



## **SÜRDÜRÜLEBİLİR PROTEİN KAYNAĞI OLARAK YENİLEBİLİR BÖCEKLERİN BESLEYİCİ ÖZELLİKLERİ ve TÜKETİCİ KABULÜ**

**Burak Erdoğan, Ayşe Görür, Doğa Peksever\*, Ogeday Sümer, Sedef Nehir El**  
Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Beslenme Bilim Dalı, İzmir, Türkiye

Geliş / *Received*: 14.04.2021; Kabul / *Accepted*: 15.07.2021; Online baskı / *Published online*: 06.08.2021

Erdoğan, B., Görür, A., Peksever, D., Sümer, O., El Nehir, S. (2021). Sürdürülebilir protein kaynağı olarak yenilebilir böceklerin besleyici özellikleri ve tüketici kabulü. *GIDA* (2021) 46 (5) 1105-1116 doi: 10.15237/gida. GD21074.

*Erdoğan, B., Görür, A., Peksever, D., Sümer, O., El Nehir, S. (2021). Nutritional value and consumer acceptance edible insects as a sustainable source of protein. GIDA (2021) 46 (5) 1105-1116 doi: 10.15237/gida. GD21074.*

### **ÖZ**

Nüfus artışı, tarım alanlarının yetersizliği ve iklim değişiklikleri gibi sorunlar nedeniyle, gıda kaynaklarının sürdürülebilirliği giderek önem kazanmaktadır. Gelecekte özellikle protein gereksiniminin karşılanması temel bir sorun olarak öngörülmektedir. Yenilebilir böcekler geleneksel protein kaynakları ile kıyaslandığında üretimlerindeki avantajlar nedeniyle sürdürülebilir gıda kaynakları olarak değerlendirilmektedir. Güney Amerika ülkeleri ve Çin gibi ülkelerde geleneksel olarak tüketilen ancak batı toplumlarında neofobi ve tikslenme nedeniyle kabul görmezken bütün formu yerine un formunda kullanılması entomofajiyi uygulamak için umut verici bir seçenek olarak görülmektedir. Yenilebilir böceklerin, besleyici özellikleri ile antidiyabetik ve antimikrobiyel gibi potansiyel etkileriyle sağlık üzerine faydalarının incelendiği çalışmalar artmaktayken toksik ve alerjik etkileri üzerine çalışmalar halen yetersizdir. Yenilebilir böceklerin, özellikle Avrupa Gıda Güvenliği Kurumu'nun (European Food and Safety Authority, EFSA) 2021 yılı başında yayınladığı sarı un kurdunun gıda olarak tüketilmesini onaylayan yönetmelik ile yenilebilir böceklerin bilim dünyasında daha fazla konu olacağı düşünülmektedir.

**Anahtar kelimeler:** sürdürülebilir gıda, böcek, sağlık etkileri, tüketici algısı

## **NUTRITIONAL VALUE AND CONSUMER ACCEPTANCE EDIBLE INSECTS AS A SUSTAINABLE SOURCE OF PROTEIN**

### **ABSTRACT**

As a result of world population growth, scarcity of agricultural land and climate change, the importance of sustainable resources is increasing. In the future, people's need for sustainable protein sources will be a problem globally. Edible insects are one of the sustainable protein sources that have advantages compared to traditional ones. They are traditionally consumed in countries such as South American countries and China but are not accepted due to neophobia and disgust in western societies. Their use in flour form is seen as a promising option for implementing entomophagy. Studies on their nutritional benefits and potential effects such as antidiabetic and antimicrobial are increasing

\* Yazışmalardan sorumlu yazar / *Corresponding author*

✉: dogapeksever@gmail.com

☎: (+90) 530 131 68 83

Burak Erdoğan; ORCID no: 0000-0001-6135-6770

Ayşe Görür; ORCID no: 0000-0002-5507-0490

Doğa Peksever; ORCID no: 0000-0003-2719-2412

Ogeday Sümer; ORCID no: 0000-0002-9541-9212

Sedef Nehir El; ORCID no: 0000-0002-2996-0537

while studies on their toxicity and allergenicity are still insufficient. It is thought that studies on edible insects will gradually increase with the regulation of approving the consumption of yellow mealworm as food published by the European Food Safety Authority (EFSA) in early 2021.

**Keywords:** sustainable food, insects, health effects, consumer perception

## GİRİŞ

Dünya nüfusunun 2030'a kadar yaklaşık 8.5 milyar, 2050'ye kadar ise 9.8 milyar olacağı ön görülürken, gıda talebinde de 2050'ye kadar büyük bir artış olacağı belirtilmektedir (UN, 2017). Aynı zamanda et ve et ürünlerine olan talebin 2050 yılında 455 milyon tona ulaşabileceği düşünülmektedir. Bu da 2005 ve 2007'de raporlanan et tüketiminden %76 oranında daha fazla olacağı anlamındadır (Ravi vd., 2020). Dünya topraklarının şu anda %40'ı gıda üretmek için kullanılmasına karşın tarım ve otlak alanlarda kıtlık yaşanmaktadır. Tüm bu öngörüler ile gıdanın yeterliliği için sürdürülebilir stratejilere ihtiyaç vardır (Nissen vd., 2020).

