



Protein Source of the Future: Edible Insects

Ayşen Baş Aksoy^{1,a,*}, Sedef Nehir El^{1,b}

¹Department of Food Engineering, Ege University, Nutrition Section, 35040 İzmir, Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Review Article</i></p> <p>Received : 21/12/2020 Accepted : 09/04/2021</p> <p>Keywords: Edible insects New source protein Insect-based foods Sustainable food Nutritional value</p>	<p>Considering of the increasing world population, the researchers are aware that protein sources may not be sufficient and focused on new protein sources. For this reason, the potential of edible insects to be used directly or as an ingredient in food has started to draw attention. Edible insects have been consumed as traditional food in Africa, Asia and South America for many years. However, especially in European countries, consumers have a negative attitude towards the consumption of insects as food. Edible insects are food sources with less negative environmental impact compared to traditional animal protein sources. In addition to consuming less resources such as cultivation area, water, energy and feed, low greenhouse gas production is important for the sustainable features of the ecological system. Edible insects can be considered as a sustainable alternative food source because of their high-quality proteins, essential amino acids, fatty acids, minerals and vitamins. Research on nutritional properties shows that edible insects can be a solution both in meeting global food demand and preventing of malnutrition. In this review, edible insects were evaluated in terms of their nutritional properties.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 9(5): 887-896, 2021

Geleceğin Protein Kaynağı: Yenilebilir Böcekler

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Derleme Makale</i></p> <p>Geliş : 21/12/2020 Kabul : 09/04/2021</p> <p>Anahtar Kelimeler: Yenilebilir böcekler Yeni protein kaynakları Böcek bazlı gıdalar Sürdürülebilir gıda Besleyicilik değeri</p>	<p>Artan dünya nüfusu göz önüne alındığında, protein kaynaklarının yeterli olamayacağını bilincinde olan araştırmacılar yeni protein kaynaklarına odaklanmışlardır. Bu nedenle yenilebilir böceklerin gıdada doğrudan veya bir bileşen olarak kullanılabilme potansiyeli ilgi görmeye başlamıştır. Yenilebilir böcekler Afrika, Asya ve Güney Amerika'da uzun yıllardır geleneksel gıda olarak tüketilmektedir. Ancak özellikle Avrupa ülkelerinde, tüketiciler böceklerin gıda olarak tüketilmesine karşı olumsuz tutum sergilemektedir. Yenilebilir böcekler, geleneksel hayvansal protein kaynaklarına kıyasla daha az olumsuz çevresel etkiye sahip gıda kaynaklarıdır. Yetiştirme alanı, su, enerji ve yem gibi kaynakları daha az tüketmelerinin yanı sıra düşük sera gazı üretimleri ekolojik sistemin sürdürülebilir özellikleri açısından önemlidir. Yenilebilir böcekler kaliteli protein, zorunlu amino asitler, yağ asitleri, mineral ve vitaminlerin kaynağı olarak alternatif gıda kaynağı olarak kabul edilmektedir. Besleyici özellikleri üzerine yapılan çalışmalar hem küresel gıda talebinin karşılanması hem de malnütrisyonun önlenmesinde çözüm olabileceğini göstermektedir. Bu derlemede, yenilebilir böcekler besleyici özellikleri açısından değerlendirilmiştir.</p>

^a aysennbas@gmail.com

^b <https://orcid.org/0000-0003-2928-7722>

^b sedef.el@ege.edu.tr

^b <https://orcid.org/0000-0002-2996-0537>



This work is licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International License

Giriş

Günümüzde yaklaşık 820 milyon insan açlık çekerken, 1,3 milyar insan da gıdaya ulaşmakta güçlük çektiği için yeterli beslenememektedir (FAO, 2019). Dünya nüfusunun 2050 yılında 10 milyara ulaşması öngörülürken gıda gereksiniminin yeterli düzeyde karşılanmasında ciddi zorlukların yaşanacağı açıktır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO, 2017), yayımladığı “Tarım ve Gıda Geleceği, Eğilimler ve Zorluklar” raporunda, artan dünya nüfusuna bağlı olarak hayvansal protein tüketiminin 2050 yılı itibarıyla bugüne oranla yaklaşık 2 kat daha fazla olacağını öngörmektedir. Protein tüketimi, orta ve düşük gelirli ülkelerde 2030 yılında kişi başı 54 g, 2050 yılında 57 g, bu ülkelerde hayvansal kaynaklı protein tüketimi ise 2030 yılında 22 g, 2050 yılında 25 g olacağı bildirilmektedir. Veriler, 2050 yılına gelindiğinde yeryüzünde bulunan sığır, tavuk ve balık gibi hayvansal kaynakların insanların protein ihtiyacını karşılamaya yetmeyeceğini, ayrıca bu hayvanların da gelecekte soyu tükenme ihtimallerine karşı yenilikçi çözümlerin üretilmediğini göstermektedir.

Kısaca nüfus artışıyla birlikte geleneksel protein kaynaklarının yeterli olmayacağı ve bu küresel sorunu çözmek amacıyla alternatif protein kaynaklarına ihtiyaç olduğu bildirilmektedir. Alternatif protein kaynakları olarak, çevre dostu üreme koşulları ile besleyici değerleri yüksek olan böcek, mikroalg ve bakteri proteinleri gösterilmektedir (Van der Spiegel ve ark., 2013). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), çevre dostu üreme koşullarına sahip olmalarının yanı sıra besleyici değerlerinin yüksek olması nedeniyle yenilebilir böceklerin alternatif gıda kaynakları olarak tüketilmelerini önermektedir (FAO, 2013). Dünyanın birçok ülkesinde böcekler bütün olarak yemeğe eklenerek veya zenginleştirici öge olarak kullanılırken (Pauter ve ark., 2018), Avrupalı tüketiciler larva veya böcekleri yemeyi benimsememektedirler (Hartmann ve ark., 2015). Bu nedenle, tüketici tarafından kabul edilirliliğini ve tüketimini artırma yöntemlerinden biri, böceklerin öğütülerek un halinde kullanılması olarak görülmektedir.

Bir toplumun tüketim alışkanlıkları öznel ve nesnel faktörlere bağlıdır. Öznel faktörler; kalıtım, yaş, cinsiyet, aktivite durumu, gıda tercihleri, gıda ile ilgili bilgi ve deneyimlerdir. Nesnel faktörler ise coğrafi koşullar, iklim, ekonomik statü, etnik köken, sınıfsal farklar, toplulukların kültür ve gelenekleri gibi faktörlerdir. Gıda talebi de gıda erişilebilirliğinden (nesnel faktörler) önemli ölçüde etkilenir (Stefanikova ve ark., 2006).

Yenilebilir böceklerle karşı olumsuz tutum sergileyen tüketiciler olmakla birlikte, ülkelerin beslenme ve mutfak kültürleri incelendiğinde, yıllar içerisinde değişiklikler gösterebildiği ve gıda olarak tüketilmeyen birçok ürünün geleneksel gıda haline geldiği anlaşılmaktadır. Örneğin, geçmişte sadece Fransızların diyetinde bulunan kurbağa eti tüketimi, dünya çapında popüler olmuş ve yetiştiriciliğine ilişkin büyük bir endüstri ortaya çıkmıştır (Bukkens, 2005). Bunun dışında, 17. ve 18. yüzyıllarda değersiz olarak kabul edilen ıstakoz, hizmetkar ve mahkumların diyetlerine ceza olarak eklenirken, günümüzde sosyal değeri yüksek bir gıda olarak tanımlanmaktadır (Tao ve Li, 2018). Yakın bir tarihe kadar Avrupa ülkelerinde bilinmeyen ‘suşi’ (çiğ balık)

bugün ülkemizde dahil olmak üzere birçok ülke tarafından benimsenmiş bir gıdadır. Tüm bu örnekler gelecekte, kültürlerin, alışkanlıkların ve yeni gıdalara karşı gösterilen olumsuz tutumların değişebileceğini göstermektedir.

Protein içeren gıdaların tüketimi doğrudan ülkelerin gelişmişliği ile ilgilidir. Gelişmiş ülkelerde, karbonhidrat içeren gıdaların tüketimi daha az iken, protein içeren gıdaların tüketimi daha fazladır. ABD’de günlük protein tüketiminin %64’ü, İngiltere’de %56’sı hayvansal gıdalardan sağlanmaktadır. Gelişmekte olan ülke durumunda olan Türkiye’de günlük protein tüketiminin %33’ü, Afganistan’da ise %20’si hayvansal gıdalardan sağlanmaktadır (Ritchie ve Roser, 2017).

Yetişkinler için proteinin günlük referans alım değeri (DRV), günlük 2000 kalori enerji gereksinimi baz alındığında en az 50 g veya vücut ağırlığının kilogramı başına en az 0,8 g’dır (FDA, 2016; WHO, 2007). 2005 yılında yapılan araştırmaya göre ise, günlük kişi başı protein alımı (hayvansal kaynaklı); dünyada ortalama 23,9 g, ABD’de 69 g, Avrupa Birliği Ülkeleri’nde 55,4 g, Türkiye’de 22,4 g’dır (FAO, 2009). Türkiye Beslenme ve Sağlık Araştırması (TBSA, 2010) ülkemizde toplam protein tüketiminin kişi başına yeterli düzeyde olduğunu ancak, proteinin büyük kısmının bitkisel kaynaklı olduğunu ve hayvansal protein tüketiminin ise yetersiz olduğunu göstermektedir.

Protein yetersizliğine bağlı gelişen sağlık sorunları, özellikle uzun süreli yetersizliklerde, büyüme ve gelişmenin zayıflaması, erken yaşlanma, vücut fonksiyonlarını devam ettirebilmek ve daha önemli dokuları korumak için iskelet kaslarından protein çekilmesine bağlı olarak kas kütlesi kaybı vb. olarak sayılabilir. Alınan toplam protein içerisinde düşük kaliteli proteinler, gerekli olan zorunlu amino asitleri sağlayamadığı için özellikle çocuklarda gelişme geriliğine ve büyümenin durmasına, sonunda ise kwashiorkor ve marasmus gibi önemli hastalıkların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Ayrıca antikör üretimi azaldığı için hastalıklara karşı direncin azalması, demir, kalsiyum ve A vitamini gibi besin öğelerinin kullanımının azalması gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır (Arnarson, 2017).

Bu derlemede böceklerin yeni bir protein kaynağı olarak tüketilmesinin, gelecek gıda güvencesinin sağlanmasında kabul edilebilir stratejik bir çözüm olabileceği irdelenmiştir. Günümüzde proteinle zenginleştirilmiş ürünlerin üretilmesinde karşılaşılan en büyük sorun, yüksek kaliteli protein kaynakları kullanılmasında enerji/protein oranının kısıtlayıcı değeridir. Proteince zengin veya proteince zenginleştirilmiş gıdaların, diyetle yer almasında önemli bir kriter porsiyonu başına sağladığı enerji gereksiniminin sağladığı protein gereksiniminden düşük olmasıdır. Böceklerin düşük enerji ve kaliteli protein içerikleri ile ekonomik bir kaynak olarak diyetimize yapacakları katkının yanı sıra, tüketicilerin böcek tüketimine bakış açısı, tüketim eğilimi gibi sosyal ve kültürel birçok faktör ile birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir.

Yasal Düzenlemeler

Ticari olarak Fransa, İngiltere, Belçika, İsviçre ve Hollanda gibi Avrupa ülkelerinde faaliyet gösteren farklı firmaların da dahil olduğu yenilebilir böcek küresel pazarının 2026'ya kadar %47 oranında artacağı öngörülmektedir (Global Market Insights, 2020). Ancak beklenen bu artış; böceklerin çeşitliliğine, büyük ölçekli üretimine hem insan gıdası hem de hayvan yemi olarak tüketiminde ülkelerin yasal düzenlemelerine büyük ölçüde bağlıdır. Avrupa Gıda Güvenliği Kurumu (European Food and Safety Authority, EFSA) tarafından Ocak 2018'de yürürlüğe sokulan "Yenilikçi Gıda Yönetmeliği" (2015/2283 sayılı yönetmelik) ile böcek bazlı gıdaların tüketimine izin verilerek, Avrupa Birliği'ne (AB) üye ülkelerde yasal olarak satılabilir hale gelmiştir. Bu durum AB genelinde alternatif gıda kaynağı olarak böceklerin durumunu netleştirmiştir.

Ayrıca EFSA'nın (2021) çok yakın bir zamanda un kurdunun (*Tenebrio molitor*, larva) besin ögesi profili ve risk değerlendirmesi üzerine verdiği görüşüne göre hem kurutulmuş bütün olarak hem de un halinde insan gıdası olarak tüketimi ve gıda sanayinde kullanımı onaylanmıştır. Gelecek yıllarda, bu başvuruların artacağı, diğer böcek türleri için de bu görüş raporlarının hazırlanacağı ve yenilebilir böceklerin geleceğin gıdalarından biri haline geleceği öngörülmektedir.

Hangi Böcekler Tüketilebilir?

Yenilebilir böceklerin çeşitliliği bölgelere göre değişkenlik göstermektedir. Ancak en sık tüketilen böcekler; cırcır böcekleri, karıncalar, un kurtları, çekirgeler, kelebekler, güveler, hamam böcekleri ve sinekler olarak listelenmiştir (FAO, 2013).

Sürdürülebilir Gıda Olarak Böcekler

Böcekler, yemlerinin endüstriyel yan ürünler ve tarımsal artıklardan elde edilmesi ile yem dönüşüm verimliliğine sahiptirler. Van Huis (2013)'e göre, cırcır böceğinin (*Acheta domesticus*) yem dönüşüm verimliliği, tavuklardan 2 kat, domuzlardan 4 kat ve sığırlardan 12 kat daha yüksektir.

Böceklerin diğer hayvanlara oranla çok daha az su tüketmeleri ve daha az sera gazı üretmeleri ekolojik sistemin sürdürülebilir özellikleri açısından önemlidir. Çok çeşitli ve küçük yetiştirme alanları ile diğer geleneksel hayvanların yetiştirilmesinde kullanılan arazilerden daha az bir kısmına ihtiyaç duyarlar. Şekil 1'de bir kg cırcır böceği ve sığır eti üretiminde oluşan çıktılar ve girdilerin karşılaştırılması yapılmıştır (Gahukar, 2016; Smil, 2002; Ramos-Elorduy, 2008; Nelson ve ark., 2009; Van Huis, 2013; FAO, 2013; Halloran ve ark., 2016). Ayrıca birçok böcek, insan tüketimi veya tarımsal yan ürünler için uygun olmayan bitki materyallerini besin maddesi olarak kullanır. Bu nedenle insanların tükettiği gıdaları tüketen inekler, tavuklar ve domuzlar ile rekabete girmezler (Dossey ve ark., 2016). Böceklerin büyümesinin büyük hayvanlardan çok daha kolay ve daha kısa sürede olmasının yanı sıra yüksek doğurganlık oranları da sürdürülebilir bir protein kaynağı açısından önemlidir. Guine ve ark. (2021) büyük ölçekli böcek üretiminin avantajını; 1 kg yenilebilir böcek

üretmek için 2 kg yem harcanırken, 1 kg sığır eti üretmek için 25 kg yem harcandığını kıyaslayarak rapor etmektedir. Böceklerin sahip olduğu bu gibi özellikler göz önüne alındığında gelecekte böcek unlarının üretilmesi ve ekonomik bir protein kaynağı haline dönüştürülmesi kaçınılmaz olacaktır (Zielińska ve ark., 2018).

