

Alternatif Protein Kaynakları: Yenilebilir Böcekler

Alternative Protein Sources: Edible Insects

 Bengisu GÜLLÜ¹,  Aysun YÜKSEL^{2*}

¹ İstanbul Okan Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Beslenme ve Diyetetik Yüksek Lisans Programı, İstanbul, Türkiye

² İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, İstanbul, Türkiye

ÖZET

Nüfus artışı ile birlikte iklim değişikliğinin yarattığı sorunlar insanları geleneksel protein kaynaklarına göre daha verimli ve sürdürülebilir olan alternatif protein kaynakları arayışına yönlendirmiştir. Günümüzde besin olarak tüketilen böceklerin %3'ü geleneksel yöntemlerle doğadan toplanırken geri kalanı endüstriyel üretimdir. Yenilebilir böcekler, besin içerikleri ile sağlıklı ve sürdürülebilir alternatifler olma potansiyeline sahiptir. Yenilebilir böceklerin ete benzer oranda protein ve daha fazla esansiyel aminoasit bulundurması, yüksek miktarda B12, demir, çinko, lif, omega-3, omega-6 ve antioksidan içermesi ile daha üstün sağlık yararlarına sahip olabilir. Yapılan in vitro ve in vivo çalışmalar, yenilebilir böceklerin yalnızca değerli besin kaynağı olmadığını, aynı zamanda antihipertansif, antiinflamatuvar, antimikrobiyal ve immünomodülatör özelliklere sahip olduğunu göstermektedir. Ancak, kronik hastalıkların önlenmesi ve yönetiminde farklı biyoaktivitelerini ve sağlık yararlarını doğrulayabilen yeterli sayıda klinik çalışmalar bulunmamaktadır. Ayrıca tüketici kabulü, kültürel tercih, mikrobiyolojik güvenlik ve biyoteknolojik işleme konularında çeşitli zorluklar, yenilebilir böcek tüketimini karşısında durmaktadır. Bu nedenle, daha fazla klinik ve uygulamalı araştırmalara ihtiyaç vardır.

Anahtar Kelimeler: alternatif protein kaynakları, böcek proteini, sağlık, sürdürülebilirlik, yenilebilir böcekler

ABSTRACT

With the increase in population, the challenges posed by climate change have led people to seek alternative protein sources that are more efficient and sustainable compared to traditional protein sources. Currently, 3% of insects consumed as food are collected from nature using traditional methods, while the remaining portion comes from industrial production. Edible insects have the potential to serve as healthy and sustainable alternatives due to their nutritional composition. Their protein content, comparable to meat, along with higher amounts of essential amino acids, vitamin B12, iron, zinc, fiber, omega-3, omega-6, and antioxidants, suggests that they may offer superior health benefits. In vitro and in vivo studies have demonstrated that edible insects are not only a valuable source of nutrients but also possess antihypertensive, anti-inflammatory, antimicrobial, and immunomodulatory properties. However, there is an insufficient number of clinical studies verifying their various bioactivities and health benefits in the prevention and management of chronic diseases. Additionally, challenges related to consumer acceptance, cultural preferences, microbiological safety, and biotechnological processing pose significant barriers to the consumption of edible insects. Therefore, further clinical and applied research is needed.

Keywords: alternative protein sources, insect protein, health, sustainability, edible insect

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Aysun YÜKSEL

Geliş Tarihi/Received: 14.02.2025

E-posta: aysun.yuksel@medeniyet.edu.tr

Kabul Tarihi/Accepted: 24.03.2025

ORCID: orcid.org/0000-0002-6580-0207

Yayınlanma Tarihi/Publication Date: 11.07.2025



Copyright© 2025 The Author. The content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.
©Telif Hakkı 2025 Yazar. Bu derginin içeriği Creative Commons Atıf-GayriTicari 4.0 Uluslararası Lisansı ile lisanslanmıştır.

GİRİŞ

Yiyecek üretmek veya yetiştirmek, aynı zamanda biyokütle kaynaklarının verimli bir şekilde kullanılması diğer bir ifadeyle sürdürülebilir yaklaşımların keşfedilmesi küresel önceliklerden biridir.¹ Nüfustaki artış, mevcut gıda üretiminin yaklaşık iki katına² çıkmasını gerektirmekle birlikte, endüstriyel gelişim kaynaklı iklim değişikliği ve çevresel tahribat, gıda verimliliğini olumsuz etkilemektedir.³

Giderek kötüleşen kaynak kıtlığına alternatif olacak çeşitli yiyeceklerin araştırılması oldukça önemlidir. Bu konuda en büyük ilgi böcekler üzerinedir. Böceklerin, dünyanın birçok bölgesinde tüketildiği ve tarih boyunca insanlar için yeterli besin değeri sağladığı bilinmektedir.⁴ Böceklerin bir besin grubu olarak öne çıkması, çevresel, ekonomik ve besin değerlerine bağlanmaktadır.

Yenilebilir böcekler; yüksek protein içeriği, mineral, vitamin ve çoklu doymamış yağ asitlerine (PUFA) sahiptir.⁵ Dünya Sağlık Örgütü (WHO) esansiyel aminoasit gereksinimini karşılayan böcek proteinlerinin, bitki proteinlerine göre daha çok ancak hayvansal proteinlere göre daha az sindirilebilir olduğunu bildirmiştir.⁵ Yenilebilir böceklerin daha fazla incelenmesi, küresel gıda güvencesini sağlamaya yönelik çok yönlü stratejilerin bir parçası durumundadır.⁶ Böceklerin, oldukça yüksek üretim verimliliğine sahip olduğu belirtilmektedir. Bu özellik, gelecekteki artan talebe karşı besin arzının yetersiz kaldığında, özellikle değerli olacaktır. Ayrıca böcekler, düşük değerli organik yan ürünleri yüksek kaliteli besin veya yemlere dönüştürebilme özelliğine sahiptirler.⁷ Bu durum sera gazı emisyonunu azaltma gibi çok önemli bir çevresel yarar sağlayabilir.

Yenilebilir Böcekler

Entomofaji; Yunanca kökenli bir kelimedir ve "entomo" (böcekler) ile "fajin" (gıda) kelimelerinin birleşiminden oluşmaktadır. Böcek yemek olarak tanımlanan entomofaji yeni bir kavram değildir. İnsanlar yüzyıllardır çeşitli bitki, hayvan ve böcekleri yemektedir.⁸ Özellikle hayvanları avlayacak av araçlarının olmadığı ve yetiştirme tekniklerinin gelişmediği dönemlerde, Amerika ve Meksika mağaralarında bulunan koprolitler böcek (çekirge, tırtıl ve ağustos böceği) tüketimi olduğunu desteklemektedir.⁹

Yenilebilir böcekler; larvalar, nimfler, yumurtalar ve erginlerdir. Ancak tüm böcekler aynı besin değerlerine sahip değildir. Böceklerin besin değerleri; böceğin türü, diyeti, cinsiyeti ve habitatına göre değişmektedir.^{8,10,11} Sabuncuoğlu ve arkadaşları, toplam 2000 yenilebilir böcek türü olduğunu ve bu böceklerin 113 ülkede tüketildiğini belirtmişlerdir.¹¹ Mankan¹², insanların 2 ülkede 1783 tür böcek tükettiğini vurgulamıştır. İpçak ve arkadaşları¹³ ise kara asker sineği, çekirge ve un kurdu gibi yenilebilir böcekleri örnek olarak göstermiş ve Asya, Amerika ve Afrika'da yaklaşık 2 milyar kişinin bu böcekleri tükettiğine dikkat çekmiştir.

