



DERLEME
REWIEV
CBU-SBED, 2023, 10 (1): 54-59

Besin Kaynağı Olarak Yenilebilir Böcekler

Edible Insects as Food Sources

Şeyma Nurcan Kaldırım^{1*}, Alev Keser¹

¹Ankara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Ankara, Türkiye

e-mail: seymakaldirim@gmail.com, akeser@ankara.edu.tr

ORCID: 0000-0003-3770-9198

ORCID: 0000-0002-0812-2489

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Şeyma Nurcan Kaldırım

Gönderim Tarihi / Received:09.02.2022

Kabul Tarihi / Accepted: 28.03.2022

DOI: 10.34087/cbusbed.1070550

Öz

Yenilebilir böcekler, binlerce yıl boyunca insanlar için besin kaynağı olmuştur. Günümüzde insanların büyük bir kısmı için böcekler, iğrenç ve korkunç canlılar olarak görülse de, dünyanın pek çok bölgesinde insanların bazı böcekleri tükettiği bilinmektedir. Bununla birlikte, insanların böcek tüketimine olan ilgisi artmakta ve yenilebilir böcek pazar büyüklüğünde büyüme gözlenmektedir. Böcekler, protein ile çeşitli mineraller ve vitaminler açısından zengindir. Böcek üretimi için özel bir alana ihtiyaç duyulmamakta ve çiftlik hayvanlarına kıyasla, böcekler, daha az sera ve amonyak gazı üretmektedir. Bu etkenler, yenilebilir böcekleri sürdürülebilir beslenme için de önemli bir alternatif besin kaynağına dönüştürmektedir. Yenilebilir böceklerin anti-obeziye, antimikrobiyal ve antioksidan özellikleri mevcut olsa da, böcekler, çeşitli biyolojik, kimyasal ve fiziksel tehlikelerin de kaynağı olabilir. Bu nedenle, yenilebilir böcekler ile ilgili araştırmaların artması, böceklere özel mevzuat ve kalite kontrollerinin oluşturulması büyük önem taşımaktadır. Bu derleme makale, yenilebilir böceklerin besin kaynağı olarak kullanımı ile potansiyel yararlı ve zararlı etkileri hakkında bilgi vermek amacıyla yazılmıştır.

Anahtar kelimeler: Besin güvenliği, Sürdürülebilir beslenme, Yenilebilir böcekler.

Abstract

Edible insects have been a source of food for humans for thousands of years. Although insects are seen as disgusting and scary creatures for the majority of people today, it is known that people consume some insects in many parts of the world. However, people's interest in insect consumption is increasing and the edible insect market size is growing. Insects are rich in protein and various minerals and vitamins. Insect production does not require a dedicated area and, compared to farm animals, insects produce less greenhouse gas and ammonia gas. These factors turn edible insects into an important alternative food source for sustainable nutrition. Although edible insects have anti-obesity, antimicrobial and antioxidant properties, insects can also be the source of a variety of biological, chemical and physical hazards. For this reason, it is of great importance to increase researches on edible insects, to establish insect-specific legislation and quality controls. This review article was written to provide information about the use of edible insects as a food source and their potential beneficial and harmful effects.

Keywords: Edible insects, Food security, Sustainable Nutrition.

1. Giriş

Dünya'da, özellikle de Asya, Afrika, Avustralya ve Latin Amerika ülkelerinde yaşayan yaklaşık iki milyar insan tarafından 1900'den fazla böcek türü tüketilmektedir. Böceklerin besin kaynağı olarak tüketilmesine "entomofaji" denilmektedir. En fazla tüketilen böcekler, böcek/beetle (*Coleoptera*) (%31), tırtıllar (*Lepidoptera*)(%18), arılar, eşek

arıları ve karıncalar (*Hymenoptera*)(%14), çekirgeler, cırcır böcekleri (*Orthoptera*)(%13), ağustos böcekleri, yaprak bitleri vb. (*Hemiptera*) (%10), termitler (*Isoptera*)(%3), yusufoçuklar (*Odonata*)(%3), sineklerlerdir (*Diptera*)(%2) [1, 2]. Yenilebilir böcek pazar büyüklüğünün 2019 yılında, 112 milyon \$'ı geçtiği belirtilmekte, 2019 ile 2026

arasında, bu pazarda %47'nin üzerinde bir büyüme olacağı tahmin edilmektedir [3].

Böcek piyasasında, Asya pazarı liderdir [4]. Örneğin Tayland'da ithal edilen böceklerin ekonomik değerinin yılda yaklaşık 40 milyon Tayland Bahtı olduğu öne sürülmektedir [5]. Avrupa pazarı da önemli bir büyüme gösterse de, çoğu Avrupa kültüründe böcekler, “iğrenç canlılar” olarak görülüp, bir tikslenme kaynağıdır [4]. Ancak, günümüzde, bu olumsuz tutumun değiştiği, Avrupalıların da böcek tatma isteğinin olduğu gösterilse de [6] böcek piyasasındaki en büyük engellerden biri, ürünün güvenilirliği, raf ömrü, standardizasyonun güvencesini verebilecek yeterince mevzuat, düzenlemenin mevcut olmamasıdır [7].

Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), böcek tüketimini teşvik etmektedir [8]. Çünkü böcekler, kaliteli protein kaynağı olup demir, çinko gibi mineraller açısından zengindir. Ayrıca böcek yetiştirmek için belirli bir araziye ihtiyaç duyulmaması ve çiftlik hayvanlarına kıyasla amonyak emisyonu ve sera gazı üretiminin daha az olması bir diğer nedendir [1]. Örneğin, aynı miktarda protein elde edebilmek için kullanılması gereken arazi, un kurduna kıyasla tavukta 2,30–2,85 kat, sığır etinde ise 7,89–14,12 kat daha fazladır [9].

Diğer yandan Birleşmiş Milletler (BM), yayımladığı raporda dünya nüfusunun 2030'da 8,5 milyara, 2050'de ise 9,7 milyara ulaşabileceğini belirtmiştir [10]. Bu kadar insanın besin ihtiyacının karşılanabilmesi için, mevcut besin üretiminde önemli düzeyde artışa gerek duyulmaktadır. Ancak, küresel ısınma ve iklim değişikliğinin olumsuz etkileri nedeniyle çevresel tahribatin artması, tarım arazileri ile tatlı su kaynaklarının azalması önemli bir sorun teşkil etmektedir. Bu veriler ışığında, yenilebilir böcekler; mikro ve makro algler, kültürlenmiş et gibi alternatif besin kaynağı olarak görülmektedir [7, 8].

2. Böceklerin Besin Olarak Kullanımı

Afrika ve Asya kıtaları başta olmak üzere dünyanın pek çok bölgesinde yenilebilir böcek türlerinin olduğu bilinmektedir [1]. Jongema [11], yenilebilir böceklerle yönelik yayınladığı listede, Türkiye'de de bazı yenilebilir böcek türlerinin bulunduğu görülmektedir.

Aristoteles yazdığı “Historia animalium” adlı kitabında, ağustos böceği tüketimi hakkında bilgi verirken; İskenderiyeli Athenaeus ise bunların ziyafetlerde, iştah açıcı olarak ikram edildiğini belirtmektedir. Herodot “History” adlı eserinde, Burdini göçebelerinin bit tükettiklerinden bahseder. Orta Doğu'da ise, milattan önce 8. yüzyılda Asur kralının sarayında, sopalara dizilmiş çekirgeler tüketildiği bilinmektedir [12]. Çin'de insanlar iki bin yılı aşkın süredir böcek tüketmektedirler [13]. Aborjin kabilelerinin de pek çok çeşit böcek türünü

besin kaynağı olarak kabul ettikleri belirtilmektedir [7].

Günümüzde pek çok insan tarafından böceklerin besin olarak tüketilmemesinde; tarıma dayalı üretimin artması, bazı hayvanların evcilleştirilmesiyle oluşan besin çeşitliliğinin artması, yiyeceklerin depolanabilme imkanlarının gelişmesi, yiyecek kaynağı bulmanın daha istikrarlı hale gelmesi etkili olmuştur [1, 7].

Bununla birlikte yaşanan kıtlık ve savaş gibi olaylar, insanların böcek tüketmeme alışkanlıklarını değiştirmede önemli bir rol oynayabilmektedir. Medine'yi Arap ve İngilizlere karşı savunan Fahreddin Paşa'nın askerleriyle birlikte çekirge ve hurma yediği bilinmektedir. “Medine Müdafaası” adlı kitapta, Fahreddin Paşa “çekirgenin yağ ile kavrulmuş, kavurma şeklinde; haşlanıp, pilavla birlikte; haşlanmış çekirgelerin zeytinyağı ve limon ile birlikte tüketilerek ve çekirgenin et tozu konservesi haline getirilmesi” gibi dört farklı şekilde yenilebileceğinden bahsetmiştir. Ayrıca Fahreddin Paşa, “çekirgenin serçeden pek bir farkının olmadığını” ve “şifa deposu olan çekirgenin yenmesinin de sünnet-i seniye olduğunu” belirtmiştir [14].

ABD'de ve Avrupa'da yenilebilir böcekler ile un, protein barı, kurabiyeler gibi böcek bazlı ürünlere olan ilgi artmaktadır. Örneğin, Hollanda'daki büyük bir süpermarket zinciri, yaklaşık %16 oranında Buffalo kurdu unu (*Lesser mealworm*) içeren burger, şnitzel gibi ürünler satmaktadır [2]. Büyük Britanya kökenli EatGrub çeşitli yenilebilir böcekler içeren, atıştırılabilir, un tarzı ürünleri hem online olarak hem de Sainsbury adlı süpermarket zincirinde satmaktadır [15]. Hollanda'da evcil hayvan veya balıklara yem olarak böcek üreten şirketlerin, insan tüketimi için de böcek üretmeye başladıkları bilinmektedir [2]. Ülkemizde ise canlı yem olarak böcek yetiştiren Mira Canlı Hayvan Böcek adında Antalya merkezli bir şirket vardır. Burada çekirge-cırcır böceği, çeşitli kurtlar ile hamam böceği ve türleri, hayvan yemi olarak satılmaktadır [16].