Sürdürülebilirlik kavramı, insan faaliyetlerinin ve çevrenin uyumlu bir şekilde bir arada olması için en uygun koşulları belirleme durumu ile ilişkilendirilir. Sürdürülebilirlik, çevre kirliliğinden endüstriyel üretime, arazilerin kötüye kullanımına, demografik krize, atık yönetimine kadar uzanan sorunların çoğunu kapsamaktadır (Cadinu vd., 2020). Gıda üretimi kirliliğe yol açmakta ve insan sağlığı üzerinde zararlı etkileri olan reaktif azot bileşikleri, sera gazları, antibiyotikler, pestisitler ve biyolojik ajanlar gibi birçok sorunu da beraberinde getirmektedir. Gıda üretiminin getirdiği bu sorunlarla beraber, toprak kalitesinin gittikçe azalması ve erozyon ile toprak kaybı gibi sorunlar da ortaya çıkmaktadır (Aiking ve de Boer, 2020). Sürdürülebilir olmayan tarım uygulamaları, ormansızlaşma, su kıtlığı, kentleşme ve iklim değişikliği gibi nedenler ekilebilir alanların hızla tükenmesine sebep olmaktadır. Sürdürülebilir uygulamalara geçmek, gıda üretim sistemleri üzerindeki yükü hafifletebilecek çözümün temelini oluşturmaktadır (Ravi vd. 2020).

Yenilebilir böcekler, geleneksel hayvansal gıdalara alternatif olarak artan bir ilgi ile yüksek kaliteli proteinlerin yeni bir kaynağını temsil etmektedir. Çekirge, cırcır böceği, termit ve un kurdu gibi böceklerden elde edilen proteinler; büyükbaş ve kümes hayvanları gibi protein kaynaklarına göre

pratik ve uygun maliyetli bir alternatif olarak popüler hale gelmeye başlamıştır (de Castro vd., 2018; Nissen vd., 2020). Ayrıca çevresel açıdan, geleneksel protein kaynaklarına kıyasla 1 kg böcek proteini üretimi daha az alan gerektirmekte, daha az sera gazı emisyonuna neden olmakta ve organik atıkların yüksek değerli biyolojik ürünlere dönüştürülmesini içermektedir (Ravi vd., 2020).

Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından 2013 yılında, "Yenilebilir Böcekler: Gıda ve Yem Güvenliği için Gelecek Beklentileri" başlığıyla yayınlanmış raporda, böcek tüketiminin kapsamlı bir analizi sunulmuş ve yenilebilir böceklerin gelecekte sürdürülebilir bir gıda kaynağı olacağı savunulmuştur (van Huis vd., 2013). Raporla birlikte tüketicilerin ve medyanın yenilebilir böceklerle olan ilgisi artmıştır (Wade ve Hoelle, 2020). Son olarak Avrupa Gıda Güvenliği Kurumu'nun (EFSA) 2021 yılının ilk ayında yayınlamış olduğu yönetmelikle sarı un kurdunun tüketimini onaylaması (EFSA, 2021), yakın zamanda böcek tüketiminin hayatımızda daha fazla yer alacağını ortaya koymaktadır.

Böcek tüketimi olarak adlandırılan entomofaji aslında dünyanın pek çok ülkesi için yeni bir kavram değildir. Kanınca ve böcek larvaları Afrika ve Avustralya'daki kabilelerin diyetlerinde önemli bir parçayken, Tayland'da ise kızartılmış böcekler sevilen ve popüler gıdalardır. Dünya çapında en az 2 milyar insan tarafından düzenli olarak böcek tüketildiği tahmin edilmektedir. Literatürde çoğu tropikal ülkelerde olmak üzere 1900'den fazla böcek türünün yenilebilir olduğu belgelenmiştir (van Huis vd., 2013). Yenilebilir böceklerin giderek popüler hale gelmesine; gıda kıtlığı durumunda kurtarıcı olarak değerlendirilebileceği yaklaşımı neden olmuştur. Aynı zamanda sürdürülebilir bir kaynak olarak böcek tüketimini teşvik etmedeki temel zorluklardan biri, böcekleri tüketicilerin gözünde çekici ve lezzetli hale getirmektir (Zielińska ve Pankiewicz, 2020; Ordoñez-Araque ve Egas-Montenegro, 2021).