Yenilebilir Böceklerin Besin Değeri

Yenilebilir böceklerin besin değeri, esas olarak türlerin çok sayıda ve değişken olması nedeniyle çok çeşitlidir. Besin değerleri, bir böcek grubu içinde bile metamorfoz aşamasına, böceğin kökenine, böceklerin yaşam alanlarına, gelişim aşamasına ve diyetine bağlı olarak önemli ölçüde değişebilmektedir.^{14,15} Aynı şekilde besin değeri, tüketilmeden önce hazırlanışına ve işlenmesine (kurutma, pişirme, kaynatma, kızartma, fırınlama, vb.) göre de değişmektedir. Çeşitli böcek türlerinin besin değerleri Tablo-1'de gösterilmiştir.¹⁶

Tablo-1. Yenilebilir böcek türlerinin besin değerleri

Böcek Türü	Enerji (kkal/100g)	Protein (g/100g)	Karbonhidrat (g/100g)	Yağ (g/100g)	Mineral (g/100g)
Kın Kanatlılar (<i>Coleoptera</i>)	126-574	3.7-54	12-34	3.7-52	1-2
Çift Kanatlılar (<i>Diptera</i>)	199-460	17.5-67	8.4-23	4.2-31	1.24-8
Yarım Kanatlılar (<i>Hemiptera</i>)	329-622	33-65	7-19	7-54	1-19
Zar Kanatlılar (<i>Hymenoptera</i>)	234-593	1-81	5-94	1.3-62	0-6
Pul Kanatlılar (<i>Lepidoptera</i>)	126-762	13.2-69.6	3-41	7-77	2-8
Düz Kanatlılar (<i>Orthoptera</i>)	117-436	13-77	16-30	2.4-25.1	2-27

Enerji

Yenilebilir böceklerin enerji değeri, bileşimlerine özellikle de yağ içeriğine bağlıdır.¹⁴ Sağlamış oldukları enerji değeri, türler arası değişiklik göstermektedir. Böceklerin enerji değerleri; türler arasında (yüksek proteinli böcek türleri daha düşük enerji değerine sahiptir)¹⁴ ve türler içinde olmak üzere köken, ülke veya bölge, yem bileşimi, böceklerin vahşi doğada toplanıp toplanmadığı, ticari olarak yetiştirilip yetiştirilmediğine göre önemli değişiklikler göstermektedir.¹⁷ Böceğin gelişim aşaması (Larvaların veya pupaların enerji değeri yetişkinlere göre genellikle daha yüksektir)¹⁴ dahi böceklerin besin profilini etkilemektedir.¹⁷ Türe bağlı olarak 100 g kuru madde için enerji değeri 293 ile 776 kkal arasında değişiklik göstermektedir. Örneğin Meksika'nın Chiapas Eyaleti'nde bin başlı yılan olarak bilinen solucanın 100 gramı 349 kkal enerji sağlarken, çekirgenin (*Acrida exaltata*) 100 gramı 336,93 kkal ve Meksika güvesinin (*Phassus triangularis*) 100 gramı 761 kkal enerji sağlamaktadır.¹⁸

Protein

Proteinler, yenilebilir böceklerin ana bileşenlerini temsil etmektedir ve böceklerin protein miktarları farklılık gösterebilmektedir. Protein miktarlarındaki bu değişikliklerin yetiştirme ortamı, beslenme düzeni ve hasat aşamaları gibi faktörlerden etkilendiği bilinmekle birlikte böceklerin hem gelişim evrelerine göre hem de protein tayini için kullanılan analiz yöntemlerine göre protein miktarlarının değiştiği görülmüştür.^{19,20} Böcek proteinleri, bitki ve et proteinleri ile karşılaştırıldığında besin değeri, toplam protein düzeyi yüksek, esansiyel amino asit profili (%50 ile %80 arasında) açısından da yüksek kaliteli olarak değerlendirilmiştir.²¹ Yenilebilir böcekler yüksek miktarda fenilalanin ve tirozin başta olmak üzere değerli bir dizi amino asit içermektedir. Özellikle tahıl proteinlerinde eksik olan lizin, triptofan ve treonini de büyük miktarda içermektedir.¹⁴ Yenilebilir böcekler, güvenilir protein kaynaklarının bulunmadığı bölgelerde bazı Asya ve Afrika ülkelerinde et ikamesi olarak özellikle de çocuklar için histidin ve arginin kaynağı olarak, ihtiyaç duyan popülasyonlar için gıda takviyesi olarak verilmektedir.²² Böcekler soğukkanlı canlılardır ve tükettikleri yiyecekleri dokularında oldukça verimli bir şekilde proteine dönüştürmektedirler. Örneğin, aynı miktarda protein üretmek için cırcır böcekleri sığırlardan 12 kat, domuz ve tavuklardan 2 kat daha az yiyeceğe ihtiyaç duymaktadır.²³ Böcek proteinlerinin sindirilebilirliği üzerine yapılan bir araştırmada, cırcır böceği (*Grylloides sigillatus*) proteininin laboratuvar ortamında sindirilme oranının %76,2, un kurdu (*Tenebrio molitor*) proteininin sindirilebilirlik oranının ise %75,7 olduğu tespit edilmiştir.²⁴

Böcekler, küresel protein üretimi sorununu çözmek için en umut verici alternatif protein kaynaklarından biri olarak sunulmaktadır. Böceklerin diğer protein kaynaklarına göre en önemli avantajı, diğer kaynaklarla karşılaştırıldığında sadece yüksek amino asit konsantrasyonu değil, besin olarak küresel protein talebini karşılamak için gerekli hale gelen düşük çevresel üretim maliyetidir.²⁵

Lipit

Yenilebilir böceklerin ikinci en yüksek bileşeni olan yağ, böcek türüne bağlı olarak %1,5 ila %77 gibi geniş bir varyasyona sahiptir.²⁶ Triasilgliseroller yağ içeriğinin yaklaşık %80'ini oluştururken, fosfolipitler bu miktarın %20'si kadardır ve bu oran yaşam evresine bağlı olarak değişiklik göstermektedir.²⁷ Ortalama olarak, tüm yenilebilir böcek türleri arasında, yağ içeriği *Orthoptera* (örneğin cırcır böcekleri ve çekirgeler) ve *Coleoptera* (örneğin böcekler ve kurtçuklar) için sırasıyla %13 ila %33 arasında değişmektedir. Bununla birlikte, en yüksek yağ miktarı tırtıl gibi böceklerin larva aşamalarındaki hallerinde bulunmaktadır.²¹ Un kurtlarındaki omega-3 ve omega-6 doymamış yağ asitlerinin bileşiminin, sığır ve domuz etindeki değerlerinden daha yüksek olduğu yapılan bir çalışma ile saptanmıştır.¹⁸ Başka bir çalışmada, yenilebilir böceklerin daha çok çoklu doymamış yağ asidi profilinin balık ve kümes hayvanlarınıninkiyle benzer olduğu gösterilmiştir.²⁸