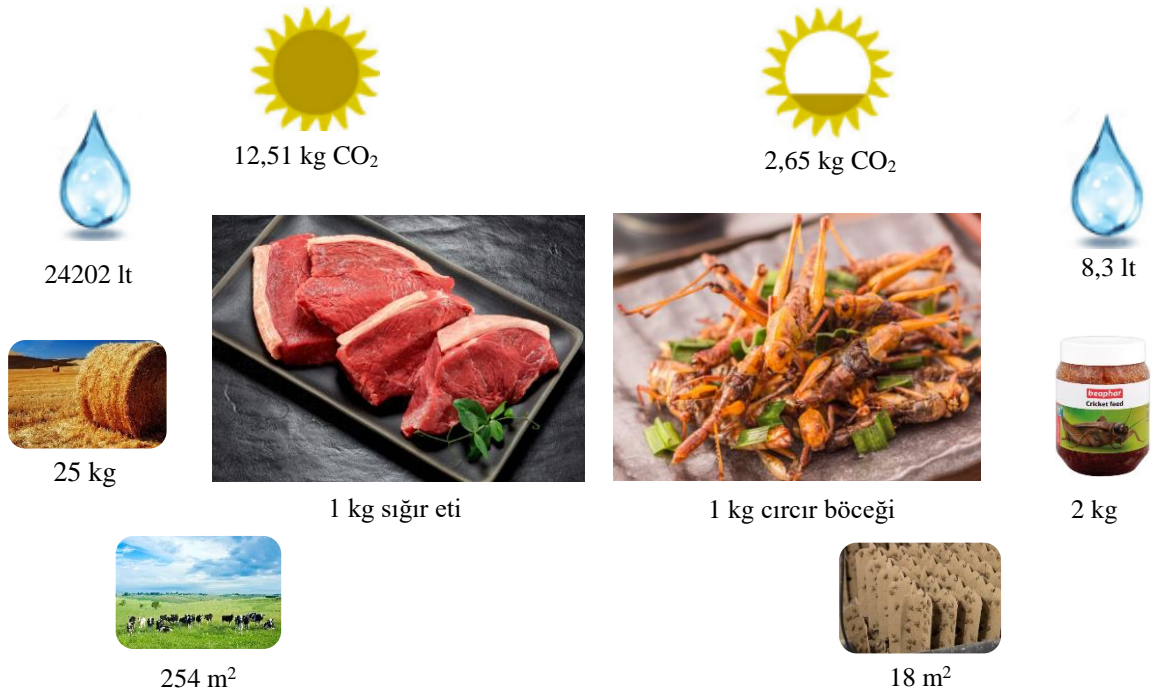
Böceklerin Besleyici Özellikleri

Böcekler günümüzde yüksek besleyici özellikleri nedeniyle umut vadeden bir gıda kaynağı olarak ilgi görmektedir (Van Huis, 2013). Yenilebilir böcek türünün sayısı 2000'den fazla olduğu için türler arasındaki besin öğeleri çeşit ve miktar olarak çok değişkenlik göstermektedir (Rumpold ve Schlüter, 2013). Bu çeşitliliğe ve yapılan çok sayıda çalışmaya rağmen, böcek besin öğelerinin bileşimi hakkında çok az şey bilinmektedir. Aynı tür olsalar dahi, besin ögesi profili böceğin gelişme koşullarına, evresine (larva veya yetişkin), yaşadığı çevreye, mevsime ve diyetine bağlı olarak değişebilir. Genel olarak, yenilebilir böcekler kaliteli protein, zorunlu amino asitleri, zorunlu yağ asitleri, vitamin ve mineral kaynakları olarak kabul edilmektedir (Van Huis, 2013). Bazı yenilebilir böceklerin besin öğeleri açısından karşılaştırılması Tablo 1'de gösterilmiştir (Williams ve ark., 2016). Özellikle içerdikleri linoleik (ω -6 yağ asiti) ve α -linoleik asit (ω -3 yağ asiti) zorunlu yağ asitleri ile yeni doğan ve çocuk beslenmesinde önemleri vurgulanmaktadır (Michaelsen ve ark., 2009).

Xiaoming ve ark. (2010) çalışmalarında, çekirge ve cırcır böceğinin bazı türlerinde %77'ye kadar protein (kuru bazda), kelebek ve güveler için yaklaşık %77 yağ içeriği saptamışlardır. Böceklerin mikro besin içeriği ile ilgili olarak, çoğunun yüksek miktarda potasyum, kalsiyum, demir, bakır, manganez, fosfor, çinko, magnezyum ve selenyum içerdiği bildirilmektedir (Finke, 2002).

Rumpold ve Schlüter (2013)'e göre, yenilebilir böcekler genellikle riboflavin, pantotenik asit, B₁₂ vitamini, A vitamininin biyolojik olarak aktif formu (retinol, retinoik asit ve retinaldehit) ve biyotin içermektedir (Bukkens, 1997, 2005; Hoppe ve ark., 2008; Michaelsen ve ark., 2009; Singh ve Singh, 1991). Böceklerin sığır eti de dahil olmak üzere diğer protein kaynaklarına kıyasla daha iyi ve daha biyoyararlılığı yüksek demir minerali kaynağı olabileceğini göstermiştir (Latunde-Dada ve ark., 2016). Bunun yanı sıra, cırcır böceklerinde bol miktarda bulunan kitin ve kitosanın bağırsaklarda bulunan patojenik mikroorganizmaları baskılayarak bağışıklık sistemini desteklediği prebiyotik özellikleri belirlenmiştir (Liu ve ark., 2010; Stull ve ark., 2018; Agbidye ve ark., 2009).

Yüz gram tırtıl tüketiminin, önerilen günlük protein alımının %76'sını ve vitamin alımının neredeyse %100'ünü sağladığı, önerilen günlük demir alımının 3,35 katından fazlası sağlandığı rapor edilmiştir (Agbidye ve ark., 2009). Bukkens, (1997) yenilebilir sineklerde B₁, B₂ ve B₃ vitaminlerinin tavuk, sığır eti veya somonda bulunan B₁, B₂ ve B₃ vitaminlerinden daha zengin olduğunu bildirmiştir. Akhtar ve Isman (2018) çalışmasında, yenilebilir cırcır böceklerinin sığır etinden iki kat daha fazla B₁₂ vitamini içerdiğini bildirmiştir. Buna ek olarak bazı yenilebilir böceklerin sığır, domuz ve tavuk etlerinde bulunan demir ve kalsiyum minerallerini daha fazla miktarda içerdiği bilinmektedir (Sirimungkararat ve ark., 2010).



Şekil 1. Sığır eti ve cırcır böceği üretiminin karşılaştırılması
Figure 1. Comparison of beef and cricket production

Çizelge 1. Bazı yenilebilir böceklerin besin öğeleri açısından karşılaştırılması

Table 1. Comparison of some edible insects in terms of nutrients

Besin öğeleri	Cırcır böceği	Kelebek	Un kurdu	Hamam böceği	Çekirge	Sinek	Karınca
Nem (%)	69,2	73,9	63,7	71,2	62,7	3,8	74
Kül (%)	3,6	3,7	3,3	4,3	3,2	8,6	6,5
Protein (%)	66,6	45,6	65,3	78,8	71,8	47	53,5
Yağ (%)	22,1	35	14,9	20	10,2	32,6	13,5
Diyet lifi (%)	10,2	6,5	20,4	-	6,4	6,7	6,9

Kaynak; USDA National Nutrient Database, 2015; Bukkens, 1997; Finke, 2007, 2013; Ramos-Elorduy ve ark., 1997. Cırcır böceği (*Acheta domestica*), Kelebek (*Anopheles gambiae*, larva), Un kurdu (*Tenebrio molitor*, yetişkin), Hamam böceği (*Blattella germanica*), Çekirge (*Zonocerus sp.*), Sinek (*Hermetia illucens*, larva), Karınca (*Oleocophylla smaragdina*).

Çizelge 2. Cırcır böceğinin besin öğeleri açısından diğer protein içeriği yüksek gıdalarla karşılaştırılması

Table 2. Comparison of crickets with other foods with high protein content in terms of nutrients

Besin öğeleri	Cırcır böceği	Sığır eti	Domuz eti	Tavuk eti	Yumurta	Somon balığı	Süt
Nem (%)	69,2	65,81	64,46	73,24	76,15	68,50	87,69
Kül (%)	3,6	0,86	0,79	1,17	1,06	2,54	0,72
Protein (%)	66,6	17,37	15,41	17,44	12,56	19,84	3,28
Yağ (%)	22,1	17,07	17,18	8,10	9,51	6,34	3,66
Diyet lifi (%)	10,2	0	0	0	0	0	0

Kaynak; USDA National Nutrient Database, 2015; Bukkens, 1997; Finke, 2007, 2013; Ramos-Elorduy ve ark., 1997

Çizelge 3. Cırcır böceğinin amino asitler açısından diğer protein içeriği yüksek gıdalarla karşılaştırılması (mg/g protein)

Table 3. Comparison of cricket with other foods with high protein content in terms of amino acids (mg / g protein)

Amino asitler	Cırcır böceği	Sığır eti	Yumurta tozu	Kazein	Soya	Fasulye	Diyetlerde önerilen amino asit miktarı
Histidin	22,7	38,1	22,1	18,9	32,8	28,5	15
İzolösin	36,4	39,4	34,6	46,9	45,7	31,4	30
Lösin	66,7	92,2	83,9	93	81,3	78,3	59
Lisin	51,1	95,9	91,4	78,6	82,7	94,3	45
Metionin	14,6	-	-	-	-	-	16
Sistin	8,3	-	-	-	-	-	6
Treonin	31,1	-	-	-	-	-	23
Triptofan	6,3	-	-	-	-	-	6
Valin	48,4	43	47,5	54,9	48,1	40,8	39
Metionin + Sistin	22,9	35,6	40	30,1	18,6	19,9	22
Fenilalanin + Tirozin	74,2	83,8	98,6	109,7	96,9	113,1	30

Kaynak; Pires ve ark., 2006; Rumpold ve Schlüter, 2013; WHO, 2007

Çizelge 4. Böceklerden izole edilmiş peptitlerin antimikrobiyal ve antiviral aktiviteleri

Table 4. Antimicrobial and antiviral activities of peptides isolated from insects

Peptitler	Böcek türleri	Antimikrobiyal aktivitesi	Antiviral aktivitesi
Attasin	Güve (<i>Hyalophora cecropia</i>)	√	
Alloferon 1	Sinek (<i>Calliphora vicina</i>)	√	√
Cecropin A	Güve (<i>Hyalophora cecropia</i>)	√	√
Defensin A	Sinek (<i>Phormia terranova</i>)	√	
Lucifensin	Sinek (<i>Lucilia sericata</i>)	√	
Mellitin	Arı (<i>Apis mellifera</i>)	√	√

Kaynak; Dossey, 2010

Bukkens (1997, 2005) tarafından yapılan bir çalışmada, böceklerin 6,5–11,4 g/100 g kuru ağırlıkta lif içeriğine sahip olduğunu belirtmiştir. Böcekler, bitkisel kaynaklara kıyasla daha yüksek miktarda lif içerirler. Ayrıca hem yüksek protein hem de lif kaynağı olmasından dolayı, et, balık ve yumurta gibi gıdalardan daha üstün hale gelirler.

Nowak ve ark. (2014) özellikle un kurtlarının (*Tenebrio molitor*) malnütrisyonla mücadeleye yardımcı olabilecek kalitede besleyici özelliklere sahip olduğunu bildirmişlerdir. Sonuçlar, yenilebilir böceklerin yeni bir gıda ve gıda bileşeni olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Alternatif Protein Kaynağı Olarak Böcekler

Diyetteki protein kalitesi, beslenme konusunda yapılacak öneriler açısından büyük önem taşımaktadır. Genel olarak kaliteli protein ihtiyacının karşılanmasında hayvansal kaynaklı proteinler daha iyi zorunlu amino asit profiline sahip oldukları için bitkisel kaynaklara tercih edilmektedir (Babji ve ark., 2010). Ancak ilerleyen yıllarda hayvansal protein ihtiyacını karşılayacak kaynakların bulunmasında çekilecek güçlükler öngörülerek, et gibi hayvansal kaynakların ikameleri üzerinde yapılan çalışmalara hız verilmiştir. Et ikameleri; et alternatifleri ya da et analogları olarak adlandırılan gıdalar genelde bitkisel bazlı proteinleri yüksek gıdalardır (Van der Spiegel ve ark., 2013). Birçok hayvansal ve bitkisel kaynaktan protein unu, konsantresi veya izolatu elde edilmesiyle ilgili çalışmalar ile ucuz ve istenilen fonksiyonel özelliklere sahip yeni protein kaynakları araştırılmaktadır. Bu noktada böcekler, birçok avantajından dolayı gelecek yıllarda potansiyel kaynak olarak kullanılabilir alternatifler arasındadır (Castro ve ark., 2018).

Birçok ticari gıda ürünü baklagillerden elde edilen protein ile zenginleştirilmektedir. Ancak böceklerin protein açısından çok zengin olmasının yanısıra bazı zorunlu amino asitlere sahip olduğu bilinmektedir (Ramos-Elorduy ve ark., 2012).

Böceklerin protein içeriğinin diğer protein kaynakları ile kıyaslandığı Tablo 2'den görüldüğü gibi, domuz eti %15,41 protein içeriğine sahipken, cırcır böcekleri yaklaşık %66,6 protein içeriğine sahiptir (Williams ve ark., 2016). Çekirgeler tür çeşitliliğine göre %43,9-77,1 aralığında protein içerirken; fasulye %23,5, mercimek %26,7 ve soya fasulyesi %41,1 protein içerir (Ramos-Elorduy ve ark., 2012).

Yenilebilir böceklerin amino asit bileşimi göz önüne alındığında, yüksek miktarda fenilalanin ve tirozin de dahil olmak üzere birçok zorunlu amino asidi içerdikleri Tablo 3'te görülmektedir (Silva Lucas ve ark., 2020). Xiaoming

ve arkadaşları (2010) yüz böcek türünü incelemiş ve böcekler de bulunan zorunlu amino asitlerin içeriği, toplam amino asit miktarının %46-96'sını oluşturduğunu saptamışlardır. Birçok böceğin, bazı tahıl veya baklagil proteinlerinde eksik olan lizin, triptofan ve treonin içerdiğini gösteren çalışmalar da mevcuttur (Sogbesan ve Ugwumba, 2008).

Osimani ve arkadaşlarının (2018) yaptığı bir çalışmada ise cırcır böceği ilave edilmiş ekmelerde lizin, tirozin, valin ve metiyonin artışına bağlı olarak zorunlu amino asitlerde önemli bir zenginleşme sağlanmıştır.

Bazı çalışmalar, böceklerin protein kalitesinin, kazein ve soya ile karşılaştırıldığında biyolojik yararlılık açısından daha üstün olduğunu göstermiştir (Ozimek ve ark., 1985; Oibiokpa ve ark., 2018; Finke ve ark., 1989). Oibiokpa ve arkadaşlarının (2018) yaptığı çalışmada, cırcır böceğinin (*Gryllus assimilis*) en yüksek protein etkinlik oranı (PER) ve net protein kullanım oranı (NPR) değerlerine (sırasıyla 1,78 ± 0,02 ve 3,04 ± 0,37) sahipken, kazeinin değerleri (sırasıyla 0,86 ± 0,03 ve 2,74 ± 0,48) daha düşük olarak saptanmıştır. Ayrıca kazein en az biyolojik değere sahipken (%73,45 ± 3,94), cırcır böceği en yüksek biyolojik değere (%93,02 ± 1,58) sahip bulunmuştur.

Meksika'da yenilebilir yetmiş sekiz böcek türü araştırılmış ve ortalama protein içeriği %15 ile %81 arasında, protein sindirilirliği ise %76 ile %98 arasında bulunmuştur (Ramos-Elorduy ve ark., 1997). Finke (2008) çalışmasında, böceklerin protein sindirilirliğini incelemiş ve sonuç olarak %86 ve %89 değerlerini elde edilmiştir. Bu değerler, yumurta proteini (%95), sığır eti (%98) veya kazein (%99) gibi hayvansal kaynaklı protein değerlerinden biraz daha düşük olmasına rağmen, birçok bitki bazlı proteinden daha yüksektir.

Finke ve arkadaşlarının (1989) çalışmasında, farelerin iki çeşit böcek ile beslenmesi sağlanmış ve protein kalitesi değerlendirilmiştir. Her iki böcekte (*Acheta domesticus* ve *Anabrus simplex*) elde edilen proteinlerin bir amino asit kaynağı olarak soya proteinine eşit veya daha üstün olduğu gözlenmiştir. Ancak böcek proteinlerinin kalitesi hakkında daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğunu bildirmişlerdir.

Montowska ve arkadaşları (2019), çalışmalarında cırcır böceği ununda protein ve peptit profilini incelemiştir. Genel olarak; miyozin, aktin, alfa-aktinin, tropomiyosin, tubulin, troponin T, paramiyosin gibi kas dokusunda bulunan miyofibril proteinler saptanmıştır. Ayrıca 1100'den fazla peptit fragmanı ve enzim olarak da kalsiyum taşıyan ATPaz, ATP sentaz ve arginin kinaz tespit edilmiştir. Buna ek olarak kütle spektrometresiyle protein tanımlaması yapılmış ve tripsin lizatlarında sadece cırcır böceğine özgü dört tane peptit bulunmuşlardır.

Potansiyel bir mikrobiyal tehlike olmanın aksine, bazı yenilebilir böceklerin antimikrobiyal ve antiviral peptitler içerdiği bilinmektedir (Tablo 4). Karasinek larvalarından (*Musca domestica*) yeni bir peptidin (HF-1), *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimurium*, *Shigella dysenteriae*, *Staphylococcus aureus* ve *Bacillus subtilis* gibi gıda patojenlerinin suşlarını inhibe ettiği bulunmuştur (Hou ve ark., 2007).

Gıda Güvenliği Endişeleri

Yeni gıdaların kabul edilmesinde algılanan riskler, önemli bir rol oynamaktadır (Meixner ve Mörl von Pfalzen, 2018). Böcekleri denemek için iğrenme, hoşnutsuzluk veya tereddüt duyguları genellikle böceklerin kirli, zararlı ve kişisel sağlık için tehlikeli olduğu düşüncelerine dayanır (Costa-Neto ve Dunkel, 2016). Böcek bazlı gıdaları kabul aşaması, o gıdaların ne kadar güvenilir olduğuyla doğrudan ilişkilidir. Hartmann ve ark. (2015), Hartmann ve Siegrist (2017) ve Ruby ve ark. (2015) tüketicilerin risk algısının yenilebilir böceklerin kabulünü sınırlayan önemli bir parametre olarak doğrulamıştır.

Yenilebilir böceklerden gıda geliştirirken, tüketici sağlığı ile ilgili potansiyel güvenlik sorunları tanımlanmalı ve azaltılmalıdır. Mikrobiyolojik, parazitolojik, kimyasal, toksikolojik ve alerjik riskleri araştırılmalıdır (Gahukar, 2011).

Örneğin Nijerya'da, kelebek larvalarının (*Cirina forda*) tüketiminin yüksek olması nedeniyle, bunlar üzerinde toksikolojik bir çalışma yapılmıştır. İşlem uygulanmamış larvalar, farelere oral yoldan verildiğinde toksik bir etki oluşturmalarına rağmen, larvaların kaynatılması ve güneşte kurutulması olası nörotoksinleri ortadan kaldırmıştır (Akinawo ve ark., 2002).

Yenilebilir böceklerin tamamı, kontrollü koşullarda insan tüketimi için özel çiftliklerde üretilmektedir. Düzenli olarak kalite kontrol testleri yapılmaktadır ve ürünler, geleneksel yetiştiriciliğe ait sığır, tavuk veya balıklarla aynı şartlara tabidir (Bessa ve ark., 2020). Bu sebeplerden dolayı insanlara bulaşıcı bir hastalık taşımaları da mümkün değildir. Ayrıca bu böcekler çiftliklerden toplandıktan sonra güvenli gıda olarak tüketilebilmesi için gereken ısıl işlemler uygulanarak sterilize edilmektedir (Gahukar, 2016).

Böcek Bazlı Gıdaların Değerlendirilmesi

Böcekler geleneksel olarak Afrika, Asya ve Latin Amerika'da yaşayan iki milyarın üzerinde kişi tarafından lezzetli ve besleyici bir gıda olarak tüketilmektedir. Kurutma, ezme, tekstürize etme, öğütme, pişirme (ör: kaynatma, kızartma, kavurma, ekstrüzyon ve konserve) gibi işleme yöntemlerinin kullanıldığı böcekler çığ olarak da tüketilmektedirler. Örneğin Meksika'da, chapulin'ler (çekirge cinsi), sığır eti ve fasulye ile birlikte sık sık tüketilen ulusal bir yemektir. Çoğu Avrupa ülkesinde ise, böceklerin tüketimi neredeyse yok denecek kadar azdır. Ancak gelecekte protein gereksiniminin karşılanmasında et ve et ürünlerinin yetersiz olacağı ve zor bulunacağı düşünüldükçe, Avrupa'da böcek bazlı ürün geliştirme çalışmaları başlamış ve konu ile ilgili yasal düzenlemeler yapılmıştır (Schlup ve Brauner, 2018).

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün (FAO) yenilebilir böceklerin tüketimini önermesiyle birçok firma böcek çiftlikleri kurarak hijyenik koşullarda böcek yetiştiriciliği yapmaya başlamıştır (FAO, 2013). Ayrıca bu böcekler öğütülerek toz haline getirilmiş, böcek tozu veya böcek unu adıyla satışa sunulmuştur. Birçok böcek bazlı gıda üreten firma da bu çiftliklerden bir halinde alarak gıdalara eklemeye başlamıştır. Bu çalışmaları Fransa, İngiltere, Belçika ve Hollanda gibi birçok Avrupa ülkesinde uygulamaya geçirmiştir. İsviçre'de ise böcek türleri 2017 yılından beri gıda olarak kabul edilmekte ve tüketilmektedir. Böcek bazlı hamburger İsviçre'de oldukça kabul görmüş gıdalardan biridir. Buna ek olarak, böcek unu ile yapılan kraker ve atıştırılabilir gibi yeni ürünler ABD ve Kanada'da pazarlanmaktadır (Van Huis, 2013).

Batılı tüketiciler, böcekleri bir protein kaynağı olarak kabul etme konusunda henüz isteksizlerdir. Çünkü böcekler, yiyecek kültürlerinde hiçbir zaman önemli bir yer edinmemiştir. Ayrıca böcek tüketimi; kültürel ve psikolojik engellerle birlikte, hijyenik olmayan veya bozuk gıda ile ilişkilendirilmektedir (Megido ve ark., 2016).

Böcek bazlı gıdalar, tüketicileri besin değerlerinin yanı sıra tat açısından da ikna ettiğinde daha kabul edilebilir bir gıda haline gelecektir (Tan ve ark., 2016). Meixner ve Mörl von Pfalzen (2018) yaptığı bir çalışmada katılımcıların büyük bir çoğunluğunun böcek bazlı gıdaları tattıktan sonra entomofajiye (böcek tüketimi) yönelik tutumlarının iyileştiğini ve insanların %68'inin diyetlerine böcekleri dahil etmeye hazır olduğunu göstermiştir.

Le Goff ve Delarue (2015), tüketicilerin böcek bazlı unla yapılan ürünleri tatma fikrini reddettiğini, ancak cazip bir ürünün hazırlanmasında kullanılan böcek unlarının, tüketicilerin ilk sıradan sonra daha kabul edilebilir olduğunu bildirmiştir. Bununla birlikte çeşitli çalışmalar, böceklerin bilinen bazı gıdalara eklenmesinin olumsuz algıları azaltacağını göstermektedir (Tan ve ark., 2017).

Megido ve arkadaşları (2016) çalışmasında böcek unu kullanılarak hazırlanan burgerlerin duyuusal beğeni düzeyini değerlendirmek için entomofaji algısı ve hedonik testler üzerine bir araştırma yapmıştır. Sonuç olarak entomofaji algısı olanların burgerleri daha yüksek puanladıklarını ve tat ile görünüşünde bir problem olmadığını bildirmiştir. Ayrıca insanların diyetlerine, böceklerin duyuusal olarak hissedilmeyecek şekilde ilave edilmesinin (böcek unu ile yapılmış pizza veya bisküvi gibi) yanı sıra bilinen tatlarla (çikolata ile kaplanmış böcekler) bir geçiş yapılabileceği sonucuna varmışlardır.

Günümüzde işlenmiş un kurtları; ekme, makarna, hamur işleri, bisküvi, şekerleme ve çeşniler gibi gıda ürünlerinde çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Tüketici talebine yönelik bu ürün çeşitliliği de arttırılabilir. Örneğin; böcek bazlı kraker, kek, köfte, sosis, aperatifler gibi ürünlerin dünya çapında bir potansiyeli vardır (Dossey ve ark., 2016).

Gonzalez ve arkadaşları (2017), unlu mamuller için protein açısından zengin bir bileşen olarak böcek ununun potansiyel kullanımını araştırmışlardır. Böcek türleri olarak; *Hermetia illucens*, *Acheta domesticus* ve *Tenebrio molitor* seçilmiş ve un haline getirilmiştir. Daha sonra ekme hamuru içinde bulunan buğday unu, %5 oranında böcek unları ile değiştirilmiş ve bu hamurlardan ekme yapılmıştır. Böcek unları arasında en başarılı sonuçları cırcır böceği yani *Acheta domesticus* vermiştir. Bu unu

içeren ekmekler, kontrol ekmeğine (böcek unu içermeyen) kıyasla hacim ve doku parametreleri arasında büyük farklılıklar göstermemiş, aynı zamanda daha yüksek protein ve lif içeriğine sahip bulunmuştur. Ayrıca, kontrol ekmeğine kıyasla toplam mineral içeriğinde önemli bir artış olmuştur.

Indriani ve ark. (2019), ilk olarak çekirge tozuyla (*Bombay locust*) zenginleştirilmiş esmer pirinç unundan bir kek tasarlamışlardır. Farklı oranlarda (%10, %20 ve %30) çekirge eklenmiş kek ve standart kek için kimyasal bileşim analizleri ve duyu analizler yapılmıştır. Sonuç olarak; nem ve karbonhidrat içeriği dışında besin maddelerinde (protein, yağ, kül) önemli bir artış elde edilmiştir. Buna ek olarak, duyu değerlendirilmede en iyi puanlara sahip olan ise; %20 oranında çekirge tozu eklenen kek seçilmiştir.

Osimani ve ark. (2018), cırcır böceği tozunu farklı oranlarda (%10 ve %30) kullanarak ekmeği üretmişlerdir. Analiz sonuçlarına göre protein içeriği sırasıyla %26,89 ve %27,72, diyet lifi içeriği ise %2,44 ve %2,58 bulunmuştur. Kontrol ekmeklerle kıyasladıklarında ise, lif ve protein içeriği ile cırcır böceği miktarının doğru orantılı olduğunu saptamışlardır. Buna ek olarak, cırcır böceği tozu ile zenginleştirilen ekmeklerin besleyici özelliklerini geliştirdiğini, mayalı ve fırınlanmış gıdalara başarılı bir şekilde eklenebileceğini belirlemişlerdir. Ayrıca böcek unuyla yapılan ekmeklerin, zorunlu amino asit içeriğinin kontrol ekmeğe kıyasla daha iyi olduğunu bildirmişlerdir.

Oliveira ve arkadaşları (2017), buğday ekmeğinin proteince zenginleştirilmesi için hamam böceği unu (*Nauphoeta cinerea*) kullanmayı planlamışlardır. Bu ekmeğ formülasyonunda buğday ununun %5, %10 ve %15'i böcek unu ile yer değiştirmiş ve standart buğday ekmeği ile hacim, sertlik, renk, protein açısından karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak %10 hamamböceği unu ile zenginleştirilmiş ekmeğ duyu analizi standart ekmeğe daha yakın bulunmuştur. Standart ekmeğ ve böcek unlu ekmeklerde yapılan analizlere göre, hamamböceği unu ile zenginleştirilmiş ekmeğ, standart ekmeğe göre çok daha yüksek bir protein içeriğine ve daha düşük bir karbonhidrat içeriğine sahip bulunmuştur.

Ribeiro ve arkadaşları (2019), tahıl ve kuru meyve barlarını tasarlamak için böcek kullanmışlardır. Bu sebeple ilk olarak öğütülmüş cırcır böcekleri, ikinci olarak ise yağı alınmış cırcır böcekleri ile çalışmışlardır. Kontrol barlar ile öğütülmüş cırcır böcekleri olan barlar karşılaştırıldığında, protein içeriği (10,9/100 g ve 15,9/100 g), yaklaşık %46 oranında artmıştır. Buna ek olarak ham lif içeriği ise 2,2/100 g ve 2,6/100 g bulunmuştur. Ayrıca yağı alınmış cırcır böceklerini içeren barlar ile öğütülmüş cırcır böceklerini içeren barlar besin değerleri açısından değerlendirilmiştir. Sonuç olarak yağı alınmış cırcır böceklerini içeren barlarda, daha yüksek protein içeriği (16,7/100 g ve 15,9/100 g) ve daha düşük yağ içeriği (29,9/100 g, 31,2/100 g) saptanmıştır. Duyusal değerlendirme açısından da yağı alınmış cırcır böcekleri daha tercih edilir bulunmuştur.

Roncolini ve arkadaşları (2019), ekmeğe %5 düzeyinde un kurdu tozu (*Tenebrio molitor*) eklenmesinin kontrol ekmeğe kıyasla protein içeriğinin yaklaşık %12, ekmeği %10 zenginleştirmede ise ortalama %27'lik bir artış gösterdiğini saptamışlardır.

Böcek bazlı gıdaların araştırmaları arttıkça birçok ticari firma da bu sektöre yönelmiştir. Bu firmalardan biri olan ve Finlandiya'da bulunan Fazer şirketi cırcır böcekleri kullanarak somun ekmeğ üretimi gerçekleştirmiştir ve ürettikleri ekmeğ iyi bir protein kaynağı olduğunu, bunun yanı sıra yağ asitleri, kalsiyum, demir ve B₁₂ vitamini içerdiğini ifade etmişlerdir (Anonim, 2017).

Sonuç

Gıda endüstrisi, gıdaların besleyicilik bütünlüğünün artırılması ve geliştirilmesiyle ilgili alternatif gıda kaynakları arayışı içindedir. Yeni keşfedilen her gıda kaynağı teorik olarak iyi bir besin bileşimi profili oluşturabilir ancak gıdaya bir bileşen olarak eklendiğinde aynı besin bileşimini sağlamayabilir. Gıdaların besleyici özelliklerinin zenginleştirilmesi açısından geliştirilen yeni yöntemlerden biri de böcek unu eklenerek besin değerlerini arttırmaktır. Literatür incelemelerine göre böceklerin zengin protein içerikleri ile yeni bir bileşen olarak kullanılma potansiyelleri yüksektir. Ayrıca eklendiği gıdaların da kendi içeriğinde bulunan protein, zorunlu amino asitler, yağ asitleri, mineraller ve vitaminler bakımından aynı oranda zenginleştirmesi önemli bulunmaktadır. Yenilebilir böceklerin besin ögesi profili; balık, sığır, soya fasulyesi gibi diğer protein kaynaklarıyla karşılaştırıldığında birçok açıdan daha üstündür. Aynı zamanda, yenilebilir böceklerin çevre dostu bir protein kaynağı olduğu açıktır. Böceklerin diyetle dahil edilmesi, gıda pazarını genişletecek ve protein kaynağı yetersiz olan birçok ülkedeki insanın beslenme ihtiyaçlarını karşılayacağı düşünülmektedir. Ayrıca, sporcular ve yaşlılar gibi proteine daha fazla ihtiyaç duyan insanlar diyetlerine bir besin takviyesi olarak da eklemesi mümkün olacaktır. Böcekler, özellikle endüstriyel boyutta üretildiğinde, hayvansal proteinlere alternatif olarak kullanılacak ekonomik bir kaynaktır. Gıda endüstrisinin de ilgisini çeken böcekler 'geleceğin eti' statüsünü taşımaktadır. Ayrıca böcek unlarıyla bar, kraker veya unlu mamuller tasarlanarak insanların bildikleri gıdaların böcek içererek hala alıştıkları tatta olduğu hissettirilirse, bu gıdalar hakkında iyi bir izlenim oluşturulabilir. Bu konuda yapılan araştırmalar kısıtlı olup, bu çalışmaların artırılması, bu kapsamda ar-ge çalışmalarına hız verilmesi ve endüstriyel boyutlarda kullanıma geçilmesi gıda sektörü için de büyük bir adım olacaktır.

Kaynaklar

- Agbideye F, Ofuya T, Akindele S. 2009. Marketability and Nutritional Qualities of Some Edible Forest Insects in Benue State, Nigeria. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8(7): 917-922. doi: 10.3923/pjn.2009.917.922
- Akhtar Y, Isman MB. 2018. Insects as an Alternative Protein Source. In: Yada RY (Editör), *Proteins in Food Processing*. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. pp: 263-288. ISBN: 978-0-08-100722-8 (Online) DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100722-8.00011-5>
- Akinnowo OO, Abatan MO, Ketiku AO. 2002. Toxicological study on the edible larva of *Cirina forda* (Westwood). *African Journal of Biomedical Research*, 5: 43-46, doi: 10.4314/ajbr.v5i1-2.53970

- Anonim, 2017. BBC News. 'Finlandiya 'açlıkla mücadele için' çekirgeden ekmek yaptı' <https://www.bbc.com/turkce/haberler-dunya-42104091> [Erişim tarihi: 20.12.2020]
- Arnarson A. 2017. 8 Signs and Symptoms of Protein Deficiency, <https://www.healthline.com/nutrition/protein-deficiency-symptoms#section1> [Erişim: 11.10.2020].
- Babji AS, Fatimah S, Ghassem M, Abolhassani Y. 2010. Protein quality of selected edible animal and plant protein sources using rat bio-assay. *International Food Research Journal* 17, 303–308, [http://www.ifrj.upm.edu.my/17%20\(02\)%202010/IFRJ-2010-303-308_UKM_Mansureh_\(S\)\[1\].pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/17%20(02)%202010/IFRJ-2010-303-308_UKM_Mansureh_(S)[1].pdf), [Erişim: 11.10.2020].
- Bessa LW, Pieterse E, Sigge G, Hoffman LC. 2020. Insects as human food; from farm to fork. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(14): 5017-5022. doi: <https://doi.org/10.1002/jsfa.8860>
- Bukkens SGF. 1997. The nutritional value of edible insects. *Ecology of Food and Nutrition*, 36(2–4): 287–319. doi: <https://doi.org/10.1080/03670244.1997.9991521>
- Bukkens SGF. 2005. Insects in the Human Diet: Nutritional Aspects. In: Paoletti MG (Editörler), *Ecological Implications of Minilivestock: Potential of Insects, Rodents, Frogs, and Snails*. Science Publishers, Enfield, NH, pp. 545–577. ISBN 1-57808-339-7 (Online)
- Castro RJS, Ohara A, dos Santos Aguilar JG, Domingues MAF. 2018. Nutritional, functional and biological properties of insect proteins: Processes for obtaining, consumption and future challenges, *Trends in Food Science and Technology* 76: 82-89, doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.04.006>
- Costa-Neto EM, Dunkel FV. 2016. Insects as Food: History, Culture and Modern Use around the World. In: Dossey AT, Morales-Ramos JA, Guadalupe Rojas M (Editörler), *Insects as Sustainable Food Ingredients: Production, Processing and Food Applications*, pp. 29-60. ISBN: 978-0-12-802856-8 (Online) doi: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-802856-8.00002-8>
- Dossey AT. 2010. Insects and their chemical weaponry: New potential for drug discovery, *Natural Product Reports*. 27, 1737–1757, doi: 10.1039/C005319H
- Dossey AT, Tatum JT, McGill WL. 2016. Modern Insect-Based Food Industry: Current Status, Insect Processing Technology, and Recommendations Moving Forward, In: Dossey AT, Morales-Ramos JA, Guadalupe Rojas M (Editörler), *Insects as Sustainable Food Ingredients: Production, Processing and Food Applications*, pp. 113-150. ISBN: 978-0-12-802856-8 (Online) doi: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-802856-8.00005-3>
- EFSA, 2018. Questions and Answers: New Novel Food Regulation. https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/fs_novel-food_leg_q-n-a-new-regulation-nf_en.pdf [Erişim 28.11.2020]
- EFSA, 2021. Safety of dried yellow mealworm (*Tenebrio molitor*, larva) as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal*, 19(1): 6343. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6343>.
- FAO, 2009. The State of Food and Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, <http://www.fao.org/3/i0680e/i0680e.pdf>, [Erişim: 20.11.2020]
- FAO, 2013. Edible insects. Future prospects for food and feed security Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, <http://www.fao.org/3/i3253e/i3253e00.pdf>, [Erişim: 15.11.2020]
- FAO, 2017. The Future of Food and Agriculture, Trends and Challenges, Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, <http://www.fao.org/3/a-i6583e.pdf>, [Erişim: 10.11.2020]
- FAO, 2019. Food and Agriculture Organization of the United Nations World Health Organization, Sustainable Healthy Diets Guiding Principles, Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, <http://www.fao.org/3/ca6640en/CA6640EN.pdf>, [Erişim: 21.11.2020]
- FDA, 2016. Food Labeling: Revision of the Nutrition and Supplement Facts Labels (2016–11867). <http://federalregister.gov/a/2016-11867>. [Erişim: 12.11.2020]
- Finke MD, Defoliart G, Benevenga NJ. 1989. Use of a Four Parameter Logistic Model to Evaluate the Quality of the Protein from Three Insect Species when Fed to Rats. *The Journal of Nutrition*, 119: 864–871. doi: 10.1093/jn/119.6.864
- Finke MD. 2002. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates as food for insectivores. *Zoo Biology* 21: 269–285. doi: <https://doi.org/10.1002/zoo.10031>
- Finke MD. 2007. Estimate of chitin in raw whole insects. *Zoo Biology* 26: 105–115. doi: 10.1002/zoo.20123
- Finke MD. 2008. Nutrient Content of Insects, In: Capinera JL (Editör), *Encyclopedia of Entomology*, Kluwer Academic, Dordrecht, London, pp. 1562–1575. ISBN: 978-1-4020-6360-2 (Online)
- Finke MD. 2013. Complete nutrient content of four species of feeder insects. *Zoo Biology*, 32: 27–36, doi: 10.1002/zoo.21012
- Gahukar RT. 2011. Entomophagy and human food security. *International Journal of Tropical Insect Science*, 31: 129–144. doi: <https://doi.org/10.1017/S1742758411000257>
- Gahukar RT. 2016. Edible Insects Farming: Efficiency and Impact on Family Livelihood, Food Security, and Environment Compared with Livestock and Crops, In: Dossey AT, Morales-Ramos JA, Guadalupe Rojas M (Editörler), *Insects as Sustainable Food Ingredients: Production, Processing and Food Applications*, pp. 85-106. ISBN: 978-0-12-802856-8 (Online) doi: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-802856-8.00004-1>
- Global Market Insights. 2016. Edible Insects Market Size by Product (Beetles, Caterpillars, Grasshoppers, Bees, Wasps, Ants, Scale Insects and Tree Bugs), By Application (Flour, Protein Bars, Snacks), Industry Analysis Report, Regional Outlook, Application Potential, Price Trends, Competitive Market Share and Forecast, 2020–2026. <https://www.gminsights.com/industry-analysis/edible-insects-market> [Erişim: 10.04.2020]
- González CM, Garzón R, Rosell CM. 2017. Insects as ingredients for bakery goods. A comparison study of *H. illucens*, *A. domestica* and *T. molitor* flours, *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 51: 205-210 doi: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.03.021>
- Guine RPF, Correia P, Coelho C, Costa CA. 2021. The role of edible insects to mitigate challenges for sustainability, *Open Agriculture*, 6: 24–36, doi: <https://doi.org/10.1515/opag-2020-0206>
- Halloran A, Roos N, Eilenberg J, Cerutti A, Bruun S. 2016. Life cycle assessment of edible insects for food protein: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36(57): 6-13. doi: 10.1007/s13593-016-0392-8.
- Hartmann C, Shi J, Giusto A, Siegrist M. 2015. The psychology of eating insects: A cross-cultural comparison between Germany and China. *Food Quality and Preference*, 44: 148-156. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.04.013>
- Hartmann C, Siegrist M. 2017. Insects as food: perception and acceptance, Findings from current research. *Ernährungs Umschau International*, 64(3): 44–50, doi: 10.4455/eu.2017.010.
- Hoppe C, Andersen GS, Jacobsen S, Molgaard C, Friis H, Sangild PT, Michaelsen KF. 2008. The use of whey or skimmed milk powder in fortified blended foods for vulnerable groups, *The Journal of Nutrition*, 138: 145–161. doi:10.1093/jn/138.1.145S
- Hou L, Shi Y, Zhai P, Le G. 2007. Inhibition of foodborne pathogens by Hf-1, a novel antibacterial peptide from the larvae of the housefly (*Musca domestica*) in medium and orange juice. *Food Control*, 18(11): 1350–1357. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2006.03.007>

- Indriana S, Karim MS, Nalinanona S, Karnjanapratum S. 2019. Quality characteristics of protein-enriched brown rice flour and cake affected by Bombay locust (*Patanga succincta* L.) powder fortification, *LWT- Food Science and Technology*, 119, 108876, doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108876>
- Latunde-Dada GO, Yang W, Aviles MV. 2016. In Vitro Iron Availability from Insects Sirloin Beef. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(44): 8420–8424. doi: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b03286>
- Le Goff G, Delarue J. 2015. Non-verbal evaluation of acceptance of insect-based products using a simple and holistic analysis of facial expressions, *Food Quality and Preference*, 56: 285–293, doi: [10.1016/j.foodqual.2016.01.008](https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.01.008)
- Liu P, Piao XS, Thacker PA, Zeng ZK, Li PF, Wang D, Kim SW. 2010. Chito-oligosaccharide reduces diarrhea incidence and attenuates the immune response of weaned pigs challenged with *Escherichia coli* K881. *Journal of Animal Science*, 88: 3871–3879. doi: [10.2527/jas.2009-2771](https://doi.org/10.2527/jas.2009-2771).
- Meixner O, Mörl von Pfälzen L. 2018. Die Akzeptanz von Insekten in der Ernährung: Eine Studie zur Vermarktung von Insekten als Lebensmittel aus Konsumentensicht. [The acceptance of insects in nutrition: A study on the marketing of insects as food from the consumer's point of view]. Wiesbaden: Springer Gabler. ISBN 978-3-658-21336-7 (Online) doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-21336-7>
- Megido RC, Gierts C, Blecker C, Brostaux Y, Haubruge E, Alabi T, Francis F. 2016. Consumer acceptance of insect-based alternative meat products in Western countries, *Food Quality and Preference* 52: 237–243, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.05.004>
- Michaelsen KF, Hoppe C, Roos N, Kaestel P, Stougaard M, Lauritzen L, Mølgaard C. 2009. Choice of foods and ingredients for moderately malnourished children 6 months to 5 years of age. *Food and Nutrition Bulletin*, 30(3): 343–404. doi: [10.1177/15648265090303S303](https://doi.org/10.1177/15648265090303S303)
- Montowska M, Kowalczyk PL, Rybicki I, Fornal E. 2019. Nutritional value, protein and peptide composition of edible cricket powders, *Food Chemistry*, 289: 130–138, doi: [10.1016/j.foodchem.2019.03.062](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.062)
- Nelson GC, Rosegrant MW, Koo J, Robertson R, Sulser T, Zhu T, Ringler C, Msangi S, Palazzo A, Batka M, Magalhaes M, Valmonte-Santos R, Ewing M, Leeve D. 2009. Climate Change: Impact on Agriculture and Costs of Adaptation. International Food Policy Research Institute. Washington, D.C. doi: <https://doi.org/10.2499/0896295354>
- Nowak V, Persijn D, Rittenschober D, Ruth Charrondiere U. 2014. Review of food composition data for edible insects, *Food Chemistry* 15(193): 39–46. doi: [10.1016/j.foodchem.2014.10.114](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.114)
- Obiokpa FI, Akanya HO, Jigam AA, Saidu AN, Egwim, EC. 2018. Protein quality of four indigenous edible insect species in Nigeria. *Food Science and Human Wellness*, 7(2): 175–183. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2018.05.003>
- Oliveira LM, da Silva Lucas AJ, Cadavel CL, Mellado MS. 2017. Bread enriched with flour from cinereous cockroach (*Nauphoeta cinerea*). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 44: 30–35, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.08.015>
- Osimani A, Milanović V, Cardinali F, Roncolini A, Garofalo C, Clementi F, Pasquini M, Mozzon M, Foligni R, Raffaelli N, Zamporlini F, Aquilanti L. 2018. Bread enriched with cricket powder (*Acheta domestica*): a technological, microbiological and nutritional evaluation. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 48: 150–163. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.06.007>
- Ozimek L, Sauer WC, Kozikowski V, Ryan JK, Jorgensen H, and Jelen P. 1985. Nutritive Value of Protein Extracted from Honey Bees. *Journal of Food Science*, 50: 1327–1332. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1985.tb10469.x>
- Pauter P, Rózańska M, Wiza P, Dworzak S, Grobelna N, Sarbak P, Kowalczyk PL. 2018. Effects of the replacement of the wheat flour with cricket powder on the characteristics of muffins, *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 17(3): 227–233. doi: [10.17306/J.AFS.2018.0570](https://doi.org/10.17306/J.AFS.2018.0570)
- Pires CV, Oliveira MGA, Rosa JC, Costa NMB. 2006. Qualidade nutricional e escore químico de aminoácidos de diferentes fontes proteicas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 26: 179–187. doi: [10.1590/S0101-20612006000100029](https://doi.org/10.1590/S0101-20612006000100029)
- Ramos-Elorduy J, Pino JMP, Prado EE, Perez MA, Otero JL, de Guevara OL. 1997. Nutritional Value of Edible Insects from the State of Oaxaca, Mexico, *Journal of Food Composition and Analysis*, 10: 142–157. doi: <https://doi.org/10.1006/jfca.1997.0530>
- Ramos-Elorduy J. 2008. Energy Supplied by Edible Insects from Mexico and their Nutritional and Ecological Importance. *Ecology of Food Nutrition*, 47: 280–97. doi: [http://dx.doi.org/10.1080/03670240701805074](https://doi.org/10.1080/03670240701805074)
- Ramos-Elorduy J, Pino Moreno JM, Martinez Camacho VH. 2012. Could Grasshoppers be a Nutritive Meal? *Food and Nutrition Sciences*, 3: 164–175. doi: [10.4236/fns.2012.32025](https://doi.org/10.4236/fns.2012.32025)
- Ribeiro JC, Lima RC, Maia MRG, Almeida AA, Fonseca AJM, Cabrita ARJ, Cunha LM. 2019. Impact of defatting freeze-dried edible crickets (*Acheta domestica* and *Gryllobius sigillatus*) on the nutritive value, overall liking and sensory profile of cereal bars, *LWT, Food Science and Technology* 113: 1–7, doi: [10.1016/j.lwt.2019.108335](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108335)
- Ritchie H, Roser M. 2017. Diet Compositions, <https://ourworldindata.org/diet-compositions> [Erişim: 04.04.2020]
- Roncolini A, Milanović V, Cardinali F, Osimani A, Garofalo C, Sabbatini R, Clementi F, Pasquini M, Mozzon M, Foligni R, Raffaelli N, Zamporlini F, Minazzato G, Trombetta MF, Van Buitenen A, Van Campenhout L, Aquilanti L. 2019. Protein fortification with mealworm (*Tenebrio molitor* L.) powder: Effect on textural, microbiological, nutritional and sensory features of bread, *PLOS ONE* 14(2): e0211747, doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211747>
- Ruby MB, Rozin P, Chan C. 2015. Determinants of willingness to eat insects in the USA and India. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1: 215–225. doi: <https://doi.org/10.3920/JIFF2015.0029>
- Rumpold BA, Schlüter OK. 2013. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition and Food Research*, 57: 802–823. doi: [10.1002/mnfr.201200735](https://doi.org/10.1002/mnfr.201200735)
- Schlup Y, Brunner T. 2018. Prospects for insects as food in Switzerland: A tobit regression, *Food Quality and Preference* 64: 37–46, doi: [10.1016/j.foodqual.2017.10.010](https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.10.010)
- Silva Lucas AJ, de Oliveira L, Rocha M, Prentice C. 2020. Edible insects: An alternative of nutritional, functional and bioactive compounds, *Food Chemistry* 311, 126022, doi: [10.1016/j.foodchem.2019.126022](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126022).
- Singh B, Singh U. 1991. Peanut as a source of protein for human foods. *Plant Foods for Human Nutrition*, 41: 165–177. doi: [10.1007/BF02194085](https://doi.org/10.1007/BF02194085)
- Sirimungkararat S, Saksirirat W, Nopparat T, Natongkham A. 2010. Edible products from eri and mulberry silkworms in Thailand. In: Durst PB, Johnson DV, Leslie RN, Shono K. (Editörler), *Forest insects as food: humans bite back*, Proceeding of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for development, Chiang Mai, Thailand. Food and Agricultural Organisation of the United Nations Regional Office for Asia and the Pacific, pp. 189–200, ISBN: 978-92-5-106488-7 (Online)
- Smil V. 2002. Eating Meat: Evolution, Patterns, and Consequences. *Population and Development Review*, 28: 599–639. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1728-4457.2002.00599.x>

- Sogbesan A, Ugwumba A. 2008. Nutritional Evaluation of Termite (*Macrotermes subhyalinus*) Meal as Animal Protein Supplements in the Diets of *Heterobranchus longifilis* (Valenciennes, 1840) Fingerlings, *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 8: 149–157. https://www.researchgate.net/profile/Olukayode_Sogbesan2/publication/242599458, [Erişim: 21.11.2020]
- Stefanikova Z, Sevcikova L, Jurkovicova J, Sobotova L, Aghova L. 2006. Positive and negative trends in university students' food intake. *Bratislavske Lekarske Listy*, 107: 217-220. <https://www.researchgate.net/publication/6874744>, [Erişim: 21.11.2020]
- Stull VJ, Finer E, Bergmans RS, Febvre HP, Longhurst C, Manter DK, Weir TL. 2018. Impact of Edible Cricket Consumption on Gut Microbiota in Healthy Adults, a Double-blind, Randomized Crossover Trial. *Scientific Reports*, 8, 10762, doi: 10.1038/s41598-018-29032-2
- Tan HSG, Van den Berg E, Stieger M. 2016. The influence of product preparation, familiarity and individual traits on the consumer acceptance of insects as food, *Food Quality and Preference*, 52: 222–23, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.05.003>
- Tan HSG, Verbaan YT, Stieger M. 2017. How will better products improve the sensory-liking and willingness to buy insect-based foods? *Food Research International* 92: 95-105, doi: 10.1016/j.foodres.2016.12.021
- Tao J, Li YO. 2018. Edible insects as a means to address global malnutrition and food insecurity issues. *Food Quality and Safety*, 2: 17–26. doi: <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyy001>
- TBSA, 2010. Türkiye Beslenme ve Sağlık Araştırması: Beslenme Durumu ve Alışkanlıklarının Değerlendirilmesi Sonuç Raporu. <https://www.saglik.gov.tr/TR,4736/turkiye-beslenme-ve-saglik-arastirmasi-2010> yayımlandı. Html, [Erişim: 17.11.2020]
- USDA, 2015. National Nutrient Database for Standard Reference, <https://data.nal.usda.gov> [Erişim 17.11.2020]
- Van Huis A. 2013. Potential of Insects as Food and Feed in Assuring Food Security. *Annual Review of Entomology*, 58: 563–583. doi: <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120811-153704>
- Van der Spiegel M, Noordam MY, Van der Fels-Klerx HJ. 2013. Safety of Novel Protein Sources (Insects, Microalgae, Seaweed, Duckweed and Rapeseed) and Legislative Aspects for Their Application in Food and Feed Production. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(6): 662-678. doi: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12032>
- WHO, 2007. Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition: Report of a Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation. Geneva, EU: World Health Organization. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43411/WHO_TRS_935_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y [Erişim: 22.11.2020]
- Williams JP, Williams JR, Kirabo A, Chester D, Peterson M. 2016. Nutrient Content and Health Benefits of Insects. *Insects as Sustainable Food Ingredients*, 61–84. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802856-8.00003-X>
- Xiaoming C, Ying F, Hong Z, Zhiyong C. 2010. Review of the nutritive value of edible insects. In: Durst PB, Johnson DV, Leslie RN, Shono K. (Editörler), *Forest insects as food: humans bite back*, Proceeding of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for development, Chiang Mai, Thailand. Food and Agricultural Organisation of the United Nations Regional Office for Asia and the Pacific, pp. 85–92, ISBN: 978-92-5-106488-7 (Online)
- Zielińska E, Monika Karas M, Baraniak B. 2018. Comparison of functional properties of edible insects and protein preparations thereof, *LWT- Food Science and Technology* 91: 168- 174, doi: 10.1016/j.lwt.2018.01.058