Tropik bölgelerdeki ülkelerde, çoğu böcekler doğadan toplanmaktaysa da Tayland'da olduğu gibi bazı türler için özel çiftlikler kurulmuştur. Özellikle insan tüketimi için cırcır böcekleri ile hurma biti larvaları üretilmektedir. Günümüzde Tayland'da yüzlerce hurma biti çiftçisi ve binlerce cırcır böceği çiftçisi bulunmakta ve bu böceklerden tonlarca üretilmektedir [2, 5].

Böcek toplama ve tüketiminde mevsimsel etkiler söz konusudur. Afrika'da ve Amazonlar'da yağmurlu havalarda avlanmak sorun olduğu için böcekler tüketim için iyi bir besin kaynağıdır. Asya kıtasında da su türündeki böcekler her mevsim bulunabilirken, bazı böcekler mevsimsel olarak mevcuttur [1].

Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA), 2021 yılında sarı un kurdunun yeni besin olarak insanların tüketmesine onay vermiştir. Sarı un kurdu, *Tenebrio molitor* böceğinin larva formunu ifade etmektedir.

Termal olarak kurularak, böceğin bütün bir şekilde veya toz halinde pazarlanması amaçlanmaktadır [17].

Türkiye’de yenilebilir böceklere eğilime yönelik araştırma sayısı az olmakla birlikte, Erciyes Üniversitesi’nde okuyan 18-23 yaş arasındaki 610 öğrenci ile yapılan bir çalışmada, erkeklerin kadınlara kıyasla böcek tüketmeye daha olumlu baktıkları, genel olarak böcekleri besin olarak tüketme isteğinin %20 olduğu saptanmıştır. Böcek tüketimine olumsuz bakan bireylerin, %47’si böcekleri “iğrenç” olduğu, %19’u “olumsuz tat beklentisi” ve %16’sı “dini nedenler” ile tüketmeyi reddettiğini ifade etmişlerdir [18]. Benzer bir sonuç da Necmettin Erbakan Üniversitesi öğrencileriyle yapılan araştırma sonucunda gözlenmiştir [19].

Ancak yenilebilir böcekleri insanların tatmalarının sağlanması, bu konuda onlara eğitim verilmesi, yenilebilir böcekler kullanılarak yapılan yemek kitaplarının basılması, insanların olumsuz algılarının değiştirilmesinde önemli olabilir [7]. Sosyal medyada yenilebilir böcekler ve ürünleri kullanılarak yapılan yiyecek tarifleri mevcuttur. Meze olarak acachapoli kokteyl, aperatifte Papua’da

kriket ve kızarmış karınca, salata olarak eşek arısı salatası, ana yemek olarak ise körili çekirge ile yaprak ayaklı böcek pizza gibi çeşitli lezzetlerin tariflerine erişim vardır [20]. Bunun yanı sıra solucan unu kullanılarak yapılan böcek kurabiyesi de bir seçenek olarak sunulmaktadır [21].

3.Yenilenebilir Böceklerin Besin Ögesi İçerikleri

Yenilebilir böceklerin, protein, yağ açısından zengin, bakır, demir, çinko gibi çeşitli mikro besin öğeleri için de iyi bir kaynak olduğu belirtilmektedir. Ancak, yenilebilir böceklerin besin ögesi bileşimi açısından önemli farklılıklar bulunmaktadır [22]. Böceklerin cinsi, türü, gelişim evresi gibi böceğe özgü özellikleri ile diyet, habitat ile besin ögesi bileşiminin belirlenmesinde kullanılan yöntemlerin farklılığı gibi çeşitli çevresel özellikler besin bileşimini etkilemektedir [7].

Tablo 1’de farklı gelişim evrelerinin, yenilebilir böceklerin protein ve yağ içeriğine etkisi gösterilmiştir. Larvalar ve yetişkinler farklı türde besinlerle beslenmekteyken; pupalar genellikle hiç besin tüketmemektedir. Farklılıkların görülmesinde bu durum da etkilidir [23].

Tablo 1. Farklı Gelişim Evrelerinin Yenilebilir Böceklerin Protein ve Yağ İçeriğine Etkisi (g/100g)

Böcek Türü	Gelişim Evresi	Protein	Yağ
<i>Tebebrio molitor</i>	Larva	47.7	37.7
	Pupa	53.1	36.7
	Ergin	60.2	20.8
<i>Rhynchophorus phoenicis</i>	Erken Larva	9.1	61.5
	Geç Larva	10.5	62.1
	Ergin	8.4	52.4

Kaynak: [23]

Yenilebilir böcekler protein açısından zengin canlılardır. Çeşitli türlerdeki 236 yenilebilir böceğin kuru maddeye dayalı besin bileşiminin yayınlandığı derlemede, protein içeriği %70’den fazla olan böcek türleri mevcuttur. Bununla birlikte böceklerin protein içerikleri, böceklerin buldukları takımlar arasında da farklılık göstermektedir [22]. Yenilebilir böceklerin genel olarak esansiyel aminoasitler açısından zengin oldukları bilinmektedir, bununla birlikte incelenen böcek türüne göre histidin, triptofan, lizin, metionin+sistein gibi aminoasitler sınırlı düzeyde olabilir [22, 24]. Ramos-Elorduy ve ark. [24], inceledikleri böcek türlerinin in vitro olarak protein sindirilebilirlik derecesini %77 ile %98 arasında saptamışlardır. Bununla birlikte, böceklerdeki protein biyoyararlanımı; kaynama, kavurma gibi ısı işlemlerden etkilenmektedir [25].

