'lik etüvde 24 saat bekletilmesinin ardından çözeltinin pH'ı 5 N NaOH ile 6,7 – 7,3 aralığına ayarlanmıştır. Toplam hacim 25 ml' ye su ile tamamlanmış ve 2934 g-kuvveti (4000 rpm)'nde 5 dk santrifüj edilmiştir. Filtre edilen ekstrakt, Zorbax Eclipse AAA (15 cm x 4,6 mm x 3,5 µm) kolon içeren HPLC-FLD (Shimadzu Nexara XR, Japonya) sistemine enjekte edilmiştir. Enjeksiyon hacmi 9 µl/dk, kolon sıcaklığı 40°C ve kullanılan mobil fazlar 40 mM NaH₂PO₄.2H₂O:su (pH =7,8) ve asetonitril: MeOH:su (45:45:10)'dur. Akış hızı 1,5 ml/dk'dır. Dereceli elüsyon sistemi kullanılarak örneklerin amino asit bileşimleri kalitatif ve kantitatif olarak belirlenmiştir (Ata vd., 2024).

2.8. Renk Tayini

KE, ME ve Morio kurtlarının renk değerleri (L*, a* ve b*) Minolta renk ölçer (Konica Minolta CR-300, Japonya) kullanılarak elde edilmiştir. L* değerleri 0 (siyah) ile 100 (beyaz) arasında değişmektedir. a* değerleri kırmızılık (+a) ve yeşilliği (-a) temsil etmektedir. b* değerleri sarılık (+b) ile mavilik (-b) arasında değişmektedir. Hue açısı rengin algılanmasıyla ilgili bir parametredir. Kroma (C*), rengin saflığının ve doygunluğunun bir göstergesidir. Hue ve kroma değerleri aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır (4, 5).

$$C = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (4)$$

$$\text{Hue açısı (h)} = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (5)$$

2.9. Pişme Tayini

Erişte örneklerinin pişme kaybı (suya geçen madde miktarı) ve optimum pişme süresi analizleri AACC (2000)'de belirtildiği şekilde yapılmıştır. Hacim genleşme analizi ve su absorplama analizinin belirlenmesinde Yalçın ve Başman (2008) tarafından uygulanan yöntem kullanılmıştır.

2.10. Doku Profili Analizi

Erişterin doku özellikleri, 35 mm silindir prob (P/35) ve 5 kg yük kullanılarak bir doku analiz cihazı (Stable Micro Systems, TA. XT Plus UK) yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Doku profili analizi öncesinde 10 g erişte örneği 200 ml suda yaklaşık 18,5 dk pişirildi. Daha sonra filtre kağıtları arasında 15 dk bekletilerek, fazla su uzaklaştırıldı. Örnekler aralarında boşluk kalmayacak şekilde birbirine paralel olarak test platformuna yerleştirildi. Doku analiz cihazının ön test hızı 1 mm/sn, test hızı 2 mm/sn ve son test hızı 2 mm/sn olarak ayarlandı. Birinci ve ikinci sıkıştırma arasında geçen süre 2 sn'dir. Erişte örnekleri, orijinal kalınlıklarının %75'ine kadar sıkıştırıldı. Her numune için en az 5 ölçüm alınmıştır (Vatansever vd., 2020).

2.11. Duyusal Değerlendirme

Erişte örneklerinin tüketici beğenisini değerlendirmek için puanlama testi kullanılarak 50 eğitimli paneliste duyusal değerlendirme yaptırılmıştır. Panelistlere erişterin Morio kurtları içerdiği söylenmiş ve gönüllülük esasıyla duyusal değerlendirmeye katılmaları sağlanmıştır. Erişter pişirilmiş ve 1 saat bekletilmiştir. Daha sonra panelistlere sunulmuştur. Puanlama testinde panelistler erişte örneklerinin renk, koku, sertlik, yapışkanlık, elastikiyet, homojen yapı ve genel kabul edilebilirlik gibi duyusal özelliklerini 1 (çok kötü), 2 (kötü), 3 (normal), 4 (iyi) ve 5 (çok iyi) ölçeğinde değerlendirmişlerdir.

2.12. İstatistiksel Değerlendirme

Sonuçlar, üç bağımsız deneyin ortalaması ve standart sapması (±Std) olarak sunulmuştur. İstatistiksel değerlendirmeler SPSS (v.26, IBM, ABD) paket programı kullanılarak yapılmıştır. Verilerin normal dağılım gösterip göstermediği Shapiro-Wilk testi ile analiz edilmiş, normal dağılım göstermeyen veriler için parametrik olmayan testler tercih edilmiştir. Gruplar arası karşılaştırmalarda normal dağılım gösteren veriler için bağımsız örneklem t-testi, normal dağılmayan veriler için ise Mann-Whitney U testi

kullanılmıştır. Ayrıca, varyans homojenliğini değerlendirmek için Levene testi uygulanmıştır. Değerlendirmeler $p < 0,05$ anlamlılık düzeyinde gerçekleştirilmiştir.

3. Bulgular

3.1. Morio Kurdu (*Zophobas morio*) Analizleri

3.1.1. Bileşim Analiz Sonuçları

Tablo 1. Morio kurdu (*Zophobas morio*), kontrol eriştesi (KE) ve %20 Morio kurdu ikame edilen erişteye (ME) ait bileşim analiz sonuçları

Table 1. Composition analysis results of Morio worm (*Zophobas morio*), control noodle (KE) and 20% Morio worm substituted noodle (ME)

Analizler	Morio kurdu	KE	ME
Nem içeriği (%)	5,75±0,02	10,79±0,03 ^b	11,87±0,07 ^a
Kül içeriği (%)	2,50±0,05	1,35±0,01 ^b	1,77±0,01 ^a
Yağ içeriği (%)	37,28±1,45	1,99±0,01 ^b	6,94±0,09 ^a
Protein içeriği (%)	45,95±0,06	9,83±0,01 ^b	16,83±0,48 ^a
Karbonhidrat içeriği (%)	8,52±0,64	76,05±0,05 ^a	62,63±0,02 ^b
Enerji değeri (kcal/100g)	596,70±2,87	400,58±0,11 ^b	429,41±0,27 ^a
Diyet lifi içeriği (%)	2,52±0,05	-	-

Değerler “ortalama ± standard sapma” olarak verilmiştir. Aynı satırdaki farklı üstel harfler istatistiksel açıdan farklılığı ifade etmektedir ($p < 0,05$).

3.1.2. Mineral Analiz Sonuçları

Tablo 2’de görüldüğü üzere Morio kurdunun 6,25 mg demir/100 g KM, 328,86 mg potasyum/100 g KM, 211,82 mg sodyum/100 g KM, 129,40 mg

Morio kurduna ait bileşim analiz sonuçları Tablo1’de yer almaktadır. Buna göre nem içeriği %5,75, kül içeriği %2,50, yağ içeriği %37,28, protein içeriği %45,95, karbonhidrat içeriği %8,52, enerji değeri 596,70 kcal/100 g ve diyet lifi içeriği %2,52 olarak tespit edilmiştir. Yapılan bileşim analizinde en yüksek sonuç, enerji değerinde elde edilmiştir. En düşük değerler ise kül ve diyet lifi içeriğinde görülmüştür.

kalsiyum/100 g KM ve 54,31 mg magnezyum/100 g KM içerdiği tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında en düşük mineral değeri demirde, en yüksek mineral sonucu ise potasyumda belirlenmiştir.

Tablo 2. Morio kurduna (*Zophobas morio*), KE’ye ve ME’ye ait mineral analizi sonuçları (mg/100 g KM)

Table 2. The results of mineral analysis of Morio worm (*Zophobas morio*), KE, and ME (mg/100 g DM)

Analizler (mg/100 g)	Morio kurdu	KE	ME
Demir	6,25±0,16	2,19±0,03 ^b	2,94±0,09 ^a
Potasyum	328,86±0,0	123,22±0,01 ^b	175,16±0,01 ^a
Sodyum	211,82±0,00	195,75±0,01 ^b	216,29±0,01 ^a
Kalsiyum	129,40±2,59	65,93±0,70 ^b	87,66±4,53 ^a
Magnezyum	54,31±4,29	31,48±0,16 ^b	41,95±0,79 ^a

Değerler “ortalama ± standard sapma” olarak verilmiştir. Aynı satırdaki farklı üstel harfler istatistiksel açıdan farklılığı ifade etmektedir ($p < 0,05$).

3.1.3. Yağ Asidi Analizi Sonuçları

Tablo 3’te Morio kurdunun yağ asidi bileşimi verilmiştir. Yağ asidi sonuçları incelendiğinde, en

düşük değerlerin kaprik asit, laurik asit, margarik asit ve linolenik asitte ve en yüksek değerlerin ise oleik asitte olduğu görülmektedir.

Tablo 3. Morio kurduna (*Zophobas morio*), KE'ye ve ME'ye ait yağ asidi bileşim sonuçları (%)
Table 3. Fatty acid composition results of Morio worm (*Zophobas morio*), KE, and ME (%)

Yağ Asitleri (%)	Morio kurdu	KE	ME
Kaprik Asit (C10:0)	0,13±0,01	0,009±0,001 ^b	0,014±0,001 ^a
Laurik Asit (C12:0)	0,31±0,01	0,02±0,001 ^b	0,055±0,006 ^a
Miristik Asit (C14:0)	1,17±0,04	0,17±0,01 ^b	0,93±0,01 ^a
Palmitik Asit C (16:0)	28,18±0,92	27,67±0,11 ^b	27,59±0,01 ^a
Palmitoleik Asit (C16:1)	2,30±0,08	0,62±0,01 ^b	1,41±0,09 ^a
Margarik Asit (C17:0)	0,46±0,01	5,06±0,05 ^a	4,06±0,01 ^b
Heptadekenoik Asit (C17:1)	1,52±0,08	0,12±0,01 ^b	0,87±0,01 ^a
Stearik Asit (C18:0)	5,87±0,23	5,53±0,20 ^b	5,76±0,03 ^a
Oleik Asit (C18:1)	35,17±0,08	29,22±0,29 ^b	31,32±0,25 ^a
Linoleik Asit (C18:2)	21,34±0,07	25,23±0,81 ^a	23,20±0,07 ^b
Araşidik Asit (C20:0)	2,14±0,001	4,15±0,02 ^a	3,15±0,008 ^b
Linolenik Asit (C18:3)	0,74±0,02	1,83±0,01 ^b	1,98±0,04 ^a
Doymuş/Doymamış yağ asitleri oranı (%)	0,64±0,01	0,75±0,01 ^a	0,71±0,01 ^b

Değerler "ortalama ± standard sapma" olarak verilmiştir. Aynı satırdaki farklı üstel harfler istatistiksel açıdan farklılığı ifade etmektedir. Sonuçlar tüm yağ asitlerinin %'si olarak ifade edilmektedir (p<0,05).

Doymuş ve doymamış yağ asitleri karşılaştırıldığında, doymamış yağ asitlerinin miktarları doymuş yağ asitlerine göre daha yüksektir. Aynı şekilde tekli doymamış yağ asitleri ve çoklu doymamış yağ asitleri kıyaslandığında, tekli doymamış yağ asitlerinin miktarlarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca linoleik (ω-3) ve linolenik (ω-6) asitler açısından Morio kurtlarının iyi bir kaynak olduğu söylenebilir.

3.1.4. Amino Asit Analizi Sonuçları

Morio kurdunun amino asit bileşimi incelendiğinde (Tablo 4), yapıda 16 adet amino asitin varlığına rastlanılmıştır. Bireysel amino asit içeriğinin %4,30 ile %0,37 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. En yüksek amino asit içeriğinin alanine (4,30 g/100 g) ait olduğu görülmüştür. En düşük amino asit değerleri ise serin (0,38 g/100 g), histidin (0,37 g/100 g) ve metiyonin (0,37 g/100 g) amino asitine aittir. Morio kurtlarında tespit edilen esansiyel amino asitler (histidin, izoleüsin, lösin, lisin, metiyonin, fenilalanin, treonin, valin) incelendiğinde en yüksek değer lösin (3,15 g/100 g) ve en düşük değerlerin ise histidin (0,37 g/100 g) ve metiyonine (0,37 g/100 g) ait olduğu belirlenmiştir. Amino asit içeriğinde esansiyel amino asitlerden olan triptofan tespit

edilememiştir. Toplam amino asit değeri 25,81 g/100 g olarak bulunmuştur.

3.1.5. Toplam Fenolik Madde Miktarı ve Antioksidan Aktivite (ABTS ve DPPH) Tayini Sonuçları

Tablo 5'te görüldüğü üzere Morio kurdunun toplam fenolik madde miktarı ile ABTS ve DPPH yöntemleriyle belirlenen antioksidan aktivite değerleri sırasıyla 134,35 mg GAE/100 g KM., 4,75 µmol TE/100 g KM ve 6,73 µmol TE/100 g KM olarak bulunmuştur.

3.2. Erişte Analizleri

3.2.1. Erişte Örneklerinin Bileşim Analizi Sonuçları

KE ve ME örneklerine ait bileşim analiz sonuçları Tablo 1'de yer almaktadır. Yapılan istatistiksel değerlendirmenin ardından nem, kül, yağ, protein, karbonhidrat içeriği ve enerji değeri bakımından örnekler arasında anlamlı bir farklılığın olduğu görülmektedir (p<0,05). Tablo 1 incelendiğinde erişteye %20 Morio kurdu ikamesi sonucunda karbonhidrat içeriği dışındaki tüm değerlerin artış gösterdiği görülmektedir (p<0,05). Karbonhidrat içeriği KE'de %76,05 iken ME'de %62,63 olarak tespit edilmiştir (p<0,05). ME örneğinin Morio kurdu ile zenginleştirme etkinliği incelendiğinde ise etkinlik değerinin kül tayini için %112,03, yağ

içeriği için %76,70, protein içeriği için %98,69, karbonhidrat içeriği için %100,14 ve enerji değeri için ise %97,64 olduğu görülmüştür.

3.2.2. Mineral Analizi Sonuçları

Tablo 2’de KE ile ME arasında mineral madde içerikleri bakımından anlamlı bir farklılığın bulunduğu görülmektedir ($p<0,05$). ME’nin mineral madde içeriğinde KE’ye kıyasla bir artış meydana gelmiştir. Erişte örneklerinde en düşük

miktarda bulunan mineral maddenin demir (2,19 mg/100 g KM (KE örneğinde) ve 2,94 mg/100 g KM (ME örneğinde)), en yüksek miktarda bulunan mineral maddenin ise sodyum (195,75 mg/100 g KM (KE örneğinde) ve 216,29 mg/100 g KM (ME örneğinde)) olduğu belirlenmiştir. ME örneğinin Morio kurdu ile zenginleştirme etkinliği, demir için %97,93, potasyum için %106,58, sodyum için %108,71, kalsiyum için %111,49 ve magnezyum için ise %116,38 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 4. Morio kurduna (*Zophobas morio*), KE’ye ve ME’ye ait amino asit bileşim sonuçları (g/100 g)
Table 4. The results of amino acid composition of Morio worm (*Zophobas morio*), KE, and ME (g/100 g)

Analizler (g/100g)	Morio kurdu	KE	ME
Aspartik asit	1,75±0,02	0,45±0,01 ^b	0,93±0,01 ^a
Glutamik asit	1,32±0,01	2,71±0,03 ^b	3,62±0,01 ^a
Serin	0,38±0,01	0,46±0,01 ^b	0,74±0,02 ^a
Histidin	0,37±0,01	0,25±0,01 ^b	0,39±0,02 ^a
Glisin	1,38±0,01	0,58±0,02 ^b	1,05±0,03 ^a
Treonin	1,26±0,03	0,60±0,01 ^b	0,64±0,01 ^a
Arginin	2,49±0,01	0,46±0,01 ^b	0,99±0,02 ^a
Alanin	4,30±0,04	0,35±0,01 ^b	0,81±0,01 ^a
Tirozin	1,42±0,02	0,37±0,01 ^b	0,64±0,01 ^a
Valin	1,99±0,02	0,59±0,02 ^b	0,91±0,02 ^a
Metiyonin	0,37±0,01	0,13±0,01 ^b	0,20±0,01 ^a
Fenilalanin	1,93±0,03	0,47±0,01 ^b	0,74±0,01 ^a
İzolösin	1,29±0,02	0,33±0,01 ^b	0,59±0,01 ^a
Lösin	3,15±0,05	0,65±0,01 ^b	1,07±0,03 ^a
Lisin	0,69±0,01	0,21±0,01 ^b	0,47±0,01 ^a
Prolin	1,73±0,02	1,15±0,03 ^b	1,32±0,02 ^a
Toplam amino asit	25,81±0,14	9,74±0,11 ^b	15,12±0,18 ^a

Değerler “ortalama ± standard sapma” olarak verilmiştir. Aynı satırdaki farklı üstel harfler istatistiksel açıdan farklılığı ifade etmektedir ($p<0,05$).

Tablo 5. Morio kurduna (*Zophobas morio*), KE’ye ve ME’ye ait fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite (ABTS ve DPPH) sonuçları

Table 5. The results of total phenolic content and antioxidant activity (ABTS and DPPH) of Morio worm (*Zophobas morio*), KE, and ME

Analizler	Morio kurdu	KE	ME
Fenolik madde miktarı (mg GAE/100 g KM)	134,35±0,65	109,51±0,99 ^b	120,36±1,51 ^a
ABTS (μmol TE/100 g KM)	4,75±0,01	0,33±0,01 ^b	1,80±0,03 ^a
DPPH (μmol TE/100 g KM)	6,73±0,01	1,24±0,04 ^b	3,05±0,02 ^a

Değerler “ortalama ± standard sapma” olarak verilmiştir. Aynı satırdaki farklı üstel harfler istatistiksel açıdan farklılığı ifade etmektedir ($p<0,05$).

3.2.3. Yağ Asidi Analizi Sonuçları

KE ve ME örneklerinin yağ asidi bileşimleri Tablo 3’te verilmiştir. Her iki örnekte de en yüksek miktarda bulunan yağ asidi oleik asit

(%29,22 (KE örneğinde) ve %31,32 (ME örneğinde)) iken en düşük miktarda bulunan yağ asidi ise kaprik asit (%0,009 (KE örneğinde) ve %0,014 (ME örneğinde))’tir. Tüm yağ asidi içerikleri bakımından örnekler arasında anlamlı

farklılık bulunmaktadır ($p<0,05$). %20 Morio kurdu ikamesi ile ME örneğinde margarik asit, linoleik asit, araşidik asit dışındaki tüm yağ asitlerinin miktarında artış meydana gelmiştir. Doymuş/doymamış yağ asitleri oranı ise, Morio kurdunun erişteye ilave edilmesi ile 0,75'ten 0,71'e azalmıştır. ME örneğinin yağ asidi bileşimi incelendiğinde Morio kurdu ile zenginleştirme etkinliğinin %42,17 (kaprik asit (C10:0)) ile %251,35 (miristik asit (C14:0)) arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Doymuş/Doymamış yağ asitleri oranı (%)'na ait etkinlik değeri ise %97,53 olarak bulunmuştur.

3.2.4. Amino Asit Analizi Sonuçları

Tablo 4'te görüldüğü üzere KE'nin ve ME'nin amino asit bileşimleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ($p<0,05$). %20 Morio kurdu ikame edilmesiyle ME örneğindeki her bir amino asit miktarının KE örneğine göre daha yüksek olduğu gözlemlenmektedir ($p<0,05$). KE örneğindeki bireysel amino asit miktarları %0,13-2,71 (metiyonin-glutamik asit) arasında değişirken ME örneğindeki bireysel aminoasit miktarları %0,20-3,62 (metiyonin-glutamik asit) arasında değişiklik gösterdi. Esansiyel amino asitler (histidin, izolösin, lösin, lisin, metiyonin, fenilalanin, treonin, valin) incelendiğinde en yüksek değer, lösin (%0,65 (KE örneği) ve %1,07 (ME örneği)) amino asitinde belirlenmiştir ($p<0,05$). En düşük esansiyel amino asit değerinin ise metiyonin amino asitine (%0,13 (KE örneği) ve %0,20 (ME örneğin) ait olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Ayrıca Morio kurtlarının amino asit bileşiminde yer almayan ve esansiyel amino asitlerden olan triptofanın varlığına, ME örneğinde de rastlanılmamıştır. Erişte formülasyonuna %20 Morio kurdu ikame edilmesiyle, toplam amino asit miktarında istatistiki açıdan anlamlı bir artış gözlemlenmiştir ($p<0,05$). Ayrıca bireysel amino asit bileşikleri bakımından ME örneğinin zenginleştirme etkinliği değerleri %71,05 (alanin) ile %166,67 (serin) arasında değişim sergilemektedir. Toplam amino asit değerinin etkinlik değeri ise %116,72 olarak belirlenmiştir.

3.2.5. Toplam Fenolik Madde Miktarı ve Antioksidan Aktivite (ABTS ve DPPH) Tayini sonuçları

KE'nin ve ME'nin toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite tayininden (ABTS ve DPPH) elde edilen sonuçlar, Tablo 5'te verilmiştir. KE ve ME örneğinin toplam fenolik madde miktarları ve antioksidan aktivite değerleri (ABTS ve DPPH) incelendiğinde, örnekler arasında anlamlı bir farklılığın olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Tüm analizlerde, erişteye %20 Morio kurdu ikame edilmesi sonucunda değerlerde artış meydana geldiği görülmektedir. %20 Morio kurdu ikamesi eriştenin toplam fenolik madde miktarını %9,91 ve antioksidan aktivite değerini ise ABTS ve DPPH için sırasıyla %445,45 ve %145,97 oranında artırmıştır (Tablo 5). ME örneğinin Morio kurdu ile zenginleştirme etkinliği, toplam fenolik madde miktarı için %105,14, ABTS yöntemiyle belirlenen antioksidan aktivite için %148,27 ve DPPH yöntemiyle belirlenen antioksidan aktivite için %130,45 olarak tespit edilmiştir.

3.2.6. Renk Analizi Sonuçları

KE'nin ve ME'nin renk analizi sonuçları Tablo 6'da yer almaktadır. L*, a* ve b* değerlerine ilişkin yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda örnekler arasında anlamlı farklılıkların olduğu saptanmıştır ($p<0,05$).

3.2.7. Pişirme Analizleri Sonuçları

Tablo 6'da yer alan eriştelerin pişirme analizleri sonuçları arasında anlamlı bir farklılık olduğu görülmüştür ($p<0,05$). %20 Morio kurdu ikamesiyle eriştenin hacmi %91,01, pişme kaybı %11,50 ve pişirme süresi %12,12 oranında artarken, su absorpsiyonu %37,36 oranında azalmıştır (Tablo 6). Tablo 6 incelendiğinde L* ve b* değerlerinin erişteye %20 Morio kurdu ikamesi ile sırasıyla 84,57'den 67,09'a ve 13,60'tan 9,26'ya azaldığı görülmektedir. a* değeri ve kahverengileşme indeksi ise sırasıyla 0,39'dan 3,42'ye ve 17,15'ten 18,37'ye artmıştır.

3.2.8. Doku Analizi Sonuçları

Tablo 7’de KE’ye ve ME’ye uygulanan doku analizi sonuçları verilmiştir. Esneklik ($p>0,05$) hariç, eriştelerin doku analizi sonuçları arasında anlamlı bir farklılık görülmüştür ($p<0,05$). ME örneğinin KE örneğine göre yapışkanlık, elastikiyet ve bağlayıcılık değerleri daha yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Başka bir deyişle %20 Morio kurdu ikamesi sonucunda eriştelerin sertliği 121,71 N’dan 78,13 N’a, sakızimsılık değerleri 10,29’dan 7,25’e ve çiğnenebilirlik özelliği ise 1,46’dan 1,10’a düşüş göstermiştir. Yapışkanlığı -343,24’ten -269,71’e, elastikiyeti

0,14’ten 0,16’ya ve bağlayıcılığı ise 0,08’den 0,09’a değişmiştir.

3.2.9. Duyusal Analiz Sonuçları

KE’ye ve ME’ye ait duyusal analiz sonuçları Tablo 8’de yer almaktadır. Homojen yapı ($p<0,05$) hariç, erişte örneklerinin duyusal analiz sonuçları arasında anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($p>0,05$). Panelistler tarafından erişteye %20 Morio kurdu ikamesi sonucunda homojen yapının azaldığı belirtilmiş ve duyusal analiz puanı 4,76’dan 3,96’ya gerilemiştir ($p<0,05$).

Tablo 6. KE’ye ve ME’ye ait renk analizi ve pişirme analizi sonuçları

Table 6. The color analysis and cooking analysis results of KE and ME

Analizler*	KE	ME
L*	84,57±0,25 ^a	67,09±0,75 ^b
a*	0,39±0,02 ^b	3,42±0,01 ^a
b*	13,6±0,07 ^a	9,26±0,11 ^b
Kahverengileşme indeksi (BI)	17,15±0,01 ^b	18,37±0,19 ^a
Su absorpsiyonu (%)	193,12±4,66 ^a	120,96±0,69 ^b
Hacim Artışı (%)	222,50±2,50 ^b	425,00±5,00 ^a
Pişme Kaybı (%)	6,00±0,10 ^b	6,69±0,09 ^a
Pişirme Süresi (dk)	16,50±0,50 ^b	18,50±0,50 ^a

Değerler “ortalama ± standard sapma” olarak verilmiştir. Aynı satırdaki farklı üstel harfler istatistiksel açıdan farklılığı ifade etmektedir ($p<0,05$).

Tablo 7. KE’ye ve ME’ye ait doku analizi sonuçları

Table 7. The texture analysis results of KE and ME

Analizler	KE	ME
Sertlik (N)	121,71±2,68 ^a	78,13±0,90 ^b
Yapışkanlık (gs)	-343,24±18,01 ^b	-269,71±11,86 ^a
Elastikiyet	0,14±0,001 ^b	0,16±0,001 ^a
Bağlayıcılık	0,08±0,001 ^b	0,09±0,001 ^a
Sakızimsılık	10,29±0,16 ^a	7,25±0,20 ^b
Çiğnenebilirlik	1,46±0,03 ^a	1,10±0,08 ^b
Esneklik	0,03±0,0001 ^a	0,04±0,001 ^a

Değerler “ortalama ± standard sapma” olarak verilmiştir. Aynı satırdaki farklı üstel harfler istatistiksel açıdan farklılığı ifade etmektedir ($p<0,05$).

Tablo 8. KE’ye ve ME’ye ait duyusal analiz sonuçları

Table 8. The sensory analysis results of KE and ME

Analizler	KE	ME
Renk	4,32±0,33 ^a	3,82±0,14 ^a
Koku	3,72±0,29 ^a	4,38±0,03 ^a
Sertlik	3,88±0,28 ^a	3,84±0,11 ^a
Yapışkanlık	3,36±0,05 ^a	3,90±0,25 ^a
Elastik yapı	3,98±0,31 ^a	4,26±0,08 ^a
Homojen yapı	4,76±0,01 ^a	3,96±0,11 ^b
Genel beğeni	4,30±0,08 ^a	4,40±0,05 ^a

Değerler “ortalama ± standard sapma” olarak verilmiştir. Aynı satırdaki farklı üstel harfler istatistiksel açıdan farklılığı ifade etmektedir.

4. Tartışma

4.1. Morio Kurdu (*Zophobas morio*) Analizleri

4.1.1. Bileşim Analizi

Morio kurdunun nem, kül, yağ ve protein içeriği incelendiğinde (Tablo 1), bulunan sonuçlar yem olarak kullanılan birden fazla böcek türünün besinsel özelliklerinin incelendiği çalışmayı yürüten Barroso vd. (2014) ve yenilebilir böcekleri inceleyen Kröncke vd. (2018) tarafından gerçekleştirilen çalışmalardan elde edilen değerler ile paralellik göstermektedir. Karbonhidrat içeriği (Tablo 1), Araújo vd. (2019) tarafından yürütülen Morio kurtları ile ilgili çalışmada saptanan karbonhidrat değerinden (%3,92) daha yüksektir. Araújo vd. (2019)'a göre elde edilen karbonhidrat içeriğinin yüksek olması, bu çalışmada kullanılan Morio kurtlarının beslenme profilinden ve yetiştirme koşullarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Morio kurtlarının Finke (2015) tarafından belirtilen enerji değeri (206,9 kcal/100 g), bu çalışmada bulunan enerji değerine göre çok düşüktür (Tablo 1). Çalışmalar arasında farklılık görülmesinin Morio kurtlarının yetiştirilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Diyet lifi içeriği kıyaslandığında elde edilen sonuç, Finke (2015)'in farklı diyetlerle beslenen böcek türlerinin besin içeriğini belirlediği çalışmadaki Morio kurtlarının diyet lifi içeriği (2,7 g/100 g) sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

4.1.2. Mineral Analizi

Bu çalışmada elde edilen demir, sodyum ve kalsiyum değerleri (Tablo 2), Morio kurtlarıyla çalışan Finke (2015) ve Zhou Genlai vd. (2023)'na göre yüksek bulunmuştur. Potasyum içeriği Zhou Genlai vd. (2023)'na göre (676,0 mg/100 g) düşüktür (Tablo 2). Magnezyum içeriği ise Finke (2015)'ye göre (43,5 mg/100g) yüksek ve Zhou Genlai vd. (2023)'na göre (121,0 mg/100g) düşük bulunmuştur (Tablo 2). Çalışmalarda kullanılan yenilebilir böceklerin yetiştirme koşullarındaki farklılıklar mineral madde içeriğindeki farklılıkları açıklamaktadır.

4.1.3. Yağ Asidi Analizi

Çalışmada elde edilen yağ asiti miktarlarının (Tablo 3), literatürde Morio kurtları için verilen değerler arasında olduğu görülmektedir (Finke, 2015; Kulma vd., 2020). Morio kurdunun iyi bir kaynak olduğu belirlenen linoleik (ω -3) ve linolenik (ω -6) asitler, insan sağlığına önemli katkılar sağlayan esansiyel yağ asitlerindendir (Nakilcioğlu-Taş, 2019). ω -6 yağ asitlerinin yüksek miktarlarda alınması kan viskozitesinde artışla ve kanama süresinde azalmayla karakterize edilen protrombotik ve proagregatuvar bir duruma sebep olmaktadır. Ayrıca ω -3 yağ asitleri antienflamatuvar, antitrombotik, hipolipidemik ve antiaritmik özelliklere sahiptir. ω -3 yağ asitlerinin bu faydalı etkileri, koroner kalp hastalıkları, hipertansiyon ve tip 2 diyabet gibi hastalıkların sekonder önlenmesinde etkilidir (Radočaj vd., 2014).

4.1.4. Amino Asit Analizi

Bu çalışmada elde edilen amino asit bileşimi sonuçları (Tablo 4) genel olarak literatürdeki Morio kurtlarıyla gerçekleştirilen çalışmalara yakın bulunmuştur (Finke, 2015; Prachom vd., 2021). Morio kurtlarının triptofan dışındaki bütün esansiyel amino asitleri içermeleri, amino asit içeriklerinin yüksek olması ve zengin bir amino asit profiline sahip olmaları sebebiyle hayvansal protein kaynaklarına iyi bir alternatif olabilecekleri düşünülmektedir.

4.1.5. Toplam Fenolik Madde Miktarı ve Antioksidan Aktivite (ABTS ve DPPH) Tayini

Pečová vd. (2022), Morio kurtlarının toplam fenolik madde miktarını 1,01-4,20 mg GAE/100 g aralığında, ABTS metodu ile belirlenen antioksidan aktivite değerini %5,49-32,90 ve DPPH metodu ile belirlenen antioksidan aktivite değerini ise %2,66-15,90 aralığında tespit etmiştir. Farklı yemler ile beslenen larva evresindeki Morio kurtlarını araştıran Čaloudová vd. (2023), Morio kurtlarının fenolik içeriğini 24,5-42,9 mg GAE/100 g olarak bulurken, ABTS metodu ile belirlenen antioksidan aktivite değerini %8,22-13,27 ve DPPH metodu ile belirlenen antioksidan aktivite değerini ise %6,29-7,16 olarak tespit etmiştir. Bu çalışmada belirlenen

toplam fenolik madde miktarı (Tablo 5), literatüre göre yüksektir. Bu farklılığın nedeninin Morio kurdunun larva evresinden ve besleme koşullarındaki farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir. ABTS ve DPPH metodu ile belirlenen antioksidan aktivite sonuçları (Tablo 5) değerlendirildiğinde, literatürdeki çalışmalar ile benzerlik gösterdiği görülmektedir.

4.2. Erişte Analizleri

4.2.1. Erişte Örneklerinin Bileşim Analizleri

Bu çalışmada elde edilen kül ve karbonhidrat içeriği dışındaki sonuçlar (Tablo 1), geleneksel eriştelerin yenilebilir böcekler ile zenginleştirilmesi üzerine yaptıkları çalışmalarda çekirge ve sarı un kurdu unlarını kullanan Cabuk ve Yılmaz (2020), buğday ununa ikame olarak sarı un kurdu ve dev un kurdunu (*Zophobas atratus*) kullanan Sriprabom vd. (2022), kriket tozu kullanarak makarnanın besinsel özelliklerini inceleyen Duda vd. (2019)'nın çalışmaları ile benzerlik göstermektedir. ME'nin kül içeriği (Tablo 1) literatürle karşılaştırıldığında Cabuk ve Yılmaz (2020) tarafından yapılan çalışmaya göre (%2,2) düşük, Roncolini vd. (2020) tarafından yürütülen çalışmaya göre (%1,37) yüksek bulunmuştur. Kül içeriği bakımından bu farklılığın yenilebilir böcek olarak çekirge ve sarı un kurdunun kullanımına ve kullanım oranlarına bağlı olduğu düşünülmektedir. Karbonhidrat sonuçları incelendiğinde ise (Tablo 1), Duda vd. (2019), Cabuk ve Yılmaz (2020) ve Zielińska vd. (2021a) tarafından belirlenen karbonhidrat içeriklerine kıyasla ME'nin karbonhidrat içeriğinin daha düşük olduğu görülmektedir. Ayrıca Türk Gıda Kodeksi Makarna Tebliği'ne göre, eriştelerin nem içeriği en yüksek %13 olmalıdır (TGK, 2002). KE ve ME örneklerinin nem içerikleri ise Türk Gıda Kodeksi Makarna Tebliği'ne uygundur. Ayrıca Türk Gıda Kodeksi (2023)'ne göre "proteini artırılmış" ifadesinin kullanılabilmesi için "gıdanın benzer bir ürüne göre en az %30 daha fazla protein içermesi" gerekmektedir (TGK, 2023). ME ürünü, geleneksel erişteye göre %71,21 daha yüksek protein içeriği ile "proteini artırılmış erişte" olarak adlandırılabilir. ME'nin bileşiminin Morio kurdu

ile zenginleştirme etkinliği incelendiğinde sonuçların %100'e yakın olduğu görülmektedir. Bu durum, Morio kurdu ikamesi sonucunda eriştelerde hedeflenen bileşim değişimine ulaşıldığını göstermektedir. Sadece yağ içeriği için etkinlik değeri kısmen düşük (%76,70) bulunmuştur. Bunun sebebinin erişte hamuru açılırken ve kesilirken bir miktar yağın ekipmana bulaşması veya kurutma esnasında meydana gelebilen oksidasyon olduğu düşünülmektedir (Zioud vd., 2023).

4.2.2. Erişte Örneklerinin Mineral Analizleri

Bu çalışmada geliştirilen ME örneğine ait tüm mineral madde (sodyum içeriği hariç) değerlerinin (Tablo 2) literatüre göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Roncolini vd., 2020; Kowalczewski vd., 2021; Cozmata vd., 2022). Bu duruma, araştırılan yenilebilir böcek cinslerindeki farklılıkların sebep olduğu düşünülmektedir. Erişte formülasyonuna %20 Morio kurdu ikamesi sonucunda mineral madde bakımından daha zengin bir ürün elde edilmiştir. ME örneğinin mineral madde içeriğindeki artış için hesaplanan zenginleştirme etkinliği değerlerinin %100'e yakın olarak belirlenmesi, erişte formülasyonuna %20 Morio kurdu ikamesi ile eriştelerde beklenen mineral madde artışının gerçekleştiğinin bir göstergesidir.

4.2.3. Erişte Örneklerinin Yağ Asidi Analizleri

KE örneğinde tespit edilen yağ asidi miktarları (Tablo 3), buğday unu kullanarak makarna üreten Anbudhasan vd. (2014) ve pişmemiş makarnayı analiz eden Babuskin vd. (2014) tarafından belirlenen değerler arasında kalmaktadır. ME örneğinin yağ asidi içeriği (Tablo 3) değerlendirildiğinde ise yağ asidi değerlerinde literatüre göre farklılıklar olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu farklılığın sebebinin kullanılan yenilebilir böcek çeşidinden ve hammaddelerin farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Doymamış yağ asidi oranının ME örneğinde artışı, erişteye %20 Morio kurdu ikamesinin yağ asidi bileşimini olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. Yağ asidi bileşimi açısından zenginleştirme etkinliği ME örneğinde geniş bir

aralıkta değişim göstermektedir. Bunun sebepleri arasına eriştinin kurutulması sırasında özellikle doymamış yağ asitlerinde oksidasyon ihtimalinin olması ve eriştinin nişasta/protein matrisine yağ asitlerinin kuvvetli ya da zayıf tutunması sebebiyle ekstraksiyonda farklı çözünürlük özellikleri sergilemeleri olabileceği düşünülmektedir (Lin vd., 2020; Zioud vd., 2023). Fakat doymuş/doymamış yağ asitleri oranı (%)’na ait etkinlik değerine bakıldığında %100’e yakın olması sebebiyle ME örneğinde %20 Morio kurdu ikamesi ile istenilen yağ asidi kompozisyonuna ulaşıldığı kanısına varılmıştır.

4.2.4. Erişte Örneklerinin Amino Asit Analizleri

KE ve ME örneklerinin bireysel amino asit içerikleri (Tablo 4) literatür ile kıyaslandığında, yenilebilir böcek ilavesi ile eriştinin amino asit içeriğinde gözlemlenen artış eğilimi benzerdir (Cozmata vd., 2022). KE örneğinin amino asit bileşimi ve amino asit miktarları, Jahanian ve Rasouli (2014)’nin buğday unu ile üretilen makarnayı inceledikleri çalışmanın sonucunda tespit ettikleri değerler ile uyumludur. Morio kurtlarının amino asit bileşiminde yer almaması nedeniyle esansiyel amino asitlerden olan triptofanın, ME örneğinde de tespit edilememesi beklenen bir durumdur. Esansiyel aminoasitlerden 1 tanesi dışında tamamını yeni geliştiren ME örneğinin içermesi, vücutta protein sentezi amacıyla kullanılabilecek iyi bir kaynak olabileceği konusunda dikkat çekmektedir. Yeni geliştirilen ME örneğinin daha yüksek amino asit içeriği ile sağlığa faydalı etkiler sergileyeceği düşünülmektedir. Ayrıca bireysel amino asit bileşikler bakımından ME örneğinin zenginleştirme etkinliği değerleri, bireysel yağ asidi bileşiklerinin etkinlik değerlerinde olduğu gibi, belirli bir aralıkta değişim sergilemektedir. Bu durumun lizin gibi amino asitlerin eriştinin kurutulması aşamasında meydana gelen Maillard reaksiyonu sebebiyle kayba uğramasından ya da eriştinin yoğurulması ve kurutulması gibi aşamalarda proteinlerin kısmen hidrolize olması sonucunda bazı amino asitlerin serbest forma geçmesinden kaynaklanabileceği

düşünülmektedir (Hellwig vd., 2018). Toplam amino asit miktarına ait etkinlik değerinin %100’e yakın olması ise ME örneğinin %20 Morio kurdu ikamesi ile istenilen amino asit kompozisyonuna ulaştığını göstermektedir.

4.2.5. Erişte Örneklerinin Toplam Fenolik Madde Miktarları ve Antioksidan Aktivite (ABTS ve DPPH) Tayinleri

KE ve ME örneğinin toplam fenolik madde miktarları ve antioksidan aktivite değerleri (ABTS ve DPPH) incelendiğinde, erişteye %20 Morio kurdu ikame edilmesi sonucunda değerlerde artış meydana geldiği görülmektedir (Tablo 5). Bu durum Morio kurtlarının erişteye göre yüksek fenolik madde içeriğinden ve yüksek antioksidan aktivitesinden kaynaklanmaktadır. Literatürdeki verilerin, bu çalışmadaki sonuçlar ile benzerlik gösterdiği gözlemlenmiştir (Gull vd., 2018; Ivanišová vd., 2018). %20 Morio kurdu ile ikame edilen ME örneğinde toplam fenolik madde miktarı için hesaplanan zenginleştirme etkinliği değeri %100’e yakinken, antioksidan aktivite için belirlenen etkinlik değerleri beklenildiği gibi %100’ün üzerindedir. Bu durum, Ozdal vd. (2013)’nin çalışmasında açıklandığı gibi, eriştinin kurutulması aşamasında Morio kurdu ve eriştinin yapısındaki protein ve polifenollerin oluşturduğu komplekslerin antioksidan aktiviteyi artırması ile ilişkilidir.

4.2.6. Erişte Örneklerinin Renk Analizleri

Erişte örneklerinin renk analizleri sonucunda ME örneğinin KE örneğine kıyasla daha koyu renge sahip olduğu ve renkteki sarılığın azalarak kırmızılığın arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca erişteye %20 Morio kurdu ikamesi ile rengin kahverengileşme yönünde değişim gösterdiği de belirlenmiştir. Bu değişimin sebebi, erişteye Morio kurdu gibi daha koyu renkte bir ürünün ikame olarak eklenmesidir. Bu çalışmada elde edilen L ve b* değerindeki azalma, a* değerindeki artış (Tablo 6), kricket tozunu makarna formülasyonuna dahil eden Duda vd. (2019), ipek böceği içeren makarnayla çalışan Pasini vd. (2022) ve makarnada sarı un kurdunu buğday ikamesi olarak kullanan Piazza vd. (2023)

tarafından yapılan çalışmaların sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Morio kurdunun erişte formülasyonuna dahil edilmesi, incelenen diğer yenilebilir böcek türlerine kıyasla kahverengileşme indeksini daha çok arttırmıştır. Literatür ile elde edilen sonuçlar kıyaslandığında, sonuçların farklılığının ölçüm cihazından, formülasyondaki su ile yenilebilir böcek miktarından ve kullanılan yenilebilir böcek çeşidinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.2.7. Erişte Örneklerinin Pişirme Analizleri

İncelenen tüm pişirme analizi değerlerinde (su absorpsiyonu hariç), erişteye %20 Morio kurdu ikame edildikten sonra bir artış meydana geldiği gözlemlenmektedir ($p<0,05$) (Tablo 6). %20 Morio kurdunun erişteye ikame edilmesi su absorpsiyonu değerini düşürmüştür ($p<0,05$) (Tablo 6). Erişterde su absorpsiyonu değerinin yüksek olması ve ürünün daha hızlı pişmesi beklenmektedir (Li vd., 2021). Morio kurdunun düşük nişasta içeriği, yüksek yağ oranı ve gluten içermemesi, %20 Morio kurdu ikameli eriştenin su absorpsiyonunun kontrol örneğine kıyasla daha düşük olmasını açıklayabilir (González vd., 2019). Bunun dışında erişterde hacim artışı değeri, maliyet açısından önemli bir kalite kriteridir ve hacim artışı istenilen bir özelliktir (Emeksizoglu, 2016). Pişme kaybı, erişterde nişasta çözünmesinin bir göstergesidir ve yapışkanlığın artmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle istenmeyen bir durumdur (Kang vd., 2018). Pişme süresi ise erişterde maliyeti düşürme ve hazırlama kolaylığına destek olması açısından önemlidir. Pişme süresinin yüksek olması istenmemektedir (Li vd., 2021). Erişteye %20 Morio kurdu ikame edilmesi sonucunda su absorpsiyonu, pişme kaybı ve pişme süresi özellikleri olumsuz; hacim artışı değeri ise olumlu yönde etkilenmiştir. Bu çalışmanın sonuçları değerlendirildiğinde literatürde çekirge unu, buffalo kurdu ve sarı un kurdunun erişteye/makarnaya ilavesiyle ilgili yer alan çalışmalarla uyumlu olduğu ve literatürdeki çalışmalarda da yenilebilir böcek ununun erişte/makarnaya ilavesi ile hacim artışı, pişme kaybı, pişirme süresi değerlerinde artış ve su

absorpsiyonu değerlerinde azalış olduğu tespit edilmiştir (Cabuk ve Yilmaz, 2020; Pasini vd., 2022).

4.2.8. Erişte Örneklerinin Doku Analizleri

Doku analizi sonuçları %20 Morio kurdu ikamesinin erişterin sertliğini, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik özelliğini azalttığını göstermiştir ($p<0,05$) (Tablo 7). Bu çalışmanın sonuçları kriket tozunu makarna formülasyonuna dahil eden Ho vd. (2022), cırcır böceği ile zenginleştirilen makarnayı inceleyen Bresciani vd. (2022) ve sarı un kurdu ile pandispanya kekini zenginleştiren Talens vd. (2022)'nin çalışmalarının sonuçları ile kıyaslandığında, yenilebilir böcek/böcek unu ilavesinin ürünün sertliğinde azalmaya yol açtığı söylenebilir. Literatürdeki çalışmaların sonuçları ile bu çalışmadan elde edilen sonuçlar (Tablo 7) benzerlik göstermektedir. Ayrıca Talens vd. (2022) çalışmalarında sarı un kurdu ilavesinin pandispanya kekin bağlayıcılık ve elastikiyet özelliklerini artırırken çiğnenebilirlik özelliğini azalttığını ifade etmişlerdir. Benzer bir eğilim, erişteye %20 Morio kurdu ikame edildiğinde de gözlemlenmiştir (Tablo 7). Yenilebilir böcek unlarının yüksek protein ve ham lif içeriğinin dokuda pek çok değişikliğe neden olduğu ve kullanılan ingredientlerin dokuda oldukça etkili olduğu görülmektedir. Sarı un kurdu ilavesi ürünün sertliğinde azalmaya sebep olmasına rağmen, kriket kullanımı sertlikte artışla sonuçlanmaktadır (Duda vd., 2019; Bresciani vd., 2022). Bu çalışmada elde edilen KE örneğine ait doku özellikleri (Tablo 7), literatürde verilen değerler arasında kalmakla beraber (Ainsa vd., 2021); eriştenin hazırlanmasında kullanılan ingredientler, içeriğindeki su miktarı, uygulanan yoğurma işleminin süresi/gücü ve pişirme işlemi başta olmak üzere birçok faktör, ürünün doku özellikleri üzerinde anlamlı etkiler sergilemektedir.

4.2.9. Erişte Örneklerinin Duyusal Analizleri

Panelistler tarafından yapılan değerlendirmeye göre erişteye %20 Morio kurdu ikamesi sonucunda homojen yapı azalmıştır (Tablo 8). Bu, beklenen bir durumdur. Kurutulup toz formuna

getirilmiş Morio kurtları, un ile karıştırılmış ve her ne kadar yoğurma işlemi sonucunda erişte hamurunda homojen bir biçimde dağılması hedeflense de Morio kurtlarının diyet lifi içerikleri bu homojen karışıma bir seviyede engel oluşturmuştur. Bunun dışında incelenilen diğer duysal analiz parametrelerinin (renk, koku, sertlik, yapışkanlık, elastik yapı ve genel beğeni) KE ve ME örneklerinde istatistiksel açıdan farklı çıkmaması (Tablo 8), tüketicilerin KE yerine ME'yi tüketmeyi tercih edebilecekleri sonucuna ulaşılmasına sebep olur. Ayrıca panelistler, KE'den duyulan yumurta kokusunun ME'de baskılandığını ve bu özelliği beğendiklerini belirtmişlerdir. Duyusal analiz sonuçları, literatürle benzerlik göstermektedir (Ivanišová vd., 2018; Duda vd., 2019; Cabuk ve Yılmaz, 2020).

5. Sonuç

Bu çalışma, artan gıda talebine karşı alternatif gıda kaynakları arayışında yenilebilir böceklerden olan Morio kurdunun kullanım olanaklarını araştırmaya odaklanmıştır. Nüfus artışı ve kaynak yetersizlikleri gibi sorunlar nedeniyle, yenilebilir böcekler, özellikle Morio kurdu, yüksek protein ve besin değerleri sunarak bu soruna çözüm olabilecek potansiyele sahiptir. Çalışmada, Morio kurdunun erişte üretiminde kullanımı araştırılmış ve hem Morio kurdunun kimyasal özellikleri hem de geleneksel erişte ve Morio kurdunun un ikamesi olarak kullanılmasıyla elde edilen yeni erişte çeşidinin fiziksel, kimyasal ve duysal özellikleri ortaya konulmuştur. Morio kurdu ile ikame edilen eriştelerin başta protein içerikleri olmak üzere besin içerikleri artmış, biyoaktif özellikleri iyileşmiş ve tüketici beğenisi açısından kabul edilebilir sonuçlar elde edilmiştir. Morio kurdunun gıda sektöründe kullanımı, gıda yetersizliği sorununa alternatif bir çözüm sunabilecek ve farklı fonksiyonel gıdaların geliştirilmesine katkı sağlayabilecektir.

Yazar katkısı

Seyhan, S.: Fikir ve kavram, Tasarım ve dizayn, Proje hazırlama, Malzeme tedarik, Veri toplama, Veri işleme, Literatür taraması; Nakilcioğlu,

E.:Fikir ve kavram, Tasarım ve dizayn, Denetleme ve Danışma, Proje hazırlama, Finansal kaynak araştırması, Malzeme tedarik, Veri toplama, Veri işleme, Literatür taraması, Yazım, Eleştirel inceleme, Proje hazırlama.

Finansman beyanı

Bu çalışma, Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Fonu (FM-YLT-2023-28412) tarafından desteklenmiştir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Etik standartlar

Çalışmada gerçekleştirilen duysal analiz, Türkiye Cumhuriyeti Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi doğrultusunda Fen ve Mühendislik Bilimleri Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu'nun (E-79287577-050.06.04-1198316) onay kararı sonrasında panelistlere uygulanmıştır.

Kaynaklar

- Ahmed, Z., Chen, J., Tufail, T., Latif, A., Arif, M., Ullah, R., Alqahtani, A. S. Xu, B. (2023). Fundamental opportunities and challenges of nutraceutical noodles enriched with agri-food by-products. *Trends in Food Science and Technology*, 104299. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104299>
- Ainsa, A., Marquina, P. L., Roncalés, P., Beltrán, J. A., Calanche M., J. B. (2021). Enriched fresh pasta with a sea bass by-product, a novel food: fatty acid stability and sensory properties throughout shelf life. *Foods*, 10(2), 255. <https://doi.org/10.3390/foods10020255>
- AACC (American Association of Cereal Chemists). (2000). *Approved methods of the AACC* (10th ed.). American Association of Cereal Chemists.
- AOCS (American Oil Chemists' Society). (2017). *AOCS official method Ce 2c-11: Direct methylation of lipids in foods by acid-alkali hydrolysis*. In M. Collison (Ed.), *Official methods and recommended practices of the AOCS* (7th ed.). American Oil Chemists' Society.

- Anbudhasan, P., Asvini, G., Surendraraj, A., Ramasamy, D., Sivakumar, T. (2014). Development of functional pasta enriched with omega-3 fatty acids. *Fish Technology*, 51(2), 242-246.
- AOAC (Association of Official Analytical Collaboration) (2007). *Official methods of analysis of AOAC International* (18th ed.). AOAC International.
- Araújo, R. R. S., dos Santos Benfica, T. A. R., Ferraz, V. P., Santos, E. M. (2019). Nutritional composition of insects *Gryllus assimilis* and *Zophobas morio*: Potential foods harvested in Brazil. *Journal of Food Composition and Analysis*, 76, 22-26. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2018.11.005>
- Ata, O., Bakar, B., Turkoz, B. K., Kumcuoglu, S., Aydogdu, Y., Gumustas, B., Doganay, G. D., Basturk, E., Tavman, S. (2024). Structural and molecular characterization of collagen-type I extracted from lamb feet. *Journal of Food Science*, 89(1): 330-341. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16870>
- Babuskin, S., Krishnan, K. R., Saravana Babu, P. A., Sivarajan, M., Sukumar, M. (2014). Functional foods enriched with marine microalga *Nannochloropsis oculata* as a source of ω -3 fatty acids. *Food Technology and Biotechnology*, 52(3), 292-299. <http://public.carnet.hr/ftbrfd/>
- Barroso, F. G., de Haro, C., Sánchez-Muros, M. J., Venegas, E., Martínez-Sánchez, A., Pérez-Bañón, C. (2014). The potential of various insect species for use as food for fish. *Aquaculture*, 422, 193-201. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.12.024>
- Bayrakçı, İ. (2024). *Çimlendirilmiş darı unu ilavesiyle hazırlanan eriştelerin teknolojik özelliklerinin geliştirilmesinde nemli ısıtıl işlem ve transglutaminaz enziminin kullanılması*. (Yüksek Lisans Tezi), Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, Türkiye.
- Biró, B., Fodor, R., Szedljak, I., Pásztor-Huszár, K., Gere, A. (2019). Buckwheat-pasta enriched with silkworm powder: Technological analysis and sensory evaluation. *LWT-Food Science and Technology*, 116, 108542. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108542>
- Bresciani, A., Cardone, G., Jucker, C., Savoldelli, S., Marti, A. (2022). Technological performance of cricket powder (*Acheta domesticus* L.) in wheat-based formulations. *Insects*, 13(6), 546. <https://doi.org/10.3390/insects13060546>
- Bryant, C., Szejda, K., Parekh, N., Deshpande, V., Tse, B. (2019). A survey of consumer perceptions of plant-based and clean meat in the USA, India, and China. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3, 432863. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2019.00011>
- Čaloudová, J., Křištofová, K., Pospiech, M., Klemková, T., Slaný, O., Čertík, M., Marcinčák, S., Makiš, A., Javůrková, Z., Pečová, M., Zlámalová, M., Vrbíčková, L., Tremlová, B. (2023). Effects of biofermented feed on *Zophobas morio*: Growth ability, fatty acid profile, and bioactive properties. *Sustainability*, 15(12), 9709. <https://doi.org/10.3390/su15129709>
- Carcea, M. (2020). Quality and nutritional/textural properties of durum wheat pasta enriched with cricket powder. *Foods*, 9(9), 1298. <https://doi.org/10.3390/foods9091298>
- Cozmuta, A. M., Nicula, C., Peter, A., Cozmuta, L. M., Nartea, A., Kuhalskaya, A., Pacetti, D., Silvi, S., Fiorini, D., Pruteanu, L. (2022). Cricket and yellow mealworm powders promote higher bioaccessible fractions of mineral elements in functional bread. *Journal of Functional Foods*, 99, 105310. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.105310>
- Çabuk, B. (2021). Influence of grasshopper (*Locusta Migratoria*) and mealworm (*Tenebrio Molitor*) powders on the quality characteristics of protein rich muffins: Nutritional, physicochemical, textural, and sensory aspects. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(4), 3862-3872. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-00967-x>
- Çabuk, B., Yılmaz, B. (2020). Fortification of traditional egg pasta (erişte) with edible insects: Nutritional quality, cooking properties and sensory characteristics evaluation. *Journal of Food Science and Technology*, 57, 2750-2757. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04315-7>
- da Silva Lucas, A. J., de Oliveira, L. M., Da Rocha, M., Prentice, C. (2020). Edible insects: An alternative of nutritional, functional and bioactive compounds. *Food Chemistry*, 311, 126022. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126022>

- Demir, M. K., Bilgiçli, N., Türker, S., Demir, B. (2021). Enriched Turkish noodles (erişte) with stabilized wheat germ: Chemical, nutritional and cooking properties. *LWT-Food Science and Technology*, 149, 111819. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111819>
- Dragojlović, D., Đuragić, O., Pezo, L., Popović, L., Rakita, S., Tomićić, Z., Spasevski, N. (2022). Comparison of nutritional profiles of super worm (*Zophobas morio*) and yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) as alternative feeds used in animal husbandry: Is super worm superior?. *Animals*, 12(10), 1277. <https://doi.org/10.3390/ani12101277>
- Duda, A., Adamczak, J., Chelmińska, P., Juskiewicz, J., Kowalczewski, P. (2019). Quality and nutritional/textural properties of durum wheat pasta enriched with cricket powder. *Foods*, 8(2), 46. <https://doi.org/10.3390/foods8020046>
- Emeksizoglu, N. G. (2016). *Attitudes toward managers in Turkey: the effects of gender of employees, gender of managers and social dominance orientation*. (M.S.- Master of Science), Middle East Technical University, Ankara, Türkiye.
- Fiala, N. (2008). Meeting the demand: an estimation of potential future greenhouse gas emissions from meat production. *Ecological Economics*, 67(3), 412-419. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.12.021>
- Finke, M. D. (2015). Complete nutrient content of four species of commercially available feeder insects fed enhanced diets during growth. *Zoo Biology*, 34(6), 554-564. <https://doi.org/10.1002/zoo.21246>
- Garcia-Salas P., Morales-Soto A., Segura-Carretero A., Fernández Gutiérrez A., (2010) Phenolic compound extraction systems for fruit and vegetable samples. *Molecules* 15(12), 8813–8826. <https://doi.org/10.3390/molecules15128813>
- González, C. M., Garzón, R., Rosell, C. M. (2019). Insects as ingredients for bakery goods. A comparison study of *H. illucens*, *A. domestica* and *T. molitor* flours. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 51, 205-210. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.03.021>
- Gravel, A., Doyen, A. (2020). The use of edible insect proteins in food: Challenges and issues related to their functional properties. *Innovative Food Science and Emerging Technology*, 59, 102272. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.10.2272>
- Gull, A., Prasad, K., Kumar, P. (2018). Nutritional, antioxidant, microstructural and pasting properties of functional pasta. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17(2), 147-153. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2016.03.002>
- Heimler, D., Vignolini, P., Dini, M. G., Vincieri, F. F., Romani, A. (2006). Antiradical activity and polyphenol composition of local brassicaceae edible varieties. *Food Chemistry*, 82, 1511–1517. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.057>
- Hellwig, M., Kühn, L., Henle, T. (2018). Individual Maillard reaction products as indicators of heat treatment of pasta—A survey of commercial products. *Journal of Food Composition and Analysis*, 72, 83-92. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2018.06.009>
- Ho, I., Peterson, A., Madden, J., Huang, E., Amin, S., Lammert, A. (2022). Will it cricket? Product development and evaluation of cricket (*Acheta domestica*) powder replacement in sausage, pasta, and brownies. *Foods*, 11(19), 3128. <https://doi.org/10.3390/foods11193128>
- Hou, G. (2001). Oriental noodles. *Advances in Food and Nutrition Research*, 43, 141-193. [https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(01\)43004-X](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(01)43004-X)
- Ivanišová, E., Košec, M., Brindza, J., Grygorieva, O., Tokár, M. (2018). Green barley as an ingredient in pasta: Antioxidant activity and sensory characteristics evaluation. *Contemporary Agriculture*, 67(1), 81-86. <https://doi.org/10.2478/contagri-2018-0012>
- Jahanian, R., Rasouli, E. (2014). Chemical composition, amino acid profile and metabolizable energy value of pasta refusals, and its application in broiler diets in response to feed enzyme. *Animal Feed Science and Technology*, 188, 111-125. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.12.002>
- Jones, K. E., Patel, N. G., Levy, M. A., Storeygard, A., Balk, D., Gittleman, J. L., Daszak, P. (2008). Global trends in emerging infectious diseases. *Nature*, 451(7181), 990-993. <https://doi.org/10.1038/nature06536>
- Kang, M. J., Bae, I. Y., Lee, H. G. (2018). Rice noodle enriched with okara: Cooking property, texture, and in vitro starch digestibility. *Food*

- Bioscience*, 22, 178-183. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2018.02.008>
- Keskin, Ş., Evlice, A. K. (2022). Zenginleştirilmiş erişte üretiminde yeni yaklaşımlar. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 11(1), 79-86.
- Kısa, H., (2019). *Erişte üretiminde farklı un katkılarının (balık unu, çekirge unu, un kurdu unu ve spirulina tozu) kullanım imkanlarının araştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi), Hamdullah Emin Paşa Üniversitesi, Alanya, Türkiye.
- Kowalczewski, P. Ł., Gumienna, M., Rybicka, I., Górna, B., Sarbak, P., Dziedzic, K., Kmiecik, D. (2021). Nutritional value and biological activity of gluten-free bread enriched with cricket powder. *Molecules*, 26(4), 1184. <https://doi.org/10.3390/molecules26041184>
- Kröncke, N., Bösch, V., Woyzichowski, J., Demtröder, S., Benning, R. (2018). Comparison of suitable drying processes for mealworms (*Tenebrio molitor*). *Innovative Food Science ve Emerging Technologies*, 50, 20-25. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.10.009>
- Kulma, M., Kouřimská, L., Homolková, D., Božík, M., Plachý, V., Vrabec, V. (2020). Effect of developmental stage on the nutritional value of edible insects. A case study with *Blaberus craniifer* and *Zophobas morio*. *Journal of Food Composition and Analysis*, 92, 103570. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103570>
- Kumar, P., Mehta, N., Abubakar, A. A., Verma, A. K., Kaka, U., Sharma, N., Sazili, A. Q., Pateiro, M., Kumar, M., Lorenzo, J. M. (2023). Potential alternatives of animal proteins for sustainability in the food sector. *Food Reviews International*, 39(8), 5703-5728. <https://doi.org/10.1080/87559129.2022.2094403>
- Lange, K. W., Nakamura, Y. (2023). Potential contribution of edible insects to sustainable consumption and production. *Frontiers in Sustainability*, 4, 1112950. <https://doi.org/10.3389/frsus.2023.1112950>
- Li, C., You, Y., Chen, D., Gu, Z., Zhang, Y., Holler, T. P., Ban, X., Hong, Y., Cheng, L., Li, Z. (2021). A systematic review of rice noodles: Raw material, processing method and quality improvement. *Trends in Food Science ve Technology*, 107, 389-400. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.11.009>
- Lin, L., Yang, H., Chi, C., Ma, X. (2020). Effect of protein types on structure and digestibility of starch-protein-lipids complexes. *LWT-Food Science and Technology*, 134, 110175. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110175>
- López, A., García, P., Garrido, A. (2008). Multivariate characterization of table olives according to their mineral nutrient composition. *Food Chemistry*, 106(1), 369-378. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.05.055>
- Ma, Z., Mondor, M., Valencia, F. G., Hernández-Álvarez, A. J. (2023). Current state of insect proteins: Extraction technologies, bioactive peptides and allergenicity of edible insect proteins. *Food ve Function*, 14, 8129. <https://doi.org/10.1039/D3FO02865H>
- Nakilcioğlu-Taş, E. (2019). Biochemical characterization of fig (*Ficus carica* L.) seeds. *Journal of Agricultural Sciences*, 25(2), 232-237. <https://doi.org/10.15832/ankutbd.398268>
- Ojha, S., Bußler, S., Schlüter, O. K. (2020). Food waste valorisation and circular economy concepts in insect production and processing. *Journal of Waste Management*, 118, 600-609. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.09.010>
- Orkus, A. 2021. Edible insects versus meat—Nutritional comparison: Knowledge of their composition is the key to good health. *Nutrients*, 13(4), 1207. <https://doi.org/10.3390/nu13041207>
- Ozda, T., Capanoglu, E., Altay, F. (2013). A review on protein-phenolic interactions and associated changes. *Food Research International*, 51(2), 954-970. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.02.009>
- Pasini, G., Cullere, M., Vegro, M., Simonato, B., Dalle Zotte, A. (2022). Potentiality of protein fractions from the house cricket (*Acheta domesticus*) and yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) for pasta formulation. *LWT*, 164, 113638. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113638>
- Pečová, M., Pospiech, M., Javůrková, Z., Ljasovská, S., Dobšíková, R., Tremlová, B. (2022). Influence of feed on anti-inflammatory and antioxidant effects of *Zophobas morio*. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 25(4), 102010. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2022.102010>

- Piazza, L., Ratti, S., Giroto, F., Cappellozza, S. (2023). Silkworm pupae derivatives as source of high value protein intended for pasta fortification. *Journal of Food Science*, 88(1), 341-355. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16420>
- Prachom, N., Boonyoung, S., Hassaan, M. S., El-Haroun, E., Davies, S. J. (2021). Preliminary evaluation of superworm (*Zophobas morio*) larval meal as a partial protein source in experimental diets for juvenile Asian sea bass, *Lates calcarifer*. *Aquaculture Nutrition*, 27(5), 1304-1314. <https://doi.org/10.1111/anu.13269>
- Radočaj, O., Dimić, E., Tsao, R. (2014). Effects of hemp (*Cannabis sativa* L.) seed oil press-cake and decaffeinated green tea leaves (*Camellia sinensis*) on functional characteristics of gluten free crackers. *Journal of Food Science*, 79(3), C318-C325. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12370>
- Roncolini, A., Milanović, V., Aquilanti, L., Cardinali, F., Garofalo, C., Sabbatini, R., Clementi, E., Belleggia, L., Pasquini, M., Mozzon, M., Foligni, R., Trombetta, M. F., Haouet, M. N., Altissimi, M. S., Di Bella, S., Piersanti, A., Griffoni, F., Reale, A., Niro, S., Osimani, A. (2020). Lesser mealworm (*Alphitobius diaperinus*) powder as a novel baking ingredient for manufacturing high-protein, mineral-dense snacks. *Food Research International*, 131, 109031. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109031>
- Rumbos, C. I., Athanassiou, C. G. (2021). The superworm, *Zophobas morio* (Coleoptera: Tenebrionidae): A 'sleeping giant' in nutrient sources. *Journal of Insect Science*, 21(2), 13. <https://doi.org/10.1093/jisesa/icab014>
- Scallan, E., Hoekstra, R. M., Angulo, F. J., Tauxe, R. V., Widdowson, M. A., Roy, S. L., Jones, J. L., Griffin, P. M. (2011). Foodborne illness acquired in the United States—major pathogens. *Emerging Infectious Diseases*, 17(1), 7. <https://doi.org/10.3201/eid1701.P11101>
- Schakel, S.F., Jasthi, B., Van Heel, N., Harnack, L. (2009). Adjusting a nutrient database to improve calculation of percent calories from macronutrients. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22 (SUPPL.), 32–36. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.11.011>
- Sripabloom, J., Kitthawee, S., Suphantharika, M. (2022). Functional and physicochemical properties of cookies enriched with edible insect (*Tenebrio molitor* and *Zophobas atratus*) powders. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 16(3), 2181-2190. <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01324-2>
- Talens, C., Lago, M., Simó-Boyle, L., Odrizola-Serrano, I., Ibargüen, M. (2022). Desirability-based optimization of bakery products containing pea, hemp and insect flours using mixture design methodology. *LWT*, 168, 113878. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113878>
- TGK (Türk Gıda Kodeksi), 2002, Türk Gıda Kodeksi Makarna Tebliği, Ankara (Tebliğ No: 2005/29).
- TGK (Türk Gıda Kodeksi), 2023, Türk Gıda Kodeksi Beslenme ve Sağlık Beyanları Yönetmeliği, Ankara.
- Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418(6898), 671-677. <https://doi.org/10.1038/nature01014>
- Van Boeckel, T. P., Brower, C., Gilbert, M., Grenfell, B. T., Levin, S. A., Robinson, T. P., Teillant, A., Laxminarayan, R. (2015). Global trends in antimicrobial use in food animals. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(18), 5649-5654. <https://doi.org/10.1073/pnas.1503141112>
- Vatansever, M., Tığa, B., Kumcuoğlu, S., Tavman, Ş. (2020). Farklı oranlarda mercimek unu ve patates nişastası içeren karışımların ekstrüde çabuk erişte üretiminde kullanımının incelenmesi. *Gıda*, 45(5), 837-849. <https://doi.org/10.15237/gida.GD20041>
- WHO/FAO (2007). Protein and amino acid requirements in human nutrition. *WHO Technical Report Series*, 935, 1-265, back cover. PMID: 18330140.
- Yalçın, S., Basman, A. (2008). Quality characteristics of corn noodles containing gelatinized starch, transglutaminase and gum. *J Food Qual* 31(4), 465–479. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2008.00212.x>
- Zhou, G., Tao, Y., Yin, L., Ni, L., Zhao, X., Wang, B. (2023). Effects of *Zophobas morio* meal on growth performance, serum biochemical indices and hormone levels of finishing pigs. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 35(7), 4247-4255. <https://doi.org/10.12418/CJAN.2023.395>

- Zielińska, E., Pankiewicz, U., Sujka, M. (2021a). Nutritional, physiochemical, and biological value of muffins enriched with edible insects flour. *Antioxidants*, 10(7), 1122. <https://doi.org/10.3390/antiox10071122>
- Zielińska, E., Zieliński, D., Jakubczyk, A., Karaś, M., Pankiewicz, U., Flasz, B., Dziewięcka, M., Lewicki, S. (2021b). The impact of polystyrene consumption by edible insects *Tenebrio molitor* and *Zophobas morio* on their nutritional value, cytotoxicity, and oxidative stress parameters. *Food Chemistry*, 345, 128846. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128846>
- Zioud, A., Hajji, W., Lobón, S., Joy, M., Bertolin, J. R., Smeti, S., Chabbouh, M., Bellagha, S., Essid, I. (2023). Effects of drying methods on chemical composition, lipid oxidation, and fatty acid profile of a traditional dried meat kaddid. *Foods*, 12(20), 3837. <https://doi.org/10.3390/foods12203837>