



Insects as a Source of Protein

Gizem Kılıncı^{1,a}, Fatma Nurdem Çelen^{1,b}, Neriman Bağdatlıoğlu^{1,c,*}

¹Food Engineering Department, Faculty of Engineering, Manisa Celal Bayar University, 45140 Muradiye/Manisa, Turkey

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Review Article</i></p> <p>Received : 05/08/2021 Accepted : 07/03/2022</p> <p>Keywords: Edible insects Insect protein Entomophagy Sustainable nutrition Food safety</p>	<p>The world population growth has increased demand for traditional protein sources but an alternative protein source was sought due to limited land. Edible insects containing all the essential amino acids in a healthy diet are sustainable and promising alternative protein source. The protein content of insects varies in a wide range depending on the type of insect and the stage of development (13%-77%). Some edible insects are currently consumed by two billion people worldwide. In the literature, more than 2100 insect species have been recorded as edible. The sensory attributes of edible insects are an important factor that can accelerate their acceptance by consumers. Generally, the taste of insects is described as nutty and largely depends on the cooking technique. Potential food safety risks of edible insects can be microbiological, parasitological and allergenic. This review has been shown to be a healthy food source with high protein content, lipids, vitamins, minerals and fiber, the nutritional composition and functionality are compared between different insect species, and information on the sensory quality and risks of insect eating is presented.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 10(3): 468-474, 2022

Protein Kaynağı Olarak Böcekler

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Derleme Makalesi</i></p> <p>Geliş : 05/08/2021 Kabul : 07/03/2022</p> <p>Anahtar Kelimeler: Yenilebilir böcekler Böcek proteini Entomofoji Sürdürülebilir beslenme Gıda Güvenliği</p>	<p>Dünya nüfus artışına bağlı olarak geleneksel protein kaynaklarına olan talebin artması ve üretimin sınırlı olması sebebiyle alternatif protein kaynağı arayışına girilmiştir. Sağlıklı bir diyet gerektiren tüm amino asitleri içeren yüksek protein değerine sahip yenilebilir böcekler, sürdürülebilir ve umut verici alternatif bir protein kaynağı olarak düşünülmektedir. Böceğin türüne ve gelişim aşamasına bağlı olarak protein içeriği kuru madde bazında %13-77 arasında değişmektedir. Bilinen 2100'den fazla yenilebilir böcek türü vardır ve 2 milyar insan tarafından geleneksel olarak tüketilmektedir. Genel olarak, böceklerin tadı cevizimsi olarak tanımlansa da bu büyük ölçüde pişirme tekniğine bağlıdır. Yenilebilir böceklerin besin içeriği zengin olmasına rağmen, mikrobiyal kontaminasyon, toksinler ve alerjen reaksiyonlara sebebiyet vermeleri nedeniyle riskli olabilmektedir. Bu derlemede, yenilebilir böceklerin yüksek protein, esansiyel yağ asiti, vitamin, mineral ve lif içeren bir gıda kaynağı olarak tanıtılması amaçlanmıştır. Aynı zamanda besin içeriği açısından böcek türleri arasında karşılaştırılmalar yapılmış ve böcek yemenin duyu kalitesi ve riskleri ile ilgili bilgiler sunulmuştur.</p>

^a gizemkilinc19@gmail.com

^c neriman.bagdatlioglu@cbu.edu.tr

^b <https://orcid.org/0000-0003-4948-2840>

^c <https://orcid.org/0000-0003-4758-4472>

^b nurdem.celen@gmail.com

^b <https://orcid.org/0000-0001-6639-2543>



This work is licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International License

Giriş

Dünya nüfusunun hızla artışı ve yaşam standartlarının değişmesi gibi birçok faktör doğal kaynakları yetersiz kılmış ve dünyanın taşıma kapasitesinin aşılmasına sebep olmuştur. Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)'nın verilerinde her 8 kişiden birinin açlıkla mücadele ettiği ifade edilmiştir. Her yıl açlık nedeniyle ölen kişi sayısının; sıtma, verem ve AIDS nedeniyle ölen kişi sayıları toplamından daha fazla olduğu rapor edilmiştir. Aynı zamanda bebek ölümlerinin yaklaşık %45'i yetersiz beslenmeyle ilişkilendirilmiştir (FAO, 2018). Açlıkla mücadele eden milyonlarca insan, özellikle yaşamsal öneme sahip proteinin eksikliğini çekmektedir. 2050 yılında dünya nüfusunun 9 milyardan fazla olacağı tahmin edilmekte ve geleneksel protein kaynakları mevcut ihtiyaçları karşılayamadığı için, yenilebilir böceklerin alternatif protein kaynağı olarak değerlendirilebileceği düşünülmektedir (Godfray ve ark. 2010).

Böcekler, eklembacaklılar (*Arthropoda*) şubesinin *Insecta* sınıfı olarak, tür ve takson bakımından hayvanlar aleminin en kalabalık grubunu oluşturmaktadır. Böcekler dünyadaki tüm karasal ekosistemlerde ve tüm iklim bölgelerinde bulunabilmektedir (Eilenberg ve van Loon, 2018). Günümüzde böcekler, dünya çapında 113 ülkede 2 milyar insan tarafından geleneksel olarak tüketilmekte ve hatta son zamanlarda ABD ve Avrupa'da böceklerin bazı gıda ürünlerinde kullanımları giderek artmaktadır. Literatürde 2100'den fazla böcek türü, yenilebilir olarak kaydedilmiştir (Lamsal ve ark., 2019; Zielińska ve ark., 2018). Yenilebilir böceklerin besin içerikleri türüne göre çeşitlilik arz etmektedir (de Castro ve ark., 2018; Zielińska ve ark., 2015). Böceklerin besleyici olmasının ana nedeni yüksek protein içeriğine sahip olmalarının (Ramos-Elorduy, 2005; Rumpold ve Schlüter, 2013; Sun-Waterhouse ve ark., 2016) yanı sıra yağ, mineral, vitamin ve lif bakımından da zengin olmalarıdır (Mintah ve ark., 2019). Yenilebilir böcekler konvansiyonel ete kıyasla daha fazla ham protein içermekte olup, amino asit bileşimleri de genellikle benzerlik taşımaktadır.

EFSA (European Food Safety Authority) Ocak 2021'de kurutulmuş sarı un kurdu larvalarının (*Tenebrio molitor* larva) güvenliğini değerlendiren ve bilimsel bir görüş yayınlamıştır. Bu yeni gıda uygulamaları hakkındaki bilimsel görüş, böcek bazlı bir gıda ürününün tamamlanmış ilk değerlendirmesidir.

Bu derlemede; yenilebilir böceklerin ümit vaat eden sağlıklı, sürdürülebilir ve yüksek kaliteli alternatif bir protein kaynağı olabileceğini gösteren çalışmalara yer verilmiş ve yenilebilir böceklerin besin değerleri, duyuşal kalitesi ve böcek yemenin riskleri hakkında genel bir bakış açısı sağlanmaya çalışılmıştır.

Yenilebilir Böceklerin Besin İçerikleri

Protein İçeriği

Proteinler besinsel olarak böceklerin ana bileşenini temsil ederler (de Castro ve ark., 2018). Böceklerin ham protein oranı, kuru ağırlık esasına göre genellikle %40-75'dir. Amino asit bileşimi protein kalitesini tanımlamada en önemli kriterdir. Böcek proteinlerinin %76-96'sı genellikle sindirilebilir proteinlerdir ve insan diyeti için esansiyel amino asitleri ideal bir oranda sağlayabilmektedir. Böcek proteinlerinin ortalama sindirilebilirlik değerlerinin yumurta (%95) ve sığır eti proteini (%98) değerlerinden biraz daha az olduğu bilinmektedir (Kouřimská ve Adámková, 2016). Böcek proteinleri günlük alınması gereken amino asit düzeyini karşılayabilmektedir (WHO, 2007). Tüm böcek gruplarında, izolösin, lösin, lisin, fenilalanin, treonin, valin, arginin, histidin ve tirozin yeterli seviyelerdedir (Tang ve ark., 2019). Böcek proteinleri, bitki proteinleri (fasulye %23,5, mercimek %26,7 ve soya fasulyesi %41,1) ile karşılaştırıldığında, daha yüksek protein içeriğine sahiptir (Zielińska ve ark., 2015; Rumpold ve Schülter, 2013).

Böceklerin protein kalitesi, protein içeriği ve amino asit bileşimi üzerine çeşitli çalışmalar mevcuttur. Rodríguez-Miranda ve ark. (2019), mısır tarlası çekirgesi (*Sphenarium purpurascens*) proteini için rapor edilen değerlerin sığır, domuz, kuzu, tavuk, hindi ve balık etinden daha yüksek olduğunu ve sığır eti ve yumurta proteinlerine göre daha yüksek düzeyde izolösin, lösin, lisin, metiyonin, sistein, fenilalanin, tirozin, treonin, valin ve histidin içeriğine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Okul öncesi çağındaki çocukların lisin gereksinimi 5,8 g/100 g protein iken, mısır tarlası çekirgesi proteini için lisin değeri 5,7 g/100 g protein olarak rapor edilmiştir (Rodríguez-Miranda ve ark., 2019). 100 g tırtıl tüketimi günlük önerilen protein alımının %76'sını karşılamaktadır. Sadece üç ipek böceği larvası besin bileşimi açısından bir tavuk yumurtasına eşdeğerdir ve bileşiminde yaklaşık %50 protein ve %30 lipit bulunmaktadır (Lucas ve ark., 2020). 100 g kavrulmuş et 22,3 g protein sağlarken, 100 g haşlanmış ipek güvesi larvalarının 28,2 g protein sağladığı belirlenmiştir. Öte yandan, 100 g kızarmış çekirge 61,1 grama kadar kaliteli protein sağlamaktadır (Rodríguez-Miranda ve ark., 2019). Avrupa'da iyi bilinen ve kolay üreyen üç yenilebilir böcek türü olan un kurdu (*Tenebrio molitor*), çöl çekirgesi (*Schistocerca gregaria*) ve tropikal cırcır böceği (*Grylodes sigillatus*) sırasıyla %52, %76 ve %70 protein içermektedir (EFSA, 2015).

Çizelge 1'de Yenilebilir böceklerin yetişkin ve larvalarına ait 100 g KM'deki protein içerikleri verilmektedir (Xiaoming ve ark., 2010).

Çizelge 1. Yenilebilir böceklerin yetişkin ve larvalarına ait protein içerikleri (% kuru maddede) (Xiaoming ve ark., 2010)
Table 1. The protein content of edible insects in some insect orders (% in dry matter) (Xiaoming ve ark., 2010)

Takım/alttakım	Latince	Evre	Protein %
Kıncanatlılar	<i>Coleoptera</i>	Yetişkinler ve larvalar	23-66
Kelebekler	<i>Lepidoptera</i>	Pupalar ve larvalar	14-68
Yarımkanatlılar	<i>Hemiptera</i>	Yetişkinler ve larvalar	42-74
Eşkanatlılar	<i>Homoptera</i>	Yetişkinler ve larvalar ve yumurtalar	45-57
Zarkanatlılar	<i>Hymenoptera</i>	Yetişkinler, pupalar, larvalar ve yumurtalar	13-77
Kızböcekleri	<i>Odonata</i>	Yetişkinler ve naiadlar	46-65
Düzkanatlılar	<i>Orthoptera</i>	Yetişkinler ve nimfler	23-65

Çizelge 2. Bazı böcekler ile yüksek proteinli gıdaların protein içerikleri (de Carvalho ve ark., 2019)

Table 2. Protein content of some relevant insects regarding other high-protein foods (de Carvalho ve ark., 2019)

Böcek/gıda maddesi	Bilimsel adı	Protein (g/kg)
Kara sinek (yetişkinler)	<i>Musca domestica</i>	197
Ev cırcır böceği (yetişkinler)	<i>Acheta domestica</i>	205
Süper solucanlar (larvalar)	<i>Zophobas morio</i>	197
Un kurdu (yetişkinler)	<i>Tenebrio molitor</i>	237
Balmumu kurdu (larva)	<i>Galleria mellonella</i>	141
İpekböceği (larva)	<i>Bombyx mori</i>	93
Sığır eti	-	256
Süt tozu	-	265

Meksika'da 87 yenilebilir böcek türü araştırılmış ve ortalama protein içerikleri %15-81 arasında olduğu rapor edilmiştir (Ramos-Elorduy, 1997). Bir başka çalışmada böcek türlerinin kuru madde bazında protein içerikleri: un kurdu 37,45 g/100 g, süper solucan (*Zophobas morio*) 40,61 g/100 g, Jamaikalı tarla cırcırı (*Gryllus assimilis*) 33,28 g/100 g, göçmen çekirge (*Locusta migratoria*) 31,56 g/100 g, balmumu güvesi (*Galleria mellonella*) 36,67 g/100 g, ipek böceği (*Bombyx mori*) 28,22 g/100 g, bal arısı (*Apis mellifera*) 17,33 g/100 g olarak saptanmıştır (Bednářová ve ark., 2013). Tüm böceklerin aynı protein içeriğine sahip olmadığı, vurgulanması gereken önemli bir noktadır. Bazı böcek türleri ile yüksek proteinli gıdaların protein içerikleri Çizelge 2'de verilmiştir (de Carvalho ve ark., 2019).

Amarender ve ark. (2020) ticari olarak temin edilebilen, ince öğütülmüş ve kurutulmuş cırcır böceği tozunun besin bileşimini %63,43 protein, %20,86 yağ, %4,65 kül, %7,56 karbonhidrat, %3,50 nem ve 472 kcal/100 g olarak tespit etmişlerdir. Böcek tozunda bulunan yüksek yağ içeriği, heksan veya etanol kullanılarak ekstrakte edilmiş ve ürünün yağ içeriği %20,86'dan %9,27'ye düşürülmüştür. Böylece protein içeriği artırılırken, yağ içeriği önemli ölçüde azaltılmış alternatif bir protein kaynağı gıda endüstrisine sunulmuştur. Bir başka çalışmada; termit (*Macrotermis nigriensis*), güve (*Cirina fonda*), Jamaikalı tarla cırcırı ve çekirgenin (*Melanoplus foedus*) protein kalitesine bakılmıştır. Analiz edilen böceklerin 20 temel amino asidin tümünü içerdikleri görülmüştür. En fazla esansiyel amino asit, çekirgede (10,60 g treonin/100 g), en az ise güve tırtılında (0,62 metionin/100 g) bulunmuştur. Glutamik asit en çok bulunan (13,00/100 g), sistin ise en az (0,40/100 g) bulunan esansiyel olmayan amino asit olarak rapor edilmiştir (Oibiokpa ve ark., 2018).

Chakravorty ve ark. (2016), Hindistan'da yaygın bir böcek türü olan termit (*Odontotermes sp.*) ve dokumacı karıncanın (*Oecophylla smaragdina*) besinsel içeriğini değerlendirmişlerdir. Dokumacı karınca ve termitin sırasıyla %55,28 ve %33,67 protein, %14,99 ve %50,93 yağ, %19,84 ve %6,30 lif, %2,59 ve %3,01 kül ve %7,30 ve %6,09 karbonhidrat içerdikleri rapor edilmiştir. Tüm esansiyel amino asitler her iki böcek türünde de bulunmuştur. Metionin, en az saptanan esansiyel amino asit iken, esansiyel olmayan amino asitler alanin, arginin, aspartik asit, asparagin, glutamik asit ve glutamin olarak belirlenmiştir.

Böcek proteinleri düşük miktarlarda sera gazı ve amonyak yadıkları için potansiyel çevre dostu olarak

kabul edilmektedir. Böcek yetiştiriciliği, hızlı, kolay ve pahalı olmayan bir tarımsal faaliyet olarak, gelişmekte olan ülkeler için yeni bir iş fırsatı sunmaktadır. Bununla birlikte, böceklerin farklı gıdaların formülasyonlarına ilave edilmesi için, fonksiyonel özelliklerinin kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesine ihtiyaç vardır (Gravel ve Doyen, 2020).

Yağ İçeriği

Yağ, yenilebilir böceklerin proteinden sonra en fazla bulunduğu besin ögesidir. Larva aşamasında yağ içeriği daha yüksektir. Böceklerin yaşam evrelerine göre değişimle birlikte yağ içeriğinin yaklaşık %80'ini trigliseritler ve %20'den azını fosfolipidler temsil etmektedir (de Castro ve ark., 2018). Böcek yağında oleik, linoleik ve linolenik asitler dahil olmak üzere büyük miktarlarda C₁₈ yağ asitleri ve palmitik asit vardır (Tzompa-Sosa ve ark., 2014; Ramos-Elorduy, 2005). Farklı böceklerin yağ içeriklerinin saptandığı bir çalışmada, tırtılın toplam yağ içeriği 8,6-15,2 g/100 g iken, çekirge ve *Orthoptera* türlerinde yağ içeriği 3,8-5,3 g/100 g olarak saptanmıştır (Tzompa-Sosa ve ark., 2014). Raksakantong ve ark. (2010) Tayland'da yaygın tüketilen 8 yenilebilir böceğin yağ asidi ve lipit içeriğini incelemişlerdir. Analiz edilen tüm böceklerde en çok çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) bulunurken, bunu doymuş yağ asitleri (SFA) ve tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) takip etmiştir. Çeşitli böcek türlerine ait yağ içerikleri Çizelge 3'de yer almaktadır (de Carvalho ve ark., 2019).

Vitamin ve Mineral İçeriği

Böceklerin mikro besin içeriği ile ilgili olarak, yüksek miktarda potasyum, kalsiyum, demir, magnezyum ve selenyuma sahip olduğu bilinmektedir. Bazı böcekler sığır eti, domuz eti ve tavuktan daha fazla demir ve kalsiyum içerir (Lucas ve ark., 2020). Böcekler günlük mineral gereksinimini önemli oranlarda karşılayabilmektedir, örneğin 100 g tırtıl, günlük önerilen en düşük demir alımının %335'ini sağlamaktadır. Tüketim ve porsiyon boyutlarına bağlı olarak çekirge, cırcır böceği, yemek kurdu ve bufalo solucanları insan diyeti için mükemmel bir Fe, Ca, Cu, Mg, Mn ve Zn kaynağıdır (de Castro ve ark., 2018; Lucas ve ark., 2020). Palmiye kurdu (*Rhynchophorus phoenicis*) ve mopan tırtılların (*Imbrasia belina*) 12-31 mg/100 g demir, palmiye kurdu larvalarının 26,5 mg/100 g çinko içerdiği rapor edilmiştir (Baiano, 2020; Govorushko, 2019).

Böcekler suda ve yağda çözünen vitaminleri içermektedirler. Farklı böcek türlerinin tiamin miktarı 0,1-0,4 mg/100 g, riboflavin miktarı 0,11 – 8,9 mg/100 g olarak saptanmıştır. B₁₂ vitamini, un kurdu larvalarında 0,47 µg/100 g, ev cırcırı (*Acheta domestica*) yetişkinlerinde 5,4 µg/100 g ve nimflerinde 8,7 µg/100 g olarak saptanmıştır (Bukkens, 2005, Finke, 2002). *Estaboller* ve *Formicidae* familyasının yumurtalarının A, D ve E vitaminlerinin iyi bir kaynağı olduğu ve 505 µg/100 g retinol, 3,61 µg/100 g kolekalsiferol ve 2,22 mg/100 g α-tokoferol içerdiği bildirilmiştir (Melo-Ruiz ve ark. 2013). Meyve sinekleri (*Drosophila melanogaster*) ve sahte çekirgeler (*Microcentrum rhombifolium*) yaklaşık 110 mg/kg-DM E vitamini, içermektedir (Baiano, 2020; Govorushko, 2019). Schmidt ve ark. (2019) ultra performans sıvı kromatografisi kullanarak B₁₂ vitamini düzeylerini un kurdu larvaları (1,08 µg/100 g), Jamaikalı tarla cırcır böceği (2,88 µg/100 g), Afrika göçmen çekirgesi (0,84 µg/100 g) ve Türkistan hamamböceğinde (*Shelfordella lateralis*) (13,2 µg/100 g DM) belirlemiştir. Altı böcek türüne ait besinsel bileşim, vitamin ve mineral içerikleri Çizelge 4’de verilmiştir (Lucas ve ark., 2020).

Lif İçeriği

Yenilebilir böcekler insan sağlığı ve bağırsak için yarar sağlayan lif kaynaklarıdır. Böceklerin dış iskeletlerinde bulunan kitin esas olarak bir β-1,4-N-asetilglukozamin polimeridir (Pechal ve ark., 2019; de Carvalho ve ark.,

2019). Kitinler, sindirilemeyen polisakaritler grubundandır ve insan vücudunda selüloz gibi davrandığı için “hayvansal lif” olarak adlandırılır. Ticari olarak yetiştirilen böceklerde kitin 2,7-49,8 mg/1000 g (11,6-137,2 mg/1000 g DM) olarak saptanmıştır (Kouřimská ve Adámková, 2016; Finke, 2007). Yapılan bir çalışmada kurutulmuş bal arısından kitinin uzaklaştırılmasının protein sindirilebilirliği ve net protein kullanımı değerlerini artırdığı sonucuna varılmıştır. Öte yandan, kabuklu deniz hayvanlarının dış iskeletlerinden elde edilen kitin özleri ilgili kurumlar tarafından onaylanmış olup, Japonya’da tahıllarda lif kaynağı olarak kullanılmaktadır (Dobermann ve ark., 2017). Kitinin prebiyotik özelliğe sahip olduğu ve bu nedenle bağırsaktaki yararlı bakteri türlerinin büyümesini destekleyebileceği düşünülmektedir (Pechal ve ark., 2019).

Yenilebilir Böcek Tüketimi

Böcekler geleneksel olarak Afrika, Asya ve Latin Amerika’da tüketilmektedir (Raheem ve ark., 2019). Küresel olarak en çok tüketilen böcek türleri; trtıllar, arılar, eşek arıları ve karıncalardır. Bu türlerden sonra çekirge, cırcır böcekleri, ağustos böcekleri, yaprak zararlıları kanatlı karıncalar, yusufluklar ve sinekler gelmektedir (Jongema, 2015). Çizelge 3’de farklı böceklerin besin değerlerine ilişkin bazı örnekler verilmiştir (de Castro ve ark., 2018).

Tablo 3. Böceklerin besin değerleri (kuru madde bazında) (de Castro ve ark., 2018)

Table 3. Nutritional value of insects (based on dry matter) (de Castro ve ark., 2018)

Böcek	Protein (g/100g)	Yağ (g/100g)	Mineral (g/100g)	Karbonhidrat (g/100g)	Enerji (kcal/100g)
Böcekler	3,7-54	3,7-52	1-3	12-34	126-574
Sinekler	7,15-67	4,2-31	1,24-8	8,38-23	199-460
Arılar, eşekarısı, yaprak arısı ve karıncalar	1-81	1,3-62	0-6	5-94	234-593
Kelebekler ve güveler	13,2-69,6	7-77	2-8	3-41	126-762
Çekirge, cırcır böcekleri ve göçmen çekirge	13-77	2,4-25,14	2-27	16-30	117-436

Tablo 4. Altı yenilebilir böcek türünün besin öğeleri (%), mineralleri (mg/100 g) ve vitaminleri (mg/100 g) (kuru madde bazında) (Lucas ve ark., 2020)

Table 4. Composition of nutrients (%), minerals (mg/100 g) and vitamins (mg/100 g) of six species of edible insects (dry basis) (Lucas ve ark., 2020)

	<i>Rhynchophorus phoenicis</i>	<i>Bombxy mori</i>	<i>Acheta domestica</i>	<i>Ruspolia differens</i>	<i>Tenebrio molitor</i>	<i>Periplaneta americana</i>
Protein	10,3-41,7	10,3-41,7	64,4-70,7	44,3	65,6	49,43
Yağ asitleri	19,5-69,8	30,1-35,0	18,5-22,8	46,2	28,2	38,07
Lif	2,8-25,1	2	-	4,9	3	6,53
Kül	2,5-5,7	4,0-8,6	3,6-5,1	2,6	2,48	2,84
Kalsiyum	54,1-208	158	132,2-210	24,5	47,18	-
Potasyum	1025-2206	-	1126,6	259,7	259,7	-
Magnezyum	33,6-131,8	207	80-1094,4	33,1	221,54	-
Fosfor	352,0-685	474	708-957,8	-	697,44	-
Sodyum	44,8-52	-	435,1	121	125,38	-
Demir	14,7-30,8	26,0	6,3-11,2	229,7	5,51	-
Askorbik asit	4,2	-	9,5	0,1	36,10	23,84
Folik asit	-	-	0,5	0,9	-	-
Tiamin	3,4	-	0,1	-	-	-
Riboflavin	2,2	-	11,1	1,4	-	-
Niasin	3,4	0,9	12,6	2,4	-	-

Tablo 5. Çiğ ve işlenmiş yenilebilir böceklerin tadı ve lezzeti (Mishyna ve ark., 2020; Kouřimská ve Adámková, 2016)
 Table 5. The taste and flavor of raw and processed edible insect species (Mishyna ve ark., 2020; Kouřimská ve Adámková, 2016)

Yenilebilir Böcekler	Evre	Tat ve Lezzet
Karınca	Yetişkin	Tatlı, fındıgımsı
Bal arısı	Kuluçkadan yeni çıkmış	Tereyağlı, sütlü, fındıklı, jambon, etsi, mantar
Çekirge ve cırcır böcekleri	Yetişkin	Balık
Sarı un kurdu	Larva	Tam buğday ekmeği
Hamam böcekleri	-	Mantar
Eşek arıları	-	Çam fıstığı
Ağaç solucanları	Larva	Kızarmış domuz derisi
Termit	Yetişkin	Fındıgımsı
Su böcekleri	Yetişkin	Taze balık, kurutulmuş karides

Böcekler yumurta, larva, pupa veya yetişkin gibi farklı yaşam evrelerinde tüketilirler (Yi ve ark., 2013). Yenilebilir böcekler çiğ, pişirilerek veya gıda formülasyonlarına ilave edilerek tüketilmektedir (Imathi, 2020). Besin değeri, tüketim şekline ve hazırlık aşamasına (pişirme, kızartma, vb.) göre değişmektedir (van Huis ve ark., 2013). Geleneksel tüketimde böcekler, donma-kurutma, güneşte kurutma veya kaynatma yoluyla öldürülmektedir. İsteğe bağlı olarak fırınlama, kaynatma, kızartma, tavada pişirme, buharda pişirme veya kavurma gibi farklı şekilde pişirebilmektedir. Örneğin, hurma otu larvaları yıkandıktan sonra yağsız olarak kızartılmaktadır. Tırtıllar genellikle tuzlu suda kaynatılmakta veya güneşte kurutulularak depolanmaktadır. Termitler ise ana yemekler, garnitürler veya atıştırmalık yiyecekler olarak tüketilmektedir (Govorushko, 2019; Melgar-Lalanne ve ark., 2019; Chung, 2010).

Yenilebilir Böceklerin Duyusal Kalitesi

Duyusal özellikler yenilebilir böceklerin tüketimine ilişkin önemli bir kriterdir. Böceklerin tadı ve lezzeti çok çeşitlidir. Böceklerin lezzeti, vücut yüzeyinden salgılanan feromonlardan kaynaklanmaktadır (Ramos-Elorduy ve ark., 1998). Çiğ ve işlenmiş yenilebilir böceklerin tadı ve lezzeti ile ilgili duyuşal tanımlar Çizelge 5'de verilmiştir. Genel olarak, böceklerin tadı hafif ve fındıgımsı olarak tanımlanır. Pişirme yöntemi, tuz, şeker veya soya sosu gibi maddelerin eklenmesin tadı büyük ölçüde etkilemektedir (Mishyna ve ark., 2020). Böceklerin dış iskeleti, doku üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Böcekler gevrek ve tüketim sırasında çıkan sesler kraker sesine benzilmektedir (Ramos-Elorduy ve ark., 1998). Pupalara ve larvalara, böceklerin en yaygın tüketilen aşamalarıdır. Pupalara ve larvalara az miktarda kitin içerdikleri için gevrek değildirler ve sindirilebilirlikleri daha yüksektir. Böceklerin büyük çoğunluğu dış iskelete bağlı olarak neredeyse kokusuzdur. Pişirme sırasında, böceğin rengi genellikle gri, mavi veya yeşilin tonlarından kırmızıya kadar değişmektedir (Ramos-Elorduy, 1997).

Batı toplumları için kakaolu muzlu kriket (cırcır böceği) pastası, un kurdu tozu ile muzlu ekme ve kriket tozu ile yulaf ezmesi kurabiye gibi bir dizi böcek bazlı tarif önerilmektedir (Mishyna ve ark., 2020). Bununla birlikte, duyuşal değerlendirmeler ve böcek bazlı ürünlerin duyuşal özelliklerinin iyileştirilmesi konusunda daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Böcek Yememin Riskleri

Yenilebilir böcekler potansiyel gıda güvenliği riski taşırlar ve bu riskler mikrobiyolojik, parazitolojik ve alerjenik olabilmektedir. Mikrobiyolojik risklerle ilgili olarak, *Escherichia*, *Staphylococcus* ve *Bacillus* dahil olmak üzere birçok patojenik bakteri türünün insanları enfekte edebileceği iyi bilinmektedir. Süper solucan, un kurdu, balmumu güvesi ve ev cırcırında yüksek mikrobiyal içerik saptanmıştır ve bunun çoğunlukla *Micrococcus spp.*, *Lactobacillus spp.* ve *Staphylococcus spp.* kaynaklı olduğu belirtilmiştir (Belluco ve ark., 2013; Giaccone, 2005). Dış iskeletteki bakteriler, mantar ve mantar toksinleri de sorun oluşturmaktadır (Banjo, 2006). Çalışmalarda *Imbrasia belina* cinsi tırtılın 0-50 µg/1000 g aflatoksin içerdiği belirtilmektedir. Avrupa Birliği, bitki kaynaklı gıda maddelerinde aflatoksin miktarını en çok 10-15 µg/1000 g olarak belirlemiştir, fakat böcekler dahil olmak üzere hayvansal kökenli gıda maddeleri için herhangi bir düzenleme yoktur (Mézes, 2018). Bazı böcekler, kimyasal bir savunma mekanizması olarak siyanojenik veya kardiyak glikozitler gibi toksinleri sentezlemektedir. Bu toksinleri sentezleyen böceklerin tüketimi mide bulantısı, kusma, görme bozukluğu veya daha kötü etkiler gösterebilmektedir (Rumpold ve Schülter, 2013). Bu toksinlerin geçici körlük oluşturabilme ihtimaline karşı yemek yapımı sırasında eldiven kullanımı önerilmektedir.

Araçnidler, böcekler, myriapodlar ve kabuklu hayvanları içeren birçok eklembacaklıların, tropomiyosin, arginin kinaz, gliseraldehit 3-fosfat dehidrogenaz ve hemosiyaninin varlığından kaynaklanan alerjik reaksiyonlara neden olduğu bilinmektedir (Dobermann ve ark., 2017). Un kurdu ve bazı kabuklular insanlarda egzama, dermatit, rinit, konjunktivit, tıkanıklık, bronşiyal astım ve ödem gibi alerjik sorunlar oluşturabilmektedir (Barre, 2014; van Huis ve ark., 2013). Tarla cırcır böcekleri ilgili bir çalışmada (*Gryllus bimaculatus*), karides alerjisi olduğu bilinen kişiler cırcır böceklerine çapraz reaksiyon göstermişlerdir. Sonuçlar deniz ürünleri alerjisi olan kişilerde, yenilebilir böceklerin tüketilmesi durumunda da alerjik reaksiyonlar gözlenebileceğini ortaya koymaktadır (Mézes, 2018; Dobermann ve ark., 2017).

Yabani olarak toplanmış böceklerin paraziter hastalıklarının, insana bulaşma olasılığı çiftlik böceklerinden daha yüksektir, çünkü çiftlikte yetiştirilmiş böceklerin aksine beslenme alışkanlıkları kontrol edilememektedir. *Dicrocoelium dendriticum*, karınca tüketimi yoluyla insanlara kolayca bulaşan zoonotik bir

parazittir. *Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia* ve *Toxoplasma spp* gibi gıda ve su kaynaklı parazitler de hamam böceklerinden izole edilmiştir (Imathiu, 2020).

EFSA, böcek bazlı bir gıda ürünü ile ilgili ilk değerlendirmesini “Safety of dried yellow mealworm (*Tenebrio molitor larva*)” Ocak 2021’de yayınlamıştır. Atıştırmalık ürünler, unlu mamuller, enerji barları ve makarna gibi diğer çeşitli gıda ürünlerinde kurutulmuş, öğütülmüş, toz haline getirilmiş sarı un kurtlarının kullanımı değerlendirilmiştir. Sonuç olarak EFSA, önerilen koşullar altında gıdanın beslenme açısından dezavantajlı olmadığını ve değerlendirdiği toksisite çalışmalarının güvenlik endişelerini artırmadığını tespit etmiştir (EFSA, 2021).

Sonuç

Böcekler ümit vaat eden sağlıklı, sürdürülebilir ve yüksek kaliteli bir protein kaynağıdır. Mevcut çalışma sonuçları yenilebilir böceklerin beslenme yetersizliklerinin giderilmesinde önemli bir rol oynayabileceğini göstermektedir. Aynı zamanda yenilebilir böceklerin besinsel bileşimlerinin geleneksel protein kaynaklarıyla eşdeğer olduğunu hatta bazı böcek türlerinin hayvansal gıdalardan daha iyi olduğunu göstermektedir.

Birçok ülkede yenilebilir böceklerin gıda güvenliği konusundaki bilgi eksikliği, böcek tüketimi ve yetiştiriciliğinde bir engel olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle çiftlik böceklerinin tüketiminin, gıda kaynaklı parazitik hastalıklar oluşturma potansiyelini araştırmak büyük önem taşımaktadır. Böceklerin potansiyel protein kaynağı olarak kullanılması için güvenli ve uygun kaynaklardan temin edilmesinin yanı sıra bu riskleri azaltan işleme tekniklerinin de geliştirilmesi gerekmektedir (Belluco ve ark., 2013; Pereira ve ark., 2010).

Tüm bunların ışığında, dünya çapında entomofajinin (böceklerin insanlar tarafından bir besin kaynağı olarak tüketilmesi) teşvik edilmesi önem taşımaktadır. Geleneksel protein kaynaklarının bir alternatifi olan yenilebilir böcekleri bir gıda kaynağı olarak ele almak gıda güvenliği ve tüketiciyi korumak açısından önem taşıdığından dolayı önümüzdeki yıllarda gıda ve yem mevzuatının düzenlenmesi ve geliştirilmesi gerekecektir.

Kaynaklar

Amarender RV, Bhargava K, Dossey AT, Gamagedara S. 2020. Lipid and protein extraction from edible insects—crickets (*Gryllidae*). LWT—Food Science and Technology, 125: 109222. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109222>

Baiano A. 2020. Edible insects: An overview on nutritional characteristics, safety, farming, production technologies, regulatory framework, and socio-economic and ethical implications. Trends in Food Science and Technology, 100: 35-50. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.040>

Banjo AD, Lawal OA, Adeyemi AI. 2006. The microbial fauna associated with the larvae of *Oryctes monocerus*. Journal of Applied Sciences Research, 2(11): 837-843.

Barre A, Caze-Subra S, Gironde C, Bienvenu F, Bienvenu J, Rougé P. 2014. Entomophagie et risque allergique. Revue Française d'Allergologie, 54(4): 315-321. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.reval.2014.02.181>

Bednářová M, Borkovcová M, Mlček J, Rop O, Zeman L. 2013. Edible insects—species suitable for entomophagy under condition of Czech Republic. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 61(3): 587-593. DOI: <https://doi.org/10.11118/actaun201361030587>

Belluco S, Losasso C, Maggioletti M, Alonzi CC, Paoletti MG, Ricci A. 2013. Edible insects in a food safety and nutritional perspective: A critical review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 12(3): 296-313. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12014>

Bukkens SGF. 2005. Insects in the human diet: Nutritional aspects. In Ecological Implications of Minilivestock: Potential of Insects, Rodents, Frogs and Snails, Edited by M.G. Paoletti, Science Publishers, Enfield, New Hampshire, 648p. ISBN 13: 978-1-57808-339-8 (hbk).

Chakravorty J, Ghosh S, Megu K, Jung C, Meyer-Rochow VB. 2016. Nutritional and anti-nutritional composition of *Oecophylla smaragdina* (Hymenoptera: Formicidae) and *Odontotermes* sp. (Isoptera: Termitidae): Two preferred edible insects of Arunachal Pradesh, India. Journal of Asia-Pacific Entomology, 19(3): 711-720. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2016.07.001>

Chung AY. 2010. Edible insects and entomophagy in Borneo. In Forest Insects as Food: Humans Bite Back, Edited by Patrick B. Durst, Dennis V. Johnson, Robin N. Leslie and Kenichi Shono, Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office For Asia and the Pacific, Bangkok, Thailand, 231p. ISBN 978-92-5-106488-7.

de Carvalho NM, Madureira AR, Pintado ME. 2019. The potential of insects as food sources—a review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 1-11. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1703170>

de Castro RJS, Ohara A, dos Santos Aguiar 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>

Dobermann D, Swift JA, Field LM. 2017. Opportunities and hurdles of edible insects for food and feed. Nutrition Bulletin, 42(4): 293-308. DOI: <https://doi.org/10.1111/nbu.12291>

EFSA Scientific Committee. 2015. Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. EFSA Journal, 13(10): 4257. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4257>

EFSA Scientific Committee. 2021. Scientific Committee. 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>

Eilenberg J, van Loon JJ. 2018. Insects: key biological features. In Edible Insects in Sustainable Food Systems, Edited by Teoksessa A. Halloran, R. Flore, P. Vantomme, N. Roos, Springer, Cham, 479p. ISBN 978-3-319-74011-9 (Online).

FAO. 2018. October. Our Actions are our Future: A Zero Hunger world by 2030 is possible [Brochure]. Rome: Author. Available from: <http://www.fao.org/3/ca0147en/CA0147EN.pdf> [Accessed 07 August 2020]

Finke MD. 2002. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. Zoo Biology: Published in Affiliation with the American Zoo and Aquarium Association, 21(3): 269-285. DOI: <https://doi.org/10.1002/zoo.10031>

Finke MD. 2007. Estimate of chitin in raw whole insects. Zoo Biology: Published in affiliation with the American Zoo and Aquarium Association, 26(2): 105-115. DOI: <https://doi.org/10.1002/zoo.20123>

Giaccone V. 2005. Hygiene and health features of minilivestock. In Ecological Implications of Minilivestock: Potential of Insects, Rodents, Frogs and Snails, Edited by M.G. Paoletti, Science Publishers, Enfield, New Hampshire, 648p. ISBN 13: 978-1-57808-339-8 (hbk).

Godfray HCJ, Crute IR, Haddad L, Lawrence D, Muir JF, Nisbett N, Pretty J, Robinson S, Toulmin C, Whiteley R. (2010). The future of the global food system. Philosophical Transaction of the Royal Society B, 365: 2769–2777. DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0180>

Govorushko S. 2019. Global status of insects as food and feed source: A review. Trends in Food Science and Technology, 91: 436-445. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.032>

- Grabowski NT, Klein G. 2017. Microbiology of cooked and dried edible Mediterranean field crickets (*Gryllus bimaculatus*) and superworms (*Zophobas atratus*) submitted to four different heating treatments. *Food Science and Technology International*, 23(1): 17-23. DOI: <https://doi.org/10.1177/1082013216652994>
- Gravel A, Doyen A. 2019. The use of edible insect proteins in food: Challenges and issues related to their functional properties. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 59: 102272. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102272>
- Imathiu S. 2019. Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects. *NFS Journal*, 18: 1–11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2019.11.002>
- Jongema Y. 2015. World list of edible insects. Wageningen University, 1-75. Available from: https://www.wur.nl/upload_mm/7/4/1/ca8baa25-b035-4bd2-9fdca7df1405519aWORLD%20LIST%20EDIBLE%20INSECTS%202015.pdf [Accessed 09 August 2020]
- Kouřimská L, Adámková A. 2016. Nutritional and sensory quality of edible insects. *NFS Journal*, 4: 22-26. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.nfs.2016.07.001>
- Lamsal B, Wang H, Pinsiroadom P, Dossey AT. 2019. Applications of insect-derived protein ingredients in food and feed industry. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 96(2): 105-123. DOI: <https://doi.org/10.1002/aocs.12180>
- Lucas A, Menegon de Oliveira L, da Rocha M, Prentice C. 2020. Edible insects: An alternative of nutritional, functional and bioactive compounds. *Food Chemistry*, 311: 126022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126022>
- Melgar-Lalanne G, Hernández-Álvarez AJ, Salinas-Castro A. 2019. Edible insects processing: Traditional and innovative technologies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(4): 1166-1191. DOI:<https://doi.org/10.1111/1541-4337.12463>
- Melo-Ruiz V, Quirino-Barreda T, Calvo-Carrillo C, Sánchez-Herrera K, Sandoval-Trujillo H. 2013. Assessment of nutrients of escamoles ant eggs *Limotepum apiculatum* M. by spectroscopy methods. *Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, 7(12): 1181.
- Mézes M. 2018. Food safety aspect of insects: A review. *Acta Alimentaria*, 47(4): 513-522. DOI:<https://doi.org/10.1556/066.2018.47.4.15>
- Mintah BK, He R, Agyekum AA, Dabbour M, Golly MK, Ma H. 2020. Edible insect protein for food applications: Extraction, composition, and functional properties. *Journal of Food Process Engineering*, 43: e13362. DOI:<https://doi.org/10.1111/jfpe.13362>
- Mishyna M, Chen J, Benjamin O. 2020. Sensory attributes of edible insects and insect-based foods—future outlooks for enhancing consumer appeal. *Trends in Food Science and Technology*, 95: 141-148. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.11.016>
- Oibiokpa 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>
- Pechal JL, Benbow ME, Kamng'ona AW, Safalaoh A, Masamba K, Kang'ombe J. 2019. The need for alternative insect protein in Africa. *Annals of the Entomological Society of America*, 112(6): 566-575. DOI:<https://doi.org/10.1093/aesa/saz046>
- Pereira KS, Schmidt FL, Barbosa RL, Guaraldo AM, Franco RM, Dias VL, Passos LA. 2010. Transmission of chagas disease (*American trypanosomiasis*) by food. *Advances in Food and Nutrition Research*, 59: 63-85. DOI:[https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(10\)59003-X](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(10)59003-X)
- Raheem D, Carrascosa C, Oluwole OB, Nieuwland, M., Saraiva, A., Millán, R., & Raposo, A. 2019. Traditional consumption of and rearing edible insects in Africa, Asia and Europe. *Critical reviews in food science and nutrition*, 59(14): 2169-2188. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1440191>
- Raksakantong P, Meeso N, Kubola J, Siriamornpun S. 2010. Fatty acids and proximate composition of eight Thai edible tercolous insects. *Food Research International*, 43(1): 350-355. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.10.014>
- Ramos-Elorduy J. 1998. *Creepy Crawly Cuisine: The Gourmet Guide to Edible Insects*. (Translated: N. Esteban), Park Street Press, Rochester, 150p. ISBN 0-89281-747-X (pbk.: alk. paper).
- Ramos-Elorduy J, Moreno JMP, Prado EE, Perez MA, Otero JL, De Guevara O. L. 1997. Nutritional value of edible insects from the state of Oaxaca, Mexico. *Journal of Food Composition and Analysis*, 10(2): 142-157. DOI:<https://doi.org/10.1006/jfca.1997.0530>
- Ramos-Elorduy J. 2005. Insects: a hopeful food source. In *Ecological Implications of Minilivestock: Potential of Insects, Rodents, Frogs and Snails*, Edited by M.G. Paoletti, Science Publishers, Enfield, New Hampshire, 648p. ISBN 13: 978-1-57808-339-8 (hbk).
- Rodríguez-Miranda J, Alcántar-Vázquez JP, Zúñiga-Marroquín T, Juárez-Barrientos JM. 2019. Insects as an alternative source of protein: A review of the potential use of grasshopper (*Sphenarium purpurascens* Ch.) as a food ingredient. *European Food Research and Technology*, 245: 2613–2620. DOI:<https://doi.org/10.1007/s00217-019-03383-0>
- Rumpold BA, Schlüter OK. 2013. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular nutrition and Food Research*, 57(5): 802-823. DOI: <https://doi.org/10.1002/mnfr.201200735>
- Schmidt A, Call LM, Macheiner L, Mayer HK. 2019. Determination of vitamin B₁₂ in four edible insect species by immunoaffinity and ultra-high performance liquid chromatography. *Food Chemistry*, 281: 124-129. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.039>
- Sun-Waterhouse D, Waterhouse GI, You L, Zhang J, Liu Y, Ma L, Gao J, Dong Y. 2016. Transforming insect biomass into consumer wellness foods: A review. *Food Research International*, 89: 129-151. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.10.001>
- Tang C, Yang D, Liao H, Sun H, Liu C, Wei L, Li F. 2019. Edible insects as a food source: A review. *Food Production, Processing and Nutrition*, 1(8): 1-13. DOI: <https://doi.org/10.1186/s43014-019-0008-1>
- Tzompa-Sosa DA, Yi L, van Valenberg HJ, van Boekel MA, Lakemond CM. 2014. Insect lipid profile: Aqueous versus organic solvent-based extraction methods. *Food Research International*, 62: 1087-1094. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.05.052>
- van Huis A, Itterbeeck JV, Klunder H, Mertens E, Halloran A, Muir G, Vantomme P. 2013. *Edible insects: future prospects for food and feed security*. Food and Agriculture Organization of the UN (FAO). Rome, Italy. E-ISBN 978-92-5-107596-8.
- World Health Organization (WHO). 2007. *Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition: Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation*. WHO Technical Report Series No. 935, WHO, Geneva. ISBN 92-4-068213-9.
- Xiaoming C, Ying F, Hong Z, Zhiyong C. 2010. Review of the nutritive value of edible insects. In *Forest Insects as Food: Humans Bite Back*, Edited by Patrick B. Durst, Dennis V. Johnson, Robin N. Leslie and Kenichi Shono, Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office For Asia and the Pacific, Bangkok, Thailand, 231p. ISBN 978-92-5-106488-7.
- Yi L, Lakemond CM, Sagis LM, Eisner-Schadler V, van Huis A, van Boekel M. 2013. Extraction and characterisation of protein fractions from five insect species. *Food Chemistry*, 141(4): 3341-3348. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.05.115>
- Zielińska E, Baraniak B, Karaś M, Rybczyńska K, Jakubczyk A. 2015. Selected species of edible insects as a source of nutrient composition. *Food Research International*, 77: 460–466. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.09.008>