Gonimbrasia belina’nın larva formunun 35,2 g / 100 g proteine sahip olduğu tespit edilirken, sığır filetosu (20,1 g / 100 g), at eti (21,5 g / 100 g), tavuk göğüs eti (21,5 g / 100 g) gibi protein açısından zengin etlere

kıyasla bu yenilebilir böceğin daha yüksek protein içeriğine sahip olduğu saptanmıştır [26].

Yağlar, proteinlerden sonra yenilebilir böceklerde en fazla bulunan besin ögesidir. Yenilebilir böcek türlerinin kuru ağırlığa göre ortalama yağ içeriği %13-33 arasında değişirken, bazı türlerdeki yağ içeriği %60’dan fazladır [22]. *Rhynchophorus phoenicis* olarak bilinen Afrika palmye böceği larvasının, %67 gibi yüksek bir yağ içeriği bulunmaktadır [27]. Ekpo ve ark. [28], üç larva, bir tam büyümüş böcek üzerinde yaptıkları çalışma sonucunda, palmitik ve oleik asitlerin larvalardaki; palmitik ve linoleik asitlerin ise tam büyümüş böcekteki temel yağ asitleri olduğunu ve doymuş yağ asitlerin, doymamış yağ asitlerine kıyasla daha az miktarda bulunduğunu saptamışlardır.

Yenilebilir böcekler, demir, bakır, magnezyum, manganez, fosfor, selenyum, çinko gibi mineraller ve riboflavin, pantotenik asit ile biyotin gibi B grubu vitaminleri açısından zengindir. Bununla birlikte türüne göre folik asit içeriği yüksek olan böcekler de mevcuttur [22]. Afrika göçmen çekirgesi (*Locusta*

migratoria L.) ile ev cırcır böceği (*Acheta domesticus* L.)'nin domuz, tavuk ve sığır etinden daha yüksek demir içeriğine sahip olduğu bulunurken; sarı un kurdu (*Tenebrio molitor* L.)'nin içerdiği demir miktarının tavuk ve domuz etinden daha yüksek, sığır etinden daha düşük olduğu tespit edilmiştir [29]. Sığır filetosunun demir içeriği, incelenen diğer dört böcek türünden fazla olsa da, in vitro olarak ölçülen demir biyoyararlanımı; bufalo solucanları (*Alphitobius diaperinus*) ile sığır filetosunda diğer böceklerle kıyasla daha yüksektir. Cırcır böceğinin (*Gryllus bimaculatus*) bakır ve çinko içeriği de, sığır filetosuna kıyasla daha yüksek olduğu belirtilmiştir [30]. Gana'da, Afrika palmiye böceği (*Rhynchophorus phoenicis*) larvasının "akokono" adı verilen geleneksel formunda hazırlanıp, çiğ-kavrulmuş veya yerfıstığı ezmesi ile birlikte tüketildiği bir araştırmada, 6-12 aylık ve 1-3 yaş arası bebek-çocuklarda; akokononun protein ve bakır, magnezyum, çinko gibi mineraller ile çeşitli B vitaminleri, E vitamini ve linoleik asidin iyi bir kaynağı olarak tamamlayıcı gıda şeklinde tüketilebileceği yorumu yapılmıştır [31].

4. Böcek Tüketiminin Potansiyel Sağlık Yararları

Di Mattia ve ark. [32], çeşitli böcekler türlerinin ve omurgasızların su ve yağda çözünen özütlerinin antioksidan kapasitelerinin çekirge, ipek böceği ve cırcır böceklerinin suda çözünür özütlerinin taze portakal suyundan beş kat daha fazla antioksidan kapasiteye sahip olduklarını saptamışlardır. İpek böceği ve ağustos böceğinin yağda çözünen özütlerinin serbest radikalleri süpürücü aktiviteleri/antioksidan kapasiteleri (TEAC) zeytinyağından 2 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Araştırmacılar yenilebilir böceklerin insanlardaki antioksidan rolü için daha fazla kanıtta gerek olduğunu belirtmiştir.

Vespa affinis L., Kuzey-Doğu Hindistan'da geleneksel olarak tüketilen ve artrit gibi hastalıkların hafifletilmesinde kullanılan bir yenilebilir böcektir. *Vespa affinis* L.'in sulu özütünün antioksidan aktivitelerinin incelendiği bir çalışmada, 10 µg/ µL'lik konsantrasyonda önemli bir katalaz (CAT) ve glutatyon-S-transferaz (GST) enzim aktivitesi gösterdiği bulunurken; 5, 7,5 ve 10 µg/ µL konsantrasyonlardaki sulu özütün insan plazması ile inkübe edildiğinde GST ve CAT aktivitelerini uyardığı gözlemlenmiştir. Ek olarak, bu özüt, doza bağlı bir şekilde hem hidroksil hem de süperoksit radikallerinin oluşumunu engelleyebilmiştir [33].

Birçok ülkede geleneksel olarak tüketilen ve sarı un kurdu olarak da bilinen başka bir böcek türü ise *Tenebrio molitor*'dur. *T. molitor* larvalarının anti-adipojenik ve anti-obezite etkilerini in vitro ve in vivo olarak incelenmiş, olgun adipositlerdeki lipid birikimi ve trigliserit içeriğinin larvalar sayesinde önemli derecede azaldığı belirlenmiştir. Besin takviyesi olarak kullanımı incelendiğinde ise, yüksek yağlı diyetle beslenen obez farelere kıyasla, hem bu tip diyetle beslenip hem de oral olarak larva uygulanması, vücut

ağırlığını miktara bağlı olarak %19 ve %25 kadar önemli derecede azaltmıştır [34].

Kim ve ark. [35], *Allomyrina dikotoma* larvalarının, obezitede endoklazmik retikulum (ER) stresi ve iştah düzenleyici nöropeptid sistem üzerindeki etkilerinin inceledikleri bir çalışmada, larvaların etanol ekstraktının intraserebroventriküler uygulamasının, yüksek yağlı diyetle beslenen obez farelerde, ghrelin kaynaklı beslenme davranışı antagonize ederek iştahı azalttığını ve hipotalamustaki iştah düzenlenmesi için mTOR ve MAPK sinyal yollarının gerekli olduğunu bulmuştur. Ayrıca *Allomyrina dikotoma* larvalarının hem in vitro hem de in vivo olarak ER stresi üzerinde güçlü indirgeyici bir etki tespit edilmiştir.

Böceklerin savuma sistemlerinde önemli rol oynayan antimikrobiyal peptitler (AMP) bulunmaktadır. Defensinler, cekropinler, ataksinler, dipterinler, lebosinler gibi çeşitli AMP aileleri vardır. Antibakteriyel, antifungal, antiviral etkiye sahip olmakla birlikte, kanser hücrelerini de öldüren çeşitli AMP'ler bulunmaktadır [36]. Bununla birlikte, böceklerde kitin ve kitooligosakkarit bileşiklerinin antimikrobiyal etki göstererek, bakterilerin büyümesi üzerinde olumsuz etkilerinin olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur [37].

5. Böcek Tüketiminin Potansiyel Sağlık Riskleri

Yenilebilir böcekler, insan sağlığı için tehdit oluşturabilecek ağır metaller, alerjenler, pestisit kalıntıları, mikotoksinler, bakteriler gibi çeşitli biyolojik, kimyasal ve fiziksel tehlikeler içeriyor olabilir. Böceklerin doğrudan tüketilmesi veya hayvan yemi olarak kullanılması sonucu bireylerde olumsuz etkiler ortaya çıkabilir [8].

Ji ve ark. [38], 1980-2007 yılları arasında, Çin'de besin tüketiminin neden olduğu anafilaktik şok ve ölümcül anafilaksi vaka raporlarının %17,6'sının böcek tüketimine bağlı olduğunu ifade etmişlerdir. Çinli bir adamın 20 adet Sago solucanı yemesi sonucu Takotsubo kardiyomiyopatisi/kırık kalp sendromu geliştirdiği rapor edilmiştir [39]. Ayrıca, ipek böceği pupası (*Bombyx morii*) [40] ile Mopan solucanı (*Imbrasia belina*) [41] tüketilmesi sonucu çeşitli alerjik reaksiyonlar oluştuğunu gösteren vaka raporları bulunmaktadır.

Bununla birlikte, kabuklulara alerjisi olan bireylerde, böcek tüketimi sonucu, bireylerin bağışıklık sistemlerinin çapraz reaktivite ile bağlantılı alerjik reaksiyon gösterebildiği belirtilmektedir [42]. Van Broekhoven ve ark. [43], kabuklular veya ev tozu akarına alerjisi olan bireylerin, yenilebilir üç un kurdu türündeki, başta tropomoyizin olmak üzere çeşitli proteinlere karşı çapraz reaktivite gösterdiği, ısı işlemi uygulansa dahi çapraz reaksiyona giren bazı proteinlerin hala reaktif olduğunu bulmuştur. Tropomiyozin, α-amilaz, kas miyozini, arjinin kinaz gibi çeşitli proteinlerin çapraz reaktivite kaynaklı alerjik reaksiyonlardan sorumlu olduğu düşünülmektedir [44].

İnsan tüketimi için en yaygın kullanılan yenilebilir böcek türlerinden olan un kurdu, Afrika göçmen çekirgesi, ev cırcır böceği ve ipek böceğinde *Toxoplasma gondii* varlığının incelendiği çalışmada, dehidre un kurdu örneklerinde *T. gondii*'nin DNA izleri tespit edilmiştir. Yetersiz hijyen koşulları nedeniyle, *T.gondii*'nin yenilebilir böcekler sayesinde insan besin zincirine girebilme tehlikesi mevcuttur [45]. Orta Avrupa'daki 300 böcek yetiştiren ev çiftliği ile evcil hayvan mağazasından çeşitli türlerde (un kurdu, ev cırcır böceği, Madagaskar tıslayan hamam böceği, Afrika göçmen çekirgesi) canlı yenilebilir böcekler üzerinde yapılan çalışmada, 300 böcek çiftliğinden 244'ünde (%81,33) parazitler tespit edilmiş olup; 91'indeki (%30,33) parazitlerin insanlar için potansiyel olarak patojenik olduğu belirtilmiştir. *Cryptosporidium* spp., *Isospora* spp., gibi insanlar için patojen olan bu parazitlerin, böcek çiftliklerindeki kötü hijyen koşulları nedeniyle oluştuğu yorumu yapılmıştır [46]. Kurutulmuş, derin yağda kızartılmış, toz haline getirilmiş gibi farklı şekillerde muamele edilen 38 yenilebilir böcek numunesinin mikrobiyolojik olarak incelendiği bir çalışmada ise büyük bir kısmı kurutulmuş halde olan böceklerde, *Bacillus cereus*, *Penicillium* spp., *Listeria ivanovii* başta olmak üzere çeşitli bakteri ve mantarlar tespit edilmiştir [47]. Zambiya'da tırtıllar ve termitlerden oluşan kurutulmuş böcekler ve balıklardaki aflatoksin miktarının ölçüldüğü bir çalışmada, *Gynanisa maja* güvesi (11 µg/kg), *Gonimbrasia zambesina* güvesi (12 µg/kg) ve *Macrotermes falciger* termiti (24 µg/kg)'nin ortalama aflatoksin miktarının, Zambiya'daki düzenleyici aflatoksin sınır olan 10 µg/kg'ı aştığı bulunmuştur [48]. Tayland'da dört farklı yenilebilir böcek türünün arsenik, kadmiyum, kurşun ve cıva gibi ağır metaller tespit edilse de, oldukça düşük konsantrasyonlarda olduğu, tüketimin güvenli olduğu belirtilmiştir [49]. Kooh ve ark. [50], sarı un kurdu (*Tenebrio molitor*) tozları için Tehlike Analizleri ve Kritik Kontrol Noktaları (HACCP) planı geliştirmiş, yetişkinler için protein içeceği, çocuk+yetişkin kullanımı için bisküvi ile burger ve bebekler için lapa üretim aşamaları için de hazırlama ve depolama gibi güvenlik açısından analiz edilmiştir. Böceklerin gerek hayvan yemi gerekse insan tüketimi için kullanılmasında çeşitli güvenlik sistemlerine ihtiyaç olduğunun ve HACCP'in, risklerin elimine edilmesinde önemli olduğu belirtilmiştir.

6. Sonuç ve Öneriler

İnsanlar, böcekleri binlerce yıldır besin kaynağı olarak tüketse de, zamanla pek çok insan için böcekler bu özelliğini yitirmiş; yerine korku ve tikslenme kaynağı kalmıştır. Ancak küresel ısınma ve insanların kaliteli-ucuz protein arayışları böcek tüketmesini tekrar gündeme getirmiştir. Günümüzde 1900'den fazla böcek türü, özellikle de Asya, Latin Amerika, Avustralya ve Afrika'daki ülke insanları tarafından tüketilmektedir. Bununla birlikte Avrupa ve ABD pazarı da gelişmektedir. Özellikle de EFSA'nın 2021 yılında *Tenebrio molitor*'u insan tüketimine onay

vermesi yenilebilir böcek sektörü için önemli bir adımdır.

Böcekler, protein, yağ, demir, çinko, bakır ve çeşitli B grubu vitaminleri açısından zengindir. Ek olarak, yapılan araştırmalar yenilebilir böceklerin antimikrobiyal, anti-obezite, antioksidan gibi sağlığa yararlı özelliklerini göstermiştir. Ancak, böcekler, çeşitli fiziksel, kimyasal, biyolojik tehlikelerin kaynağı da olabilmektedir. Bu nedenle yenilebilir böcekleri, insanların ve hayvanların güvenli bir şekilde tüketmeleri için bilimsel araştırmalar yapılmalı, riskler elimine edilmelidir. İnsanlara böcek tüketimi ile ilgili doğru bilgi verilmesi önemli olmakla birlikte, güvenilirliğine yönelik riskleri engellemek için mevzuatlar geliştirilmelidir.

Referanslar

1. Van Huis, A, Van Itterbeeck, J, Klunder, H, Mertens, E, Halloran, A, Muir, G, Vantomme, P, Edible insects: future prospects for food and feed security (No. 171), *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, 2013.
2. Van Huis, A, Edible insects are the future? *Proceedings of the Nutrition Society*, 2016, 75(3), 294-305.
3. GMI, Edible Insects Market Size By Product (Beetles, Caterpillars, Grasshoppers, Bees, Wasps, Ants, Scale Insects & Tree Bugs), By Application (Flour, Protein Bars, Snacks), Industry Analysis Report, Regional Outlook, Application Potential, Price Trends, Competitive Market Share & Forecast, 2020 – 2026, <https://www.gminsights.com/industry-analysis/edible-insects-market>, (accessed: 28.09.2021).
4. Orsi, L, Voege, L.L, Stranieri, S, Eating edible insects as sustainable food? Exploring the determinants of consumer acceptance in Germany. *Food Research International*, 2019, 125, 108573.
5. Hanboonsong, Y, Jamjanya, T, Durst, P.B, Six-legged livestock: edible insect farming, collection and marketing in Thailand, *RAP publication*, 2013, 3.
6. Rumpold, B.A, Langen, N, Potential of enhancing consumer acceptance of edible insects via information, *Journal of Insects as Food and Feed*, 2019, 5(1), 45-53.
7. Kim, T.K, Yong, H.I, Kim, Y.B, Kim, H.W, Choi, Y.S, Edible insects as a protein source: a review of public perception, processing technology, and research trends, *Food science of animal resources*, 2019, 39(4), 521.
8. FAO, Looking at Edible Insects From a Food Safety Perspective, <http://www.fao.org/3/cb4094en/cb4094en.pdf>, 2021, (accessed 01.09.2021).
9. Oonincx, D.G, De Boer, I.J, Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans—a life cycle assessment, *PLoS one*, 2012, 7(12), e51145.
10. United Nations, World Population Prospects 2019 Highlights. https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_Highlights.pdf, 2019 (accessed 03.09.2021).
11. Jongema, Y, List of edible insects of the world. Wageningen: Laboratory of Entomology, Wageningen University, <https://www.wur.nl/en/Research-Results/Chair-groups/Plant-Sciences/Laboratory-of-Entomology/Edible-insects/Worldwide-species-list.htm>, 2017 (accessed 17.09.2021).
12. Bodenheimer, F.S, Insects as human food: a chapter of the ecology of man. 1nd edn. Springer, Dordrecht, 1951, pp 39-40.
13. Feng, Y, Chen, X.M, Zhao, M, He, Z, Sun, L, Wang, C.Y, Ding, W.F, Edible insects in China: Utilization and prospects, *Insect Science*, 2018, 25(2), 184-198.
14. Bilgin, İ, Medine Müdafaası/ Çöl Kapları Fahreddin Paşa, 25nd edn., Timaş Yayıncılık, İstanbul, 2019, pp 187-194.
15. EatGrub, <https://www.eatgrub.co.uk/>, 2021, (accessed 14.10.2021).
16. HABERTURK, 460 kafeste, 9 farklı çeşit böcek ile Böcek Çiftliği. <https://www.haberturk.com/460-kafeste-9-farkli-cesit-bocek-ile-bocek-ciftligi-1974348>, 2018, (accessed 14/10/2021).
17. EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens (NDA), Safety of dried yellow mealworm (*Tenebrio molitor* larva)

- as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283, *EFSA Journal*, 2021,19(1), e06343.
18. Yüksel, E, Canhilal, R, A survey of public opinion about entomophagy in Erciyes University, *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 2018, 4(2), 203-208.
 19. Özkan, M, Güneş, E, Alternatif Gıda Kaynağı Olarak Yenilebilir Böceklerin Kullanımına Dair Bakış Açılarının Değerlendirilmesi, *Journal Of Tourism And Gastronomy Studies*, 2020, 8(2), 839-851.
 20. Karaman, R, Geçmişten günümüze gastronomi trendleri: potansiyel yerli turistlerin yenilebilir böcekler akımına yönelik algılarının ölçülmesi (Master's thesis, Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü), 2019.
 21. Next Food, New entomophages: which insects recipes to try first? <https://www.next-food.net/new-entomophages-which-insects-recipes-to-try-first/>, 2018, (accessed 04.09.2021).
 22. Rumpold, B.A, Schlüter O.K, Nutritional composition and safety aspects of edible insects, *Molecular nutrition & food research*, 2013, 57(5), 802-823.
 23. Meyer-Rochow, V. B, Gahukar, R.T, Ghosh, S, Jung, C, Chemical Composition, Nutrient Quality and Acceptability of Edible Insects Are Affected by Species, Developmental Stage, Gender, Diet, and Processing Method, *Foods*, 2021, 10(5), 1036.
 24. Ramos-Elorduy, J, Moreno, J.M.P, Prado, E.E, Perez, M.A, Otero, J.L, De Guevara, O.L, Nutritional value of edible insects from the state of Oaxaca, Mexico, *Journal of food composition and analysis*, 1997, 10(2), 142-157.
 25. Manditsera, F.A, Luning, P.A, Fogliano, V, Lakemond, C.M, Effect of domestic cooking methods on protein digestibility and mineral bioaccessibility of wild harvested adult edible insects, *Food Research International*, 2019, 121, 404-411.
 26. Orkusz, A, Edible Insects versus Meat—Nutritional Comparison: Knowledge of Their Composition Is the Key to Good Health, *Nutrients*, 2021, 13(4), 1207.
 27. Ekpo, K.E, Onigbinde, A.O, Nutritional potentials of the larva of *Rhynchophorus phoenicis* (F), *Pakistan Journal of Nutrition*, 2005, 4(5), 287-290.
 28. Ekpo, K.E, Onigbinde, A.O, Asia, I.O, Pharmaceutical potentials of the oils of some popular insects consumed in southern Nigeria, *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 2009, 3(2), 051-057.
 29. Mwangi, M.N, Ooninx, D.G, Stouten, T, Veenenbos, M, Melse-Boonstra, A, Dicke, M, Van Loon, J.J, Insects as sources of iron and zinc in human nutrition, *Nutrition research reviews*, 2018, 31(2), 248-255.
 30. Latunde-Dada, G.O, Yang, W, Vera Aviles, M, In vitro iron availability from insects and sirloin beef, *Journal of agricultural and food chemistry*, 2016, 64(44), 8420-8424.
 31. Parker, M.E, Zobrist, S, Lutterodt, H.E, Asiedu, C.R, Donahue, C, Edick, C, Mansen, K, Peltó, G, Milani, P, Soor, S, Laar, A, Engmann, C.M, Evaluating the nutritional content of an insect-fortified food for the child complementary diet in Ghana, *BMC nutrition*, 2020, 6(1), 1-11.
 32. 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, *Frontiers in nutrition*, 2019, 6, 106.
 33. Dutta, P, Dey, T, Manna, P, Kalita, J, Antioxidant potential of *Vespa affinis* L., a traditional edible insect species of North East India, *PLoS One*, 2016, 11(5), e0156107.
 34. Seo, M, Goo, T.W, Chung, M.Y, Baek, M, Hwang, J.S, Kim, M, Yun, E.Y, *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.
 35. Kim, J, Yun, E.Y, Park, S.W, Goo, T.W, Seo, M, *Allomyrina dichotoma* larvae regulate food intake and body weight in high fat diet-induced obese mice through mTOR and Mapk signaling pathways, *Nutrients*, 2016, 8(2), 100.
 36. Wu, Q, Patočka, J, Kuča, K, Insect antimicrobial peptides, a mini review, *Toxins*, 2018, 10(11), 461.
 37. Selenius, O, Korpela, J, Salminen, S, Gallego, C.G, Effect of chitin and chitooligosaccharide on in vitro growth of *Lactobacillus rhamnosus* GG and *Escherichia coli* TG, *Applied Food Biotechnology*, 2018, 5(3), 163-172.
 38. Ji, K, Chen, J, Li, M, Liu, Z, Wang, C, Zhan, Z, Wu, X, Xia, Q, Anaphylactic shock and lethal anaphylaxis caused by food consumption in China, *Trends in food science & technology*, 2009, 20(5), 227-231.
 39. Yew, K.L, Kok, V.S.L, Exotic food anaphylaxis and the broken heart: sago worm and takotsubo cardiomyopathy, *Medical Journal of Malaysia*, 2012, 67(5), 540-541.
 40. Ji, K.M, Zhan, Z.K, Chen, J.J, Liu, Z.G, Anaphylactic shock caused by silkworm pupa consumption in China, *Allergy*, 2008, 63(10), 1407-1408.
 41. Okezie, O.A, Kgomotso, K.K, Letswiti, M.M, Mopane worm allergy in a 36-year-old woman: a case report, *Journal of medical case reports*, 2010, 4(1), 1-4.
 42. De Marchi, L, Mainente, F, Leonardi, M, Scheurer, S, Wangorsch, A, Mahler, V, Piolli, R, Sorio, D, Zoccatelli, G, Allergenicity assessment of the edible cricket *Acheta domestica* in terms of thermal and gastrointestinal processing and IgE cross-reactivity with shrimp, *Food Chemistry*, 2021, 359, 129878.
 43. Van Broekhoven, S, Bastiaan-Net, S, de Jong, N.W, Wichers, H.J, Influence of processing and in vitro digestion on the allergic cross-reactivity of three mealworm species, *Food chemistry*, 2016, 196, 1075-1083.
 44. Van der Fels-Klerx, H.J, Camenzuli, L, Belluco, S, Meijer, N, Ricci, A, Food safety issues related to uses of insects for feeds and foods, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2018, 17(5), 1172-1183.
 45. Percipalle, M, Salvaggio, A, Pitari, G.M, Giunta, R.P, Aparo, A, Alfonzetti, T, Marino, A.M.F, Edible Insects and *Toxoplasma gondii*: Is It Something We Need To Be Concerned About? *Journal of Food Protection*, 2021, 84(3), 437-441.
 46. Gałęcki, R, Sokół, R, A parasitological evaluation of edible insects and their role in the transmission of parasitic diseases to humans and animals, *PLoS One*, 2019, 14(7), e0219303.
 47. Grabowski, N.T, Klein, G, Microbiology of processed edible insect products—Results of a preliminary survey, *International Journal of Food Microbiology*, 2017, 243, 103-107.
 48. Kachapulula, P.W, Akello, J, Bandyopadhyay, R, Cotty, P.J, Aflatoxin contamination of dried insects and fish in Zambia, *Journal of Food Protection*, 2018, 81(9), 1508-1518.
 49. Köhler, R, Kariuki, L, Lambert, C, Biesalski, H.K, Protein, amino acid and mineral composition of some edible insects from Thailand, *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 2019, 22(1), 372-378.
 50. Kooh, P, Jury, V, Laurent, S, Audiat-Perrin, F, Sanaa, M, Tesson, V, Federighi, M, Boué, G, Control of Biological Hazards in Insect Processing: Application of HACCP Method for Yellow Mealworm (*Tenebrio molitor*) Powders, *Foods*, 2020, 9(11), 1528.

<http://edergi.cbu.edu.tr/ojs/index.php/cbusbed> isimli yazarın CBU-SBED başlıklı eseri bu Creative Commons Alıntı-Gayriticari4.0 Uluslararası Lisansı ile lisanslanmıştır.