Son yıllarda yenilebilir böcekler üzerinde yapılan çalışmaların önemli ölçüde arttığı, besleyici değerleri, sağlık üzerine etkilerinin yanı sıra riskleri ve tüketici kabulü üzerine de yoğunlaştığı görülmektedir. Bu derlemede, çalışmalar ilgili başlıklar ile değerlendirilerek incelenmiştir.

### YENİLEBİLİR BÖCEKLER VE BESLEYİCİ ÖZELLİKLERİ

Yenilebilir böceklerin besleyici özellikleri oldukça değişkendir. Aynı böcek türünde böceğin metamorfik aşamasına (yumurta, larva, pupa ve yetişkin) ve yaşam alanları ile diyetlerine bağlı olarak farklılık gösterebilir. Böcekler genel olarak protein ile tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri bakımından zengin oldukları için besleyici değerleri açısından önemli bir yere sahiptirler (Bessa vd., 2020). Böceklerin küresel protein gereksiniminin karşılanması ile ilgili sorunu çözmek için en umut verici alternatif kaynaklardan biri olmasının sebebi diğer protein kaynaklarına göre yüksek protein içeriğine, amino

asit bileşimine ve düşük çevresel üretim maliyetine sahip olmasıdır (Jantzen da Silva Lucas vd., 2020).

Böceklerin besin öğeleri bileşimi birbirlerinden farklılık gösterebilmektedir. Örneğin türler arasında protein içeriklerindeki farklılığın, yetişme koşulları, farklı diyetler veya hasat aşamalarından kaynaklanabileceği bildirilmiştir. Protein içerikleri farklılaşma evrelerine ve yapılan protein analiz yöntemlerine göre de değişiklikler göstermektedir (Boulos, Tännler ve Nyström, 2020; Jonas-Levi ve Martinez, 2017). Böcek proteinlerinin sindirilirliğinin araştırıldığı çalışmalarda, cırcır böceği (*Grylodes sigillatus*) proteininin in vitro protein sindirilirliğinin %76.2, un kurdu (*Tenebrio molitor*) proteininin ise %75.7 olduğu saptanmıştır (Stone vd., 2019). Çizelge 1’de bazı yenilebilir böcek türlerinin protein içerikleri, Çizelge 2’de ise sürdürülebilir protein kaynaklarından olan bazı bitki, alg ve mantar türlerinin protein içerikleri verilmiştir.

Çizelge 1. Bazı yenilebilir böcek türlerinin protein içerikleri (Nongonierma ve FitzGerald, 2017)

Bilimsel isim	Yaygın isim	Protein içeriği (%)	Kaynak
<i>Grylodes sigillatus</i>	Şeritli cırcır	70.00	(Zielińska vd., 2015)
<i>Acheta domesticus</i>	Ev cırcır böceği	55.00–70.75	(Rumpold ve Schlüter, 2013)
<i>Schistocerca gregaria</i>	Çöl çekirgesi	76.00	(Zielińska vd., 2015)
<i>Ruspolia differens</i>	Çekirge	43.10–44.30	(Rumpold ve Schlüter, 2013)
<i>Tenebrio molitor</i>	Sarı un kurdu	47.18–60.20	(Rumpold ve Schlüter, 2013)
<i>Zophobas morio</i>	Büyük solucan	43.13–46.79	(Rumpold ve Schlüter, 2013)
<i>Alphitobius diaperinus</i>	Küçük un kurdu	58.03	(Yi vd., 2013)
<i>Bombycidae mori</i>	İpek böceği	48.70–69.84	(Rumpold ve Schlüter, 2013)
<i>Samia ricinii</i>	Eri ipek böceği	54.00–54.80	(Rumpold ve Schlüter, 2013)
<i>Blaptica dubia</i>	Arjantin hamam böceği	59.2	(Yi vd., 2013)
<i>Gromphadorbina portentosa</i>	Madagaskar hamam böceği	62.52–63.35	(Oonincx ve Dierenfeld, 2012)
<i>Macrotermes subhylanus</i>	Termit	39.34	(Kinyuru vd., 2013)

Çizelge 2. Bazı sürdürülebilir protein kaynaklarının protein içerikleri (Fasolin vd., 2019)

Tür	Bilimsel isim	Protein içeriği (%)	Kaynak
Bitki	<i>Amaranthus spp.</i>	12.5-17.6	(Caselato-Sousa ve Amaya-Farfán, 2012)
Bitki	<i>Chenopodium quinoa Willd</i>	12-23	(Ruiz vd., 2016)
Alg	<i>Arthrospira platensis</i> ( <i>Spirulina platensis</i> )	53.5	(Benelhadj vd., 2016)
Alg	<i>Chlorella vulgaris</i>	12.7-53.0	(Laurens vd., 2017; Ursu vd., 2014)
Mantar	<i>Aspergillus niger</i>	10.3-61.2	(Kamal vd., 2019)
Mantar	<i>Fusarium venenatum</i>	41.8-46.4	(Hosseini ve Khosravi-Darani, 2011)