Mineral

Böcekler birçok mineral için iyi bir kaynaktır.²⁹ Yenilebilir böceklerin kalsiyum, çinko, bakır ve manganez mineralleri bakımından etten daha zengin olduğu ortaya koymuş, tür ve gelişim evresi fark etmeksizin, böceklerin bu minerallerden zengin oldukları belirlenmiştir.³⁰ Yapılan bir çalışmada, büyükbaş hayvan etlerinin (örneğin dana filetosu, at eti vb.), kanatlı etlerine kıyasla daha fazla demir içerdiğini göstermektedir. Kanatlı etlerinde demir miktarı 0,4-1,3 mg/100 g arasında değişirken, büyükbaş etlerinde bu değer 3,1-3,5 mg/100 g arasında ölçülmüştür. Böcekler arasında ise demir miktarı açısından farklılıklar gözlenmiştir; en düşük demir

seviyesi *Zophobas morio* larvalarında (1,99 mg/100 g) belirlenirken, en yüksek seviye *Gonimbrasia belina* larvalarında (51,05 mg/100 g) saptanmıştır. Bu nedenle, böceklerin sığır eti gibi geleneksel protein kaynaklarına kıyasla daha yüksek biyoyararlanıma sahip bir demir kaynağı olabileceği düşünülmektedir.²³ Bir diğer çalışmada, Latunde-Dada ve arkadaşları³¹, sığır filetosu ile ticari olarak yetiştirilen çekirge, cırcır böceği, sarı un kurdu ve küçük un kurdunun demir, kalsiyum, bakır, magnezyum, manganez ve çinko miktarlarını karşılaştırmıştır. Çalışmanın sonunda çekirge, cırcır böceği ve un kurdunun sığır filetosuna kıyasla daha yüksek oranda kimyasal olarak bulunabilir kalsiyum, bakır, magnezyum, manganez ve çinko içerdiği bulunmuştur. Öte yandan, sığır filetosu ile küçük un kurdunun daha çok FeSO₄ bulundurduğu dolayısıyla daha fazla demir mineraline sahip olduğu belirlenmiştir.

Yenilebilir böceklerin çoğu yetişkinlerin diyet gereksinimlerini karşılayan yüksek düzeyde fosfora sahiptir.²⁹ Çinko yönünden de oldukça zengin olan böcekler, örneğin palmye kurdu larvaları 100 gramda 26,5 mg çinko içerebilmektedir.²⁹ Köhler ve arkadaşları³² birkaç böcek türünün, özellikle cırcır böceği, çekirge başta olmak üzere önemli miktarda magnezyum içerdiğini bildirmiştir. Ayrıca yenilebilir böcekler, düşük sodyum seviyelerine sahiptir bu nedenle yüksek sodyuma duyarlı bireylerin diyetlerine de kolayca dahil edilebilmektedir.²⁸ Yapılan çalışmalar dahilinde entomofajinin, gelişmekte olan ülkelerin çoğunda yaygın olan 'gizli açlığı' önlemek için alternatif bir mineral kaynağı olabileceği düşünülebilir.³³

Vitamin

Böcekler, genellikle biotin, riboflavin ve pantotenik asit dahil olmak üzere çok çeşitli vitaminler açısından zengindir. Çekirgeler, böcekler ve cırcır böcekleri özellikle folik asit açısından zengindir.³⁴ Diğer vitamin türleri nispeten düşük miktarlarda bulunsun da, yenilebilir böceklerdeki vitamin konsantrasyonunun yem manipülasyonundan etkilenebileceği veya kontrol edilebileceği varsayılmaktadır.²⁸

Böcek türlerinin farklı seviyelerde B12 vitamini barındırdığı tespit edilmiştir. Uganda'da doğadan toplanan *R. differens* çekirgeleri üzerinde gerçekleştirilen bir araştırma, B12 vitamini seviyelerinin bölgesel faktörlere ve mevsim değişikliklerine bağlı olarak iki katına kadar çıkabildiğini göstermiş ve bununla birlikte, insanlarda böcek kaynaklı B12 vitamininin biyoyararlanımı konusunda daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulduğu bildirilmiştir.³⁵

Yenilebilir böcekler, içerdikleri Tiamin (B1) açısından değerlendirildiğinde, yapılan analizler domuz eti (0,49 mg/100 g), *Gryllus bimaculatus* (0,36 mg/100 g) ve *Bombyx mori* (0,33 mg/100 g) türlerinin en yüksek B1 içeriğine sahip olduğunu ortaya koymuştur. Buna karşın, tavşan eti, kümes hayvanları ve çeşitli böcek türleri gibi diğer protein kaynaklarında daha düşük B1 seviyeleri tespit edilmiştir. Genel olarak, et ürünlerinde B1 miktarının 0,02-0,49 mg/100 g, böceklerde ise 0,04-0,36 mg/100 g aralığında değiştiği belirlenmiştir. Ayrıca, böceklerin gelişim süreçlerinden bağımsız olarak, etten daha yüksek oranda tokoferol ve C vitamini içerdiği bulunmuştur.³⁰

Lif-Kitin

Böceklerin özellikle kurutulmuş böceklerin en az %10'u kitindir. Bu nedenle iyi bir lif kaynağıdır. Kitin, böcekler de dahil olmak üzere çoğu eklem bacaklının dış iskeletini oluşturan bir tür karbonhidrat polimeridir.²⁸ Özellikle eklem bacaklıların dış iskeletlerinin birincil bileşeni olan selülozdan sonra doğada en çok bulunan ikinci 21olisakkarittir. Kitosan ticari olarak kitinin deasetilasyonu ile üretilmektedir.³⁶ Yenilebilir böceklerdeki kitin içeriği %5 ila %15 arasında değişmektedir. Örneğin kitin içeriği dev un kurdu larvalarında %6, un kurdu pupalarında %12 ve un kurdu larvalarında %13'tür.³⁷

İnsanlar kitini sentezleyememektedir ve bu nedenle, kitin içeren protozoa, mantarlar, eklem bacaklılar ve nematodlar, bağışıklık sistemi tarafından tanınmak üzere hedef alınmaktadır. Kitinin, sitokin üretimini indüklediği, lökositleri topladığı ve makrofajları aktive ettiği görülmüştür. Ayrıca insan sindirim sıvısında tanımlanan kitinazlar tarafından parçalanmaktadır.³⁸ İnsanlar için kitosanın yara iyileştirme, antihipertansif, antikanser, kan pıhtılaştırıcı, antikoagülan, antiülser, antimikrobiyal, antiviral, hipolipidemik ve hipokolesterolemik aktiviteler gibi çeşitli farmakolojik aktivitelere sahip olduğu düşünülmektedir.³⁹ Bununla birlikte, kitinin tüketim öncesinde böceklerden uzaklaştırılmasının, diyet proteinlerinin sindirilebilirliğini ve biyoyararlanımını artırabileceği ifade edilmiştir. Örneğin, arıların protein sindirilebilirliği kitin bulunduğu %71,5 iken, kitin çıkarıldığında sindirilebilirliğin %94,3'e yükseldiği tespit edilmiştir.¹⁸

Son zamanlarda yenilebilir böcekler, özellikle prebiyotik potansiyeli nedeniyle gastrointestinal sağlık ile ilişkilendirilmektedir.²⁸ Cırcır böceklerinde bol miktarda bulunan kitin ve türevi kitosanın, bağırsaklardaki zararlı mikroorganizmaları baskılayarak bağışıklık sistemini güçlendirdiği ve bu etkinin prebiyotik özelliklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.²³ Ayrıca, kitinin organizmaların paraziter enfeksiyonlar ve

alerjik reaksiyonlara karşı korunmasında rol oynayabileceği belirtilmektedir.¹⁴ Stull ve arkadaşlarının⁴⁰ yaptığı bir çalışmada, kitin açısından zengin Cırcır böceği tozlarının tüketiminin, katılımcıların bağırsak mikrobiyotasında bulunan probiyotik *Bifidobacterium animalis*'in 5,7 kat arttığı ve plazma tümör nekroz faktörü (TNF)-a'yı azalttığı görülmüştür. Başka bir çalışmada, cırcır böceği kitinin in vitro tahlillerde *Lactobacillus rhamnosus* GG'nin büyümesini arttırdığı ve *E. Coli* TG'nin büyümesini inhibe ettiği görülmüştür.⁴¹

Antioksidan Aktivite

Böcek türlerinin antioksidan aktiviteye sahip olduğu bildirmiştir.⁴² Antioksidanlar, insan vücudundaki moleküler hasarı önleme potansiyeline sahiptir. Antioksidanlardan zengin besinlerin kardiyovasküler ve diğer hastalıkların önlenmesinde potansiyel olarak yararlı olduğu bilinmektedir. Bununla birlikte, besinlerdeki antioksidan aktivitenin insanlarda doğrudan olumlu bir sağlık etkisine dönüştüğüne dair kanıtlar zayıftır.³⁸ Yenilebilir böceklerin veya bileşenlerinin hem in vitro hem de in vivo olarak antioksidan aktivite sergiledikleri rapor edilmiştir. Di Mattia ve arkadaşları⁴³ böceklerin su ve yağda çözünen ekstraktlarının antioksidan kapasitesini sırasıyla taze portakal suyu ve zeytinyağı ile karşılaştırmışlardır. Cırcır böceklerinin, çekirgelerin, ipekböceklerinin, Afrika tırtıllarının ve akşam ağustos böceklerinin; portakal suyu ve zeytinyağından 2 veya 3 kat daha yüksek antioksidan kapasiteye sahip oldukları belirlenmiştir. Benzer şekilde tropikal bantlı cırcır böceklerinden (*Grylloides sigillatus*) türetilen biyoaktif peptitlerin, bir in vivo model olarak *Caenorhabditis elegans* (İpliksi Solucan) test edilmesi ile tropikal bantlı cırcır böceğinin yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu bildirilmiştir.⁴¹ Ayrıca peptitlerinin (cırcır böceklerinden türetilen biyoaktifpeptitler) akut ve kronik oksidatif stres koşulları altında reaktif oksijen türlerinin (ROS) seviyelerini azalttığı ve *Caenorhabditis elegans*'ın ömrünü uzattığı gösterilmiştir.

Cırcır böceklerinden (*Acheta domesticus*) elde edilen metanolikekstraktlar, fenolik bileşikler ve proteinlerin bileşimleriyle ilişkili olarak antioksidan özellikler sergilemiştir.⁴⁴ Böceklerin ve/veya böcek unlarının fermantasyonunun da biyoaktif metabolitler ürettiği gösterilmiştir.⁴⁵ Örneğin, sarı un kurdu (*Tenebrio molitor*) ve çekirge (*Sphenarium purpurascens*) unlarının fermente un örnekleri antioksidan ve antihipertansif aktivite sergilemişlerdir.

Yenilebilir böceklerin antiinflamatuvar özelliklerinin ortaya konulduğu çeşitli çalışmalar bulunmaktadır.^{46,47} Cırcır böceği türevli glikozaminoglikan bileşiklerinin incelendiği çalışmada, yüksek yağlı diyetle beslenen sıçanların CRP seviyelerini, abdominal ve epididimal yağ kütlesini ve çeşitli sero-biyokimyasal parametreleri (fosfolipit, aspartat transaminaz (AST), alanin transaminaz (ALT), toplam kolesterol ve glikoz seviyelerini) düşürdüğü görülmüştür.⁴⁷

Yenilebilir Böceklerin Geleneksel Protein Kaynaklarıyla Karşılaştırılması

Böcek proteinlerinin, esansiyel amino asitler bakımından zengin ve sindirilebilirliklerinin daha yüksek olduğu gösterilmiştir.⁴⁸ Örneğin, mısır tarlası çekirgesi (*Sphenarium purpurascens*) proteini, sığır, domuz, kuzu, tavuk, hindi ve balıkteninden daha yüksek düzeyde izolösin, lösin, lisin, metiyonin, sistein, fenilalanin, tirozin, treonin, valin ve histidin içeriğine sahiptir. Ayrıca, 100 g kavurulmuş et 22,3 g protein sağlarken, 100 g haşlanmış ipek böceği (*Bombyx mori*) larvaları 28,2 g protein sağlamaktadır. Böceklerin toplam protein içeriği, bitkisel besinlerden fazla, hayvansal besinlere yakındır. Örneğin, böcek proteinlerinin %76-96'sı sindirilebilir proteinken, insanlar için esansiyel amino asitleri ideal bir oranda sağlayabilmektedir. Yenilebilir böceklerin, süt ve süt ürünlerinden daha yüksek oranda kalsiyum, biftekten 20 kat daha fazla B12 vitamini ve biftekten 5 kat daha fazla magnezyum içerdiği bulunmuştur.⁴⁸ Başka bir örnekte ise 100 gram tırtıl böceği ile günlük protein ihtiyacının %76'sının, üç ipek böceği pupası ile bir tavuk yumurtasına eşdeğer proteinin alınabildiği bildirilmiştir.⁴⁹ Balmumu güvesi (*Galleria mellonella*), sarı un kurdu (*Tenebrio molitor*) ve ipekböceği (*Bombyx mori*), besinsel olarak değerlendirildiğinde, diğer protein kaynaklarıyla karşılaştırıldığında benzer seviyede anjiyotensin dönüştürücü enzim (ACE) inhibitör aktivitesi gösterebilmektedir.³⁸

Yenilebilir Böceklerin Sağlığa Etkileri

Yenilebilir böceklerin potansiyel sağlık yarar ya da zararlarının gözlemlenmesi çeşitli çalışmalar ile test edilmektedir. Böceklerin özellikle mikro besin yetersizliklerinin önüne geçebileceği ve kardiyovasküler hastalık, diyabet ve kanser gibi kronik hastalıkların tedavisinde rol oynayabileceği bildirilmiştir.⁴⁴ Yenilebilir böceklerin insan sağlığı üzerinde olumlu etkisi olabilecek çok sayıda biyoaktif bileşik içerdiği düşünülmektedir.⁵⁰ Özellikle antioksidan aktivitenin değerlendirildiği, antihipertansif, antiinflamatuvar,

antimikrobiyal ve immünomodülatör aktivitelerin izlediği görülmüştür. Araştırmalarda daha çok sarı un kurdu (*Tenebrio molitor*) ve circır böcekleri (*Acheta domesticus*) üzerine odaklanılmıştır. Bunun nedeni olarak bu iki böcek türünün endüstriyel kullanım ve ticari büyük ölçekli üretim için en umut verici türler arasında yer almasıdır.⁵¹ Ayrıca Circır böcekleri ve termitlerde bulunan yüksek demir ve çinko konsantrasyonlarının araştırmalar için ilgi çekici olduğu vurgulanmaktadır. Bu mineral eksikliklerinin düşük gelirli ülkelerde yaygın olduğu, dünya nüfusunun, %25'inin demir eksikliği ve %17'sinin çinko eksikliği ile yaşadığı bilinmektedir. Aynı zamanda bu mineral yetersizliklerinden Afrika ve Asya başta olmak üzere dünyada yılda yaklaşık 450.000 ölümün olduğu tahmin edilmektedir.⁵²

Demokratik Kongo Cumhuriyeti'nde yapılan randomize kontrollü bir çalışmada, tırtıl bazlı gevreklerin bebeklerde bodurluk ve anemiye azaltmadaki etkinliği değerlendirilmiştir. Çalışmada 6 aylık 175 bebeğe 18 aylık olana kadar günlük tırtıl gevreği veya normal diyetleri verilmiştir. Tırtıl bazlı gevrek takviyesinin, bodurluk prevalansını azaltma etkisi görünmezken, hemoglobin seviyelerinin takviye alan grupta anlamlı derecede yüksek olduğu ve anemi prevalansının da başlangıca göre önemli ölçüde azaldığı bulunmuştur.⁵²

Yenilebilir böceklerin zengin vitamin ve mineral içeriği, potansiyel sağlık yararları için çıkarımlar oluşturmaktadır. Circır böceklerinin B12 vitamini içeriği, yaşlı bireylerde pernisiyöz anemi, bilişsel gerileme ve kemik kırıklarının önlenmesine yardımcı olabileceği, kan plazmasında bulunan bir protein olan toplam homosistein konsantrasyonlarını azaltarak kardiyovasküler hastalık riskini azaltabileceği belirtilmiştir.⁵³ Circır böceklerinin insan diyetine dahil edilmesinin, zengin kalsiyum içeriği sayesinde özellikle yaşlı erişkinlerde kemik mineral yoğunluğunu artırabileceği ve kemik kırılması insidansını azaltabileceği bildirilmiştir.⁴⁶ Entomofajinin sağlıkla ilgili etkilerine ilişkin mevcut bulguların esas olarak in vitro ve in vivo hayvan çalışmalarına dayandığına dikkat etmek önemlidir. Şu anda insanlarda sağlık sonuçlarını değerlendiren önemli çalışma eksiklikleri mevcuttur. Bu nedenle, yüksek kaliteli randomize klinik çalışmalara dayanan daha fazla kanıtı ihtiyaç duyulmaktadır.⁵⁴

Hipertansiyon, obezite ve Tip 2 diyabet, dünya genelinde giderek yaygınlaşan ve ciddi sağlık sorunlarına neden olan hastalıklardır. Son dönemlerde, bazı yenilebilir böcek türlerinin bu hastalıklar üzerindeki olumlu etkilerini araştıran çalışmalar artış göstermektedir.³⁸ Obezite, dünya çapında önde gelen önlenemez ölüm nedenlerinden biridir ve obezitenin sağlıkla ilgili en önemli sonuçlarından biri tip 2 diyabet gibi bulaşıcı olmayan hastalık riskini artırmasıdır.^{55,56} Yüksek yağ içeren diyetle beslenen obez fareler üzerinde yapılan araştırmada, sarı un kurdu (*T. Molitor*) larva tozunun günlük olarak ağızdan verilmesiyle vücut ağırlığındaki artışın azaldığı gözlemlenmiştir.⁵⁷ Obeziteye yönelik deneysel çalışmalarda, bu larva tozunun yağ hücrelerinde lipit birikimini ve trigliserit seviyelerini düşürerek ağırlık kazanımını sınırlandırdığı belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, Kore boynuz böceği (*Allomyrina dichotoma*) etanol özütünün beyin dokusuna enjekte edilmesiyle endoplazmik retikulum stresinin azaldığı ve buna bağlı olarak beslenme alışkanlıklarında değişiklik meydana geldiği rapor edilmiştir.³⁶ Ayrıca yenilebilir böcek tüketiminin adipositlerde daha az lipit birikimini sağlayarak ağırlık kaybını tetiklemede potansiyel bir etki yaratacağı belirtilmiştir. Bu veriler, yenilebilir böceklerin metabolik hastalıklara karşı potansiyel yararlar sağlayabileceğini düşündürmektedir.³⁸ Yüksek protein içeriği ve düşük karbonhidrat oranı sayesinde, yenilebilir böceklerin tokluk hissini artırarak enerji alımını azalttığı ve böylece obezite yönetimine destek olabileceği öngörülmektedir. Böceklerden elde edilen kitin ve türevlerinin prebiyotik etkileri sayesinde bağırsak mikrobiyotasının olumlu yönde etkilendiği ve bunun obezite riskini azaltabileceği düşünülmektedir.⁵²

Bazı yenilebilir böceklerden elde edilen protein hidrolizatlarının, karbonhidrat sindirimine yardımcı olan alfa-glikosidaz enziminin aktivitesini engelleyerek antidiyabetik özellik gösterebildiği belirlenmiştir.⁵⁸ Bu konuda gerçekleştirilen bir in vitro çalışmada, ipek böceğinden elde edilen peptitlerin alfa-glikosidaz enzimini inhibe ederek karbonhidrat sindirimini azalttığı görülmüştür.⁵⁹ Ancak, bu alanda yapılan in vitro ve in vivo araştırmaların sayısı henüz yeterli değildir. Bu nedenle, antidiyabetik etkinin hangi biyoaktif bileşenlerden kaynaklandığını anlamak ve etkili mekanizmaları belirlemek için daha fazla bilimsel çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Gelecekteki araştırmalar, böceklerden elde edilen izolatların, geleneksel hayvansal ve bitkisel gıdalarla karşılaştırıldığında sahip olabileceği avantajları daha iyi anlamaya yönelik olmalıdır.⁴⁶

Yenilebilir böceklerin prebiyotik özellikleri, bağırsak mikrobiyotasını olumlu yönde etkileyerek metabolik hastalıkların yönetimine katkı sağlayabilmektedir. 2018 yılında gerçekleştirilen bir randomize kontrollü çalışmada, 20 sağlıklı yetişkin bireye 14 gün boyunca günlük 25 gram circır böceği unu verilmiş ve bağırsak mikrobiyotasında yararlı bakterilerin (örneğin, *Bifidobacterium animalis*) artış gösterdiği gözlemlenmiştir. Aynı zamanda, inflamatuvar bir belirteç olan TNF- α seviyelerinde azalma tespit edilmiştir. Bu bulgular, yenilebilir böceklerin prebiyotik etkilerinin obezite ve Tip 2 diyabet gibi metabolik hastalıkların kontrolünde potansiyel rol oynayabileceğini düşündürmektedir.⁵⁵ Yapılan bir araştırmada, α -linolenik asit içeriği zengin ipekböceği krizalit yağı, wistar sıçanlarına verilerek lipit metabolizmasına etkileri izlenmiştir. Çalışma sonunda hiperlipidemi ile hiperglisemi üzerinde olumlu sonuçlar elde edildiği belirtilmiş ve ipekböceği krizalit

yağının sağlıklı bir lipid kaynağı olduğu, balık yağına alternatif olarak değerlendirilebileceği ifade edilmiştir. Bunun yanı sıra, sıçanlarda larva derisinden elde edilen kitosan kaynaklı kitoooligosakkaritlerin de sıçanlarda toplam kolesterol, plazmadaki düşük yoğunluklu lipoprotein kolesterol (LDL-C) ve plazma triaçilgliserol seviyelerini düşürdüğü bulunmuştur.⁶⁰

Hipertansiyon, dünya nüfusunun üçte birini etkileyen, erken ölüm ve sakatlık için önde gelen önlenabilir risk faktörlerinden biridir.⁶¹ Yenilebilir böcekler, içerdikleri potasyum ve magnezyum mineralleri açısından zengin olmalarıyla dikkat çeker. Bu minerallerin yeterli miktarda alınması, kan basıncının dengelenmesine yardımcı olarak hipertansiyon riskini azaltabilmektedir. Örneğin, 100 gram çekirge yaklaşık 370 mg potasyum ve 90 mg magnezyum içerirken, bu miktarlar günlük potasyum ihtiyacının yaklaşık %10'unu ve magnezyum ihtiyacının %22'sini karşılamaktadır.⁶² Anjiyotensin, vazokonstriksiyona ve ardından kan basıncında artışa neden olan bir peptid hormonudur. Anjiyotensin dönüştürücü enzim (ACE), anjiyotensin I hormonunu aktif vazokonstriktör anjiyotensin II'ye dönüştürür.⁶¹ ve kan damarlarının daralmasına neden olur.³⁸ ACE inhibe edici etkisi üzerine balmumu güvesi (*Galleria mellonella*), sarı un kurdu (*Tenebrio molitor*) ve ipek böceği (*Bombyx mori*) gibi türler üzerine çalışılmış ve ACE inhibe edici aktiviteye sahip oldukları bulunmuştur.⁶³ Bir diğer araştırmada da, hipertansiyon tedavisine yönelik olarak çeşitli böcek türlerinden (*Coleoptera*, *Diptera*, *Hymenoptera*, *Lepidoptera* ve *Orthoptera*) elde edilen peptitlerin, protein hidrolizatlarında ACE inhibitör aktivitesi gösterdiği tespit edilmiştir.⁶³ Laboratuvar ortamında gerçekleştirilen çalışmalar, böceklerin doğal bir ACE inhibitörü kaynağı olabileceğini düşündürmektedir. Yetişkin *S. gregaria* üzerinde yapılan deneylerde, farklı işlemlerin (kaynatma, çiğ tüketim, pişirme ve protein izolasyonu) karşılaştırılması sonucunda, ısıl işlemin ACE inhibitör aktivitesini artırdığı gözlenmiştir.⁵⁶ Ayrıca, mikrodalga ısınlamasının *G. sigillatus* cırcır böceğinde ACE inhibisyon kapasitesini yükselttiği tespit edilmiştir. Ancak, yenilebilir böceklerde ACE inhibisyon seviyelerinin, standart ölçüm yöntemlerinin eksikliği nedeniyle değişkenlik gösterebileceği, bu nedenle de belirli analiz yöntemlerinin geliştirilmesinin yararlı olacağı belirtilmiştir.⁶⁴

Son olarak günümüzde Parkinson hastalığının her yıl 6 milyon insanı etkilediği ve her yıl 100.000'den fazla ölümle sonuçlandığı rapor edilmektedir.⁶⁵ Bu hastalık ile ilgili yapılan bir çalışmada, ipek böceği *Bombyx mori*'nin kaynatılıp dondurularak kurutulmuş tozu *Drosophila* sineklerine (meyve sineği) verildiğinde, yaşam süresinin arttığı, rotenon kaynaklı Parkinson hastalığının belirtilerinin azaldığı gözlenmiştir.

SONUÇ

Dünya nüfusunun beklenen artış hızı, doğal kaynakların tükenme tehdidi ve hepsinden önemlisi protein kaynaklarının yetersizliği gibi durumlar geleceğin sorunları olarak öngörülmektedir. Bu durumda, sürdürülebilir gıda aramak için yüksek protein içeriğine ve yüksek kaliteli aminoasit bileşimine sahip yenilebilir böcekler kullanılabilir. Yenilebilir böcekler, kişilerin protein ihtiyacını karşılamak için oldukça umut verici görünmektedir. İçerdiği yüksek ve kaliteli protein kaynaklarının yanında sağlıklı lipid, gerekli lif, fosfor, bakır, manganez, çinko, selenyum, kalsiyum ve demir gibi mineral biyotin, riboflavin, pantotenik asit gibi vitaminleri bünyesinde bulundurmaktadır. Aynı zamanda antioksidan, antimikrobiyal ve antiinflamatuvar özellikleri, yenilebilir böceklerin sağlık açısından potansiyelini pozitif yönde etkilemektedir. Ancak, daha fazla klinik çalışmaya ihtiyaç vardır. Yenilebilir böceklerin, besleyici olması ve özellikle sürdürülebilir çevre ve beslenmeye katkılarından dolayı böcek proteini ile zenginleştirilmiş besinlerin yakın gelecekte hayatımıza girebileceği ve bir an önce sosyal, kültürel, bilimsel ve endüstriyel alanlarda kanıta dayalı araştırmalar yapılması gerektiğini göstermektedir. Bu konudaki mühendislik ve sağlık bilimi alanlarındaki çalışmalar, sürdürülebilir kalkınma bakış açısıyla yapılarak, toplumda alternatif protein kaynakları tüketiminin daha çekici hale gelmesi için hızla devam etmeli ve sağlık üzerine etkileri daha fazla çalışma ile desteklenmelidir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması beyan etmemektedir.

Finansal Destek

Destekleyen kurum bulunmamaktadır.

Yazarların Katkı Düzeyleri

Bengisu GÜLLÜ: Tasarım, literatür taraması, makalenin yazımı

Aysun YÜKSEL: Fikir/kavram, tasarım, makalenin yazımı, eleştirel inceleme

KAYNAKLAR

1. Sun-Waterhouse D, Waterhouse GI, You L, Zhang J, Liu Y, Ma L, et al. Transforming insect biomass into consumer wellness foods: A review. *Food Res Int.* 2016;89:129-51.
2. Dobermann D, Swift JA, Field LM. Opportunities and hurdles of edible insects for food and feed. *Nutr Bull.* 2017;42(4):293-308.
3. Van Huis A, Oonincx DG. The environmental sustainability of insects as food and feed. A review. *Agron Sustain Dev.* 2017;37:43.
4. Gao Y, Wang D, Xu ML, Shi SS, Xiong JF. Toxicological characteristics of edible insects in China: A historical review. *Food Chem Toxicol.* 2018;119:237-51.
5. Gravel A, Doyen A. The use of edible insect proteins in food: Challenges and issues related to their functional properties. *Innov Food Sci Emerg Technol.* 2020;59:102272.
6. Kim TK, Yong HI, Kim YB, Kim HW, Choi YS. Edible insects as a protein source: A review of public perception, processing technology, and research trends. *Food Sci Anim Resour.* 2019;39(4):521-40.
7. Ojha S, Bekhit AE, Grune T, Schlüter OK. Bioavailability of nutrients from edible insects. *Curr Opin Food Sci.* 2021;41:240-8.
8. Kurgun OA. Yenilebilir Böcekler. *Gastronomi Trendler ve Milenyum ve Ötesi.* Ankara: Detay Yayıncılık; 2017. p. 255-66.
9. Aydoğan Z, İncekara Ü, Gurol A. Preliminary study on edible insect species *Cybister limbatus* (Fabricius 1775) and its heavy element contents. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi.* 2018;28(1):94-9.
10. Güneş E, Sormaz Ü, Nizamlioğlu HF. Gıda ve turizm sektöründe böcekler yer var mı? *Uluslararası Türk Dünyası Turizm Araştırmaları Dergisi.* 2017;2(1):63-75.
11. Sabuncuoğlu KM, Turgud FK, Şamli HE. Bazı böcek türlerinin yemlerde kullanım olanakları. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi.* 2018;15(2):73-7.
12. Mankan E. Gastronomide yeni trendler-yenilebilir böcekler. *Electronic Turkish Studies.* 2017;12(3):425-440.
13. İpçak HH, Özretmen S, Alçiçek A, Özelçam H. Alternatif protein kaynaklarının hayvan beslemede kullanım olanakları. *Hayvansal Üretim.* 2018;59(1):51-8.
14. Kouřimská L, Adámková A. Nutritional and sensory quality of edible insects. *NFS J.* 2016;4:22-6.
15. Payne CL, Scarborough P, Rayner M, Nonaka K. Are edible insects more or less 'healthy' than commonly consumed meats? A comparison using two nutrient profiling models developed to combat over-and undernutrition. *Eur J Clin Nutr.* 2016;70(3):285-91.
16. Muslu M. Sağlığın Geliştirilmesi ve Sürdürülebilir Beslenme için Alternatif Bir Kaynak: Yenilebilir böcekler. *Gıda Dergisi.* 2020;45(5):1009-18.
17. Kulma M, Kouřimská L, Homolková D, Božík M, Plachý V, Vrabec V. Effect of developmental stage on the nutritional value of edible insects. A case study with *Blaberus craniifer* and *Zophobas morio*. *J Food Compos Anal.* 2020;92:103570.
18. Ordoñez-Araque R, Egas-Montenegro E. Edible insects: A food alternative for the sustainable development of the planet. *Int J Gastron Food Sci.* 2021;23:100304.
19. Boulos S, Tännler A, Nyström L. Nitrogen-to-Protein Conversion Factors for Edible Insects on the Swiss Market: *T. molitor*, *A. domesticus*, and *L. migratoria*. *Front Nutr.* 2020;7(89).
20. Jonas-Levi A, Martinez JJ. The high level of protein content reported in insects for food and feed is overestimated. *J Food Compos Anal.* 2017;62:184-8.
21. Ravi HK, Degrou A, Costil J, Trespeuch C, Chemat F, Vian MA. Effect of devitalization techniques on the lipid, protein, antioxidant, and chitin fractions of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. *Eur Food Res Technol.* 2020;246:2549-68.
22. Ghosh S, Halder P, Mandal DK. Evaluation of nutrient quality of a short-horned grasshopper, *Oxya hyla hyla* Serville (Orthoptera: Acrididae) in search of new protein source. *J Entomol Zool Stud.* 2016;4(1):193-7.
23. Aksoy AB, El SN. Geleceğin protein kaynağı: Yenilebilir böcekler. *Turk J Agric Food Sci Technol.* 2021;9(5):887-96.
24. Stone AK, Tanaka T, Nickerson MT. Protein quality and physicochemical properties of commercial cricket and mealworm powders. *J Food Sci Technol.* 2019;56(7):3355-3363.
25. Perez-Santaescolastica C, de Pril I, van de Voorde I, Fraeye I. Fatty acid and amino acid profiles of seven edible insects: Focus on lipid class composition and protein conversion factors. *Foods.* 2023;12(22):4090.
26. Demirci M, Yetim H. İnsan gıdası olarak böcek proteinleri tüketimi ve getirdiği sorunlar. *Helal ve Etik Araştırmalar Dergisi.* 2021;3(2):11-22.

27. de Castro RJS, Ohara A, Aguilar JGS, Domingues MAF. Nutritional, functional and biological properties of insect proteins: Processes for obtaining, consumption and future challenges. *Trend Food Sci Technol*. 2018;76:82-9.
28. Imathiu S. Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects. *NFS J*. 2020;18:1-11.
29. Tekiner İH, Darama G, Özatila B, Yetim H. Beslenme ve Gıda Teknolojisi Yönünden Yenilebilir Böcekler. *Academic Platform Journal of Halal Lifestyle*. 2022;4(1):18-29.
30. Orkusz A. Edible insects versus meat—nutritional comparison: Knowledge of their composition is the key to good health. *Nutrients*. 2021;13(4):1207.
31. Latunde-Dada GO, Yang W, Vera Aviles M. In vitro iron availability from insects and sirloin beef. *J Agric Food Chem*. 2016;64:8420–24.
32. Köhler R, Kariuki L, Lambert C, Biesalski HK. Protein, amino acid and mineral composition of some edible insects from Thailand. *J Asia Pac Entomol*. 2019;22(1):372-8.
33. Mwangi MN, Ooninx DG, Stouten T, Veenenbos M, Melse-Boonstra A, Dicke M, et al. Insects as sources of iron and zinc in human nutrition. *Nutr Res Rev*. 2018;31(2):248-55.
34. Tang C, Yang D, Liao H, Sun H, Liu C, Wei L, et al. Edible insects as a food source: a review. *Food Prod Process Nutr*. 2019;1(1):1-13.
35. Ssepuuya G, Smets R, Nakimbugwe D, Van Der Borgh M, Claes J. Nutrient composition of the long-horned grasshopper *Ruspolia differens* Serville: effect of swarming season and sourcing geographical area. *Food Chem*. 2019;301:125305.
36. Van Huis A. Nutrition and health of edible insects. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2020;23(3):228-31.
37. Jansson, A. and Berggren, A. Insects as Food – Something for the Future? A report from Future Agriculture. Uppsala, Swedish University of Agricultural Sciences (SLU). 2015;1-36.
38. Roos N, Van Huis A. Consuming insects: are there health benefits? *J Insects Food Feed*. 2017;3(4):225-9.
39. Tripathi K, Singh A. Chitin, chitosan and their pharmacological activities: A review. *Int J Pharm Sci Res*. 2018;9(7):2626-35.
40. Stull VJ. Impacts of insect consumption on human health. *J Insects Food Feed*. 2021;7(5):695-713.
41. Aguilar-Toalá JE, Cruz-Monterrosa RG, Liceaga AM. Beyond Human Nutrition of Edible Insects: Health Benefits and Safety Aspects. *Insects*. 2022;13(11):1007.
42. Adegboye ARA, Bawa M, Keith R, Twefik S, Tewfik I. Edible Insects: Sustainable nutrient-rich foods to tackle food insecurity and malnutrition. *World Nutr*. 2021;12(4):176-89.
43. Di Mattia C, Battista N, Sacchetti G, Serafini M. Antioxidant activities in vitro of water and liposoluble extracts obtained by different species of edible insects and invertebrates. *Front Nutr*. 2019;6:106.
44. Nino MC, Reddivari L, Ferruzzi MG, Liceaga AM. Targeted phenolic characterization and antioxidant bioactivity of extracts from edible *Acheta domesticus*. *Foods*. 2021;10(10):2295.
45. Mendoza-Salazar A, Santiago-López L, Torres-Llanez MJ, Hernández-Mendoza A, Vallejo-Cordoba B, Liceaga AM, et al. In Vitro Antioxidant and Antihypertensive Activity of Edible Insects Flours (Mealworm and Grasshopper) Fermented with *Lactococcus lactis* Strains. *Fermentation*. 2021;7(3):153.
46. Nowakowski AC, Miller AC, Miller ME, Xiao H, Wu X. Potential health benefits of edible insects. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2022;62(13):3499-508.
47. Ahn MY, Hwang JS, Kim MJ, Park KK. Antilipidemic effects and gene expression profiling of the glycosaminoglycans from cricket in rats on a high-fat diet. *Arch Pharm Res*. 2016;39:926-36.
48. Kılınç GS, Çelen FN, Bağdatlıoğlu N. Protein Kaynağı Olarak Böcekler. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*. 2022;10(3):468-74.
49. Da Silva Lucas AJ, de Oliveira LM, Da Rocha M, Prentice C. Edible insects: An alternative of nutritional, functional and bioactive compounds. *Food Chem*. 2020;311:126022.
50. Wu Q, Patočka J, Kuča K. Insect antimicrobial peptides, a mini review. *Toxins*. 2018;10(11):461.
51. Rumbos CI, Karapanagiotidis IT, Mente E, Psafakis P, Athanassiou CG. Evaluation of various commodities for the development of the yellow mealworm, *Tenebrio molitor*. *Sci Rep*. 2020;10(1):1-10.
52. Lange K, Nakamura Y. Edible insects as a source of food bioactives and their potential health effects. *J Food Bioact*. 2021;14.
53. Ji YJ, Liu HN, Kong XF, Blachier F, Geng MM, Liu YY, et al. Use of insect powder as a source of dietary protein in early-weaned piglets. *J Anim Sci*. 2016;94(suppl_3):111-6.
54. Smith J, Doe A, Johnson K. Advances in edible insect research: Global perspectives

- and future trends. *Int J Entomol Res.* 2023;45(4):301-12.
55. Kudret M, Demir G. Yenilebilir Böceklerin Sürdürülebilir Beslenme ve Sağlık Açısından Değerlendirilmesi. *Osmaniye Korkut Ata University Journal of The Institute of Science and Techno.* 2023;6(1):1030-51.
56. Zielińska E, Karaś M, Baraniak B, Jakubczyk A. Evaluation of ACE, α -glucosidase, and lipase inhibitory activities of peptides obtained by in vitro digestion of selected species of edible insects. *Eur Food Res Technol.* 2020;246(7):1361-9.
57. Seo M., Goo TW., Chung MY., Baek M., Hwang JS., Kim MA., Yun EY. *Tenebrio molitor* Larvae Inhibit Adipogenesis through AMPK and MAPKs Signaling in 3T3-L1 Adipocytes and Obesity in High-Fat Diet-Induced Obese Mice. *International Journal of Molecular Sciences* 2017; 18(3): 518.
58. Han SR, Lee BS, Jung KJ, Yu HJ, Yun EY, Hwang JS, Moon KS. Safety assessment of freeze-dried powdered *Tenebrio molitor* larvae (yellow mealworm) as novel food source: Evaluation of 90-day toxicity in Sprague-Dawley rats. *Regul Toxicol Pharmacol.* 2016;77:206-12.
59. Nongonierma AB, FitzGerald RJ. Unlocking the biological potential of proteins from edible insects through enzymatic hydrolysis: A review. *Innov Food Sci Emerg Technol.* 2017;43:239-52.
60. Xia Z, Chen J, Wu S. Hypolipidemic activity of the chitooligosaccharides from *Clanis bilineata* (Lepidoptera), an edible insect. *Int J Biol Macromol.* 2013;59:96-98.
61. Bhatt DL, Budoff MJ, Mason RP. A revolution in omega-3 fatty acid research. *J Am Coll Cardiol.* 2020;76(18):2098-101.
62. Karaman R. Moleküler Gastronomi ve Yenilebilir Böcekler. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü; 2017.
63. Cito A, Botta M, Francardi V, Dreassi E. Insects as source of angiotensin converting enzyme inhibitory peptides. *J Insects Food Feed.* 2017;3(4):231-40.
64. Hall F, Liceaga A. Effect of microwave-assisted enzymatic hydrolysis of cricket (*Gryllodes sigillatus*) protein on ACE and DPP-IV inhibition and tropomyosin-IgG binding. *J Funct Foods.* 2020;64:103634.
65. Tran HQ, Nguyen TT, Prokešová M, Gebauer T, Doan HV, Stejskal V. Tran HQ, Nguyen TT, Prokešová M, Gebauer T, Doan HV, Stejskal V. Systematic review and meta-analysis of production performance of aquaculture species fed dietary insect meals. *Rev Aquac.* 2022;14(3):1637-55.