Lipit içeriği, yenilebilir böceklerde yaşamlarının larva aşamasında daha yüksektir. Triaçilgliseroller yağ içeriğinin yaklaşık %80'ini oluşturur ve bunu yaşam evresine göre değişebilen %20'den azını temsil eden fosfolipitler izlemektedir (de Castro vd., 2018). Un kurtlarındaki doymamış yağ asitlerinden omega-3 ve omega-6 yağ asitleri bileşiminin sığır ve domuzda bulunan değerlerden yüksek olduğu saptanmıştır. Böceklerdeki karbonhidratlar çoğunlukla kitin içinde bulunur ve kuru ağırlığın %5-20'sini oluşturur. Yenilebilir böceklerdeki karbonhidrat içeriği kalkan böceğinde %6.71'den ağustos böceklerinde %15.98'e kadar değişmektedir (Govorushko, 2019). Böceklerin sağladığı enerji değeri de böcek türleri arasında değişiklik gösterir ve türe bağlı olarak 100 g kuru madde için 293 ile 776 kcal arasında değişmektedir. Meksika'nın Chiapas Eyaleti'nde bin başlı yılan (*Latebraria amphipyrioides*) olarak bilinen solucanın 100 g'ı 349 kcal sağlarken, çekirgenin (*Acrida exaltata*) 100 g'ı 336.93 kcal ve Meksika güvesinin (*Phasus triangularis*) 100 g'ı 761 kcal enerji sağlamaktadır (Ordoñez-Araque ve Egas-Montenegro, 2021).

Yenilebilir böceklerin vitamin ve mineral değerleri incelendiğinde; çekirge, cırcır böceği, termit ve un kurtları gibi böcekler demir, çinko, kalsiyum, bakır, fosfor, magnezyum ve manganez açısından zengindir (de Castro vd., 2018). Tavuk ve sığır eti; 100 g ağırlık başına sırasıyla sadece 1.2 ve 3 mg demir minerali sağlarken, palmye böcekleri (*Rhynchophorus phoenicis*) veya turtullar (*Imbrasia belina*), 100 g ağırlık başına sırasıyla 12 ve 31 mg demir minerali sağlayabilmektedir. Çinko ise genellikle böceklerin çoğunda bulunan bir mineraldir. Örneğin palmye kurdu (*Rhynchophorus*

*phoenicis*) larvalarının 100 g'da 26.5 mg çinko vardır (Tao ve Li, 2018).

Yenilebilir böceklerin besleyici değerleri göz önüne alındığında, FAO'nun öngördüğü, besin öğelerinin günlük gereksinimlerinin böcekler ile karşılanacağı anlaşılmaktadır. Örneğin 100 g tırtıl böceği tüketimi ile, günlük protein gereksiniminin %76'sı sağlamaktayken sadece 3 tane ipek böceği pupası, 1 adet tavuk yumurtası kadar besin değeri açısından zengin kabul edilmekte ve bileşimi yaklaşık %50 protein ile %30 lipitten oluşmaktadır (Jantzen da Silva Lucas vd., 2020; Bessa vd., 2020). Tüm bu veriler sonucunda yenilebilir böceklerin makro ve mikro besinlerden zengin olduğu ve sürdürülebilir bir protein kaynağı olarak umut vadettiği sonucuna varılmaktadır.

## YENİLEBİLİR BÖCEKLERİN POTANSİYEL SAĞLIK ETKİLERİ VE RİSKLERİ

### Prebiyotik Etki

İnsan sindirim sisteminde bitkisel gıdaların sindirilemeyen ve ince bağırsaktan emilmeyerek, kalın bağırsağa geçen kısımları mikrobiyota için birincil enerji kaynağıdır. Diyet lifinin sağlık üzerine kanıtlanmış birçok etkisi, yenilebilir böceklerin içerdiği diyet lifi kaynağı kitin fraksiyonu için de geçerlidir. Yenilebilir böceklerin bağırsak florasına etkisi üzerine yapılan bir çalışmada günde 25 g cırcır böceği (*Grylodes sigillatus*) unu tüketen kişilerin dışkı örneklerinde probiyotik bakterilerden *Bifidobacterium animalis* türünde 5.7 kat artış saptanmıştır (Stull vd., 2018). Sarı un kurdunun (*Tenebrio molitor*) prebiyotik etkisini saptamak amacı ile yapılan bir çalışmada ise *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* türleri üzerinde

olumlu etki ederek mikrobiyotanın iyi yönde gelişmesini sağladığı saptanmıştır (de Carvalho vd., 2019). Böcek lifinin probiyotiklerin gelişmesini sağlaması sebebi ile prebiyotik etki gösterdiği düşünülmektedirken böceklerde bulunan ve sindirilmeden kalın bağırsağa geçebilen diğer besinler açısından da prebiyotik etki konusunda çalışmalar yapılması gerekmektedir.

### Antiinflamatuvar Etki

*Gryllus bimaculatus* türü cırcır böceklerinde glikosaminoglikan adı verilen bir çeşit polisakkaritin, fare modellerinde önemli düzeyde antiinflamatuvar etki gösterdiği bildirilmiştir. Antiinflamatuvar özellikleri glikosaminoglikan polisakkaritinin bu farelerde bulunan inflamatuvar biyolojik belirleyicilerden olan C-reaktif protein (CRP) molekülü, IL-6 ve romatoid faktörünün aktivitesinin engellenmesi sonucu görülmektedir (Ahn vd., 2014). Ayrıca yüksek yağ içerikli diyet uygulanmış farelere verilen glikosaminoglikanın, farelerin yağ dokusu, CRP seviyesi, kan kolesterolü ve karaciğer yağ düzeyinde zamanla azalma sağladığı saptanmıştır (Ahn vd., 2016). Diyabetik farelerde glikozaminoglikan takviyesini içeren başka bir çalışma, glikozaminoglikan tedavisi alan diyabetik farelerin kan glukozu ve LDL-kolesterol seviyelerinde bir azalma ve antioksidan enzimlerin aktivitesinde bir artış olduğunu saptamıştır (Ahn vd., 2020). Bu çalışmalar ışığında böcekte bulunan glikosaminoglikanın inflamasyon belirteçleri, kolesterol ve kan glukozu üzerinde olumlu etkiler sağlayabileceği sonucu çıkarılmaktadır.

Böceklerden elde edilen protein hidrolizatlarının insan sağlığı üzerine olumlu etkileri olan peptitlerin kaynağı olduğu bildirilmiştir (Nongonierma ve FitzGerald 2017). Pamuk yaprak kurdu, ipek böceği, çöl çekirgesi ve yaban arısından elde edilen biyoaktif peptit içeren protein hidrolizatlarının farelerdeki hipertansiyonu azalttığı saptanmıştır. Bu etkiyi kan damarlarını daraltarak kan basıncının yükselmesine sebep olan anjiyo tensin dönüştürücü enzim aktivitesini (ACE) engelleyen peptit yapılarının sağladığı bildirilmiştir (Vercruyssen vd. 2005). Başka bir çalışmada ise yenilebilir tropikal ev böcekleri, un kurdu ve çöl

çekirgesinden elde edilen protein hidrolizatlarının antiinflamatuvar etki gösterdiği belirtilmiştir. Bu etki inflamatuvar işaretleyicilerden olan lipoksigenaz ve sislooksigenaz aktivitelerinin engellenmesi sonucunda gerçekleşmekte ve en yüksek etkinin çöl çekirgelerinden elde edilen protein fraksiyonları olduğu saptanmıştır (Zielińska vd., 2017). Yapılan bu çalışmalar sonucunda böceklerden elde edilen biyoaktif peptitlerin kardiyovasküler ve inflamatuvar hastalıklar üzerinde olumlu etki gösterebileceği sonucu çıkarılmaktadır.

### Antioksidan ve Antimikrobiyel Etki

Antioksidan etki gösteren bileşikler yenilebilir böcek türleri içerisinde bulunabilmekte veya bu kaynaklardan elde edilen biyoaktif bileşikler sayesinde de antioksidatif etki sağlanabilmektedir. Yenilebilir böcek türlerine uygulanan enzimatik hidroliz sonucu oluşan peptit fraksiyonlarının oksidatif strese neden olan serbest radikal konsantrasyonunu azalttığı gösterilmiştir. On iki çeşit yenilebilir böcek ve iki çeşit omurgasızdan elde edilen su ve yağda çözünür ekstraktların in vitro antioksidan etkisini araştıran bir çalışmada çekirge, ipek böceği ve cırcır böceğinin taze portakal suyundan 5 kat daha yüksek antioksidan kapasiteye sahip olduğu saptanmıştır (Di Mattia vd., 2019). Böcek proteinlerinin hidrolizi sonucu oluşan peptit fraksiyonlarının etkilediği antioksidan mekanizmaları hala tam olarak bilinmemektedir. Ancak böcek proteinlerinin aminoasit içerikleri ve dizilimindeki değişkenlik biyoaktif peptitlerin muhtemel antioksidan etkilerinin farklı düzeyde olmasına neden olmaktadır (Sarmadi ve Ismail, 2010). Bazı çalışmalarda ise aromatik aminoasitler ile hidrofobik özellik gösteren aminoasitlerin daha fazla antioksidan aktivite gösterdiği belirtilmektedir (Najafian ve Babji, 2012; Chalamaiah vd., 2012; Da Rocha vd., 2018).

Yenilebilir böceklerin içerdiği proteinlerin hidrolizlenmesi ile antimikrobiyel etkiye sahip peptitler izole edilmiştir. Böceklerin antimikrobiyel peptitlerinin (çekropinler ve attasinler) yaklaşık 30-60 aminoasit zincirinden oluştuğu ve bazı koşullarda (100°C, 15 dakika) stabil kalabildiği saptanmıştır (Jantzen da Silva

Lucas vd., 2020). Antimikrobiyel peptitler izole edildiği böcek türüne göre farklılık göstermekte ve bu peptitler farklı biyoaktivite gösterebilmektedirler (de Castro vd., 2018; Rahnamaeian vd., 2015). Yapılan bir çalışmada yaban arılarından izole edilen abaesin (prolin aminoasitince zengin) ve himenoptaesin (glisin aminoasitince zengin) peptitlerinin patojen *Escherichia coli* üzerine etkisi araştırılmıştır. Bulgularda abaesinin tek başına 200 µM konsantrasyonda uygulandığında herhangi bir antimikrobiyel etkisi gözlemlenmezken, himenoptaesin 2 µM ve daha yüksek konsantrasyonlarda uygulandığında anlamlı bir antimikrobiyel etki gösterdiği saptanmıştır (Rahnamaeian vd., 2015). Yenilebilir böceklerin içerdiği biyoaktif bileşiklerin potansiyel biyoaktiviteleri üzerine çalışmaların devam etmesi gerektiği düşünülmektedir.

#### **Antidiyabetik Etki**

Bazı yenilebilir böcek protein hidrolizatlarının karbonhidrat sindirim enzimi alfa-glukosidazın inhibisyonu üzerinde etkili olduğu ve antidiyabetik etki gösterdiği saptanmıştır (Jung vd., 2010; Han vd., 2016). Bu konuda yapılan *in vitro* bir çalışmada ipek böceğinden izole edilen peptitlerin alfa-glukosidaz enziminin aktivitesini inhibe ederek karbonhidrat sindirimini azalttığı belirtilmiştir (Nongonierma ve FitzGerald, 2017). Ancak bu konuda *in vivo* ve *in vitro* çalışmalar yeterli değildir ve potansiyel antidiyabetik etkinin hangi biyoaktif bileşikten/bileşiklerden kaynaklandığının tespiti ve mekanizmasının belirlenmesi için daha fazla çalışmaya gereksinim vardır.

Yenilebilir böcekler içeriklerindeki vitamin, mineral, lif, zorunlu amino asitler, omega-3 ve omega-6 yağ asitleri ve antioksidan bileşenler sayesinde sağlık yararlarına sahip olabilmektedir. Gelecekteki araştırmalar, böceklerin veya böceklerden elde edilen izolatlarının geleneksel hayvan ve bitki bazlı gıdalara kıyasla faydalı etkilerini anlamayı amaçlamalıdır (Nowakowski vd., 2021).

Yenilebilir böceklerin sağlık etkileri üzerine yapılan *in vivo* ve *in vitro* çalışmalar giderek

artarken insan çalışmaları oldukça azdır. Bu sebeple sağlık etkileri üzerine yapılan insan çalışmalarını artırmak amaçlanmalıdır.

#### **Yenilebilir Böceklerin Pestisit Yükleri ve Alerjik Özellikleri**

Böceklerin insan beslenmesinde yaygın olarak kullanılabilmesi için gıda güvenliği endişelerinin; özellikle de potansiyel risklerin giderilmesi çok önemlidir (van der Fels-Klerx vd., 2018). Doğal çevreden toplanan ya da çiftliklerde üretilen yenilebilir böceklerdeki kimyasal kontaminantlar sorunu gıda güvenliği konusunda önemli bir tehdittir. Yenilebilir böceklerin pestisit türevli kimyasallara maruz kalmalarının sebepleri, böceklerin sabit kalmayıp bir yerden başka bir yere sürekli hareket halinde olması ve pestisit kullanılmış bitkileri tüketmesi veya pestisit kullanımı esnasında o alanda bulunmalarıdır. Böceklere bulaşabilen bu pestisit kontaminasyonu ile ilgili bir çalışmada, Kuveyt’de piyasadaki yenilebilir bir böcek türünde oldukça yüksek pestisit konsantrasyonları (49.2 µg/kg organik klor ve 740.6 µg/kg organofosfor) saptanmıştır (Imathiu, 2020). Ancak gelişen teknolojiyle birlikte yenilebilir böcek üretimi yapılan yerlerde böceklerin beslenmesinin kontrol altına alınması mümkündür. Pestisit türevli maddelerin böceklerdeki biyolojik birikimi üzerine yapılan bir çalışmada ise pestisitler (benzaton, bifentirin izoproturon ve mefanoksam, linuron, pendimetalin, primetani, tebukonazol, 2,4-D, klopiralid, diflufenikan ve fenpropimorf) ile muamele edilen havuç ile beslenen sarı un kurdunda biriken ve birikmesi sonucu dışarı salınan pestisit miktarı ölçülmüş ve fenpropimorf birikiminin en yüksek olduğu, ancak biriken bu maddenin salınımının ise en az olduğu belirtilmiştir (Poma vd., 2017). Bu konuda araştırmalar hassasiyetle devam etmeli ve güvenilir tüketimin sağlanabilmesi için kesinlik kazanmalıdır.

Böcekler; kabuklular gibi eklembacaklılar ailesine aittir. Kabuklu alerjileri yaygın ve potansiyel olarak şiddetli alerjilerdir. Bu nedenle, kabuklu alerjisi olan bireylerde bağışıklık sistemi böcek proteinlerine karşı çapraz reaktivite geliştirerek potansiyel bir sağlık sorunu yaratabileceği oldukça

nettir. Aynı zamanda ev tozu akarlarına karşı immünolojik yanıt veren bireylerde de duyarlılık olabileceği gösterilmesine karşın klinik önemi ve moleküler mekanizmaları henüz net değildir (Ribeiro vd., 2021). Böcek alerjisinin altında yatan moleküler mekanizmalar hakkında daha fazla bilgiye ihtiyaç duyulmaktayken yapılan çalışmalara göre böcek türlerinde bulunan arjinin kinaz, serisin ve tropomiyosinin alerjik yapıdaki proteinler olarak belirlenmiştir (Bose vd., 2021; Hall ve Liceaga, 2020; Liu vd., 2006; Murefu vd., 2019; Ribeiro vd., 2018). Alerjenite çalışmaları devam ederken sadece ısısal işlemlerin alerjeniteyi azaltmada yetersiz kaldığı, fakat ısısal işlemlerle birleştirilmiş enzimatik hidroliz gibi özel işlemlerin yenilebilir böceklerin IgE-reaktivitesini ortadan kaldırarak alerjeniteyi azaltabileceği saptanmıştır (Ribeiro vd., 2021). Böcek türlerinde bulunabilen alerjik bileşiklerin yenilebilir her böcek türü için çok iyi belirlenmesi ve bu türlerde alerjeniteyi azaltmak için hangi işlemlerin uygulanabileceğinin araştırılması gereklidir ve son olarak ürün ambalajlarında alerjen uyarısı mutlaka yapılmalıdır.

### YENİLEBİLİR BÖCEKLER İÇİN TÜKETİCİ KABULÜ VE ALGISI

Birçok yenilebilir böcek türü, geleneksel olarak çok eski zamanlardan beri birçok kültür tarafından; bütün veya bir bileşen olarak çeşitli gıda ürünlerine dahil edilerek tüketilmektedir. Yenilebilir böcekler, besleyici özellikleri ve sağlık üzerine olumlu etkilerine rağmen, gelişmiş ülkelerde, nüfusun çoğunluğu tarafından tüketici kabulünü sağlamış değillerdir. Böceklerden tiksinişmesi onların protein kaynağı olarak değerlendirilmesinin önündeki önemli engellerden biridir (Imathiu, 2020).

Yenilebilir böceklerin tüketici kabulü üzerine ülkelerin kıyaslandığı çalışmalarda; Çinliler, bütün haldeki böcek içeren gıdaları tat, besleyici değeri ve sosyal kabul açısından Almanlara kıyasla daha olumlu değerlendirmekte ve böcek içeren gıdaları tüketmeye daha fazla istekli olduğu bulunmuştur (Hartmann vd., 2015). Kuzey Avrupa ülkelerindeki tüketicilerin genellikle Orta Avrupa'daki tüketicilere göre böcek tüketmeye karşı daha olumlu bir tutuma sahip oldukları

saptanmıştır (Piha vd., 2018). Entomofajinin kabulü ve popülaritesi ile böcek içeren gıdaları tüketme isteği kültüre, yaşanılan bölgeye ve daha önceki tüketim düzeyine bağlı olduğundan ülkeler arasında önemli ölçüde farklılık gösterirken, faydalarını biliyor olmak, daha önce bu gıdaları denemiş olmak, tüketim formu (bütün, un vb.) ve böcek türü bireyler arasında tüketme istekliliğini etkileyen faktörler olarak sayılmaktadır (Sun-Waterhouse vd., 2016; Woolf vd., 2019; Higa vd., 2020).

Hem Amerika'da hem de Hindistan'da yaşayan kişilerde yapılan ankette, 'tıksınma' böcek yemeye karşı en yaygın tutum olarak belirlenirken, yine her iki ülkede de farklı tür böcekler arasında karınca en lezzetli, hamam böceği ise en tatsız olarak seçilmiştir. Katılımcılar en sevdikleri gıdalarda düşük seviyelerde yenilebilir böceklerin un formunda kullanılmasını tüketim açısından kabul etmişlerdir (Ruby vd., 2015). Başka bir çalışmada ise Amerikalıların böcek tüketiminde Hintlilerden daha istekli olduğu ve erkeklerin de kadınlardan daha istekli olduğu saptanmıştır. Her iki grupta da "tıksınma" tepkisi en belirgin tutumken, Amerikalılarda "faydaları", Hintlilerde ise "dini inanç" yeme istekliliğini belirleyici faktör olarak takip etmiştir (Ruby vd., 2019). Benzer olarak İtalyan tüketicilerde de erkeklerin kadınlardan daha istekli olduğu, tiksinişme ve gıda neofobisinin böcek yemeyi reddetmedeki ana faktörleri temsil ettiği, belirtilen türler arasında ise en çok tercih edilenin cırcır böceği olduğu saptanmış ve yapılan duyusal değerlendirmede; düşük seviyede böcek görünürlüğü olan gıdaların tercih edildiği ortaya koyulmuştur (Tuccillo vd., 2020). Alman tüketiciler böcek tüketimini, böceklerin çevre dostu bir üretime sahip olmaları ve olumlu sağlık etkileri göstermeleri sebebi ile tercih etmekteyken, tiksinişme ve isteksizlik gibi nedenler böcek tüketimlerini kötü yönde etkilemektedir (Kornher vd., 2019). Uluslararası bir çalışmada böcek unu içeren yeni bir gıdayı deneme istekliliği 13 farklı ülke için değerlendirildiğinde, 8 ülkeden katılımcıların tiksinişme sebebiyle istekli olmadıkları saptanmıştır. Ülkelerin çoğunda sadece böceklerin hastalık taşıdığı algısı belirginken, bireylerin böcek unu içeren gıdaları tüketmeyi istememelerinin nedenleri din, böceklerin hastalık taşımaları ve

alerjik reaksiyonlara neden olabilecekleri algısı olarak belirlenmiştir (Castro ve Chambers IV, 2019). Ülkemizde ise gençlerde entomofajinin diğer çalışmalara benzer olarak cinsiyetten etkilendiği saptanırken, entomofajiyi reddetme nedenleri arasında en çok belirtilen neden tikslenme olarak saptanmıştır (Yüksel ve Canhilal, 2018). Bu veriler ile; kültürler ve bireyler arasında inanç ve tutum farklılıklarının, böcek türü ve tüketim formunun tercih nedeni olabileceği, gıda içerisinde böcek görünürlüğü ile cinsiyetler arası böcek tüketme istekliliğinin benzerlikler ve farklılık gösterebildiği sonucuna varılmaktadır. Böcek veya böcek içeren gıda tüketme istekliliği; tikslenme, hastalık veya alerjiye sebep olabileceği gibi farklı tutum ve inançlar sebebiyle azalabilmekte, daha önce denemiş olmak, gıdalara böcek unu olarak eklemek ve böcekler hakkında bilgi düzeyinin yüksek olması istekliliği artırmaktadır. Bu sebeple istekliliği artırmak için böcek için gıda güvenliği konusunda daha fazla araştırma yapılması, toplumlara uygun gıdaların geliştirilmesi ve bireylerin bilgi düzeyinin artırılması gerekmektedir.

## SONUÇ

Dünya nüfusunda beklenen artış hızı, doğal kaynakların tükenme riski ve özellikle protein kaynaklarının yetersizliği gibi konular gelecekte karşılaşılabilecek sorunlar olarak öngörülmektedir. Bu durumda sürdürülebilir gıda konusunda çözüm üretme arayışları için yüksek miktarda protein içeriğine ve kaliteli aminoasit bileşimine sahip yenilebilir böcekler; gelecekte protein gereksiniminin karşılanması için oldukça umut verici görülmektedir. Aynı zamanda besleyici özellikleri ile antioksidatif, antimikrobiyel, antiinflamatuar etkileri yenilebilir böceklerin sağlık üzerine olumlu potansiyelini arttırmaktadır. Sağlık faydalarının yanında yenilebilir böceklerin insanlar tarafından tüketim istekliliği cinsiyet, inanç ve kültür gibi birçok etkene bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Yenilebilir böceklerin besleyicilik ve potansiyel sağlık etkisi çalışmalarının, toksite ve alerjenite gibi gıda güvenlik çalışmalarının, aynı zamanda tüketicilerin tüketim istekliliğinin artırılmasına yönelik çalışmaların yapılmasına ihtiyaç vardır.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarların, başka kişiler ve/veya kurumlar ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## YAZAR KATKILARI

Tüm yazarlar makalenin yazılmasında ve yayınlanmasında eşit katkı sağlamışlardır. Makalenin hazırlanmasında başka kişi ve/veya kurumların katkısı yoktur.

## KAYNAKÇA

- Ahn, M. Y., Han, J. W., Hwang, J. S., Yun, E. Y Lee, B. M. (2014). Anti-inflammatory effect of glycosaminoglycan derived from *Gryllus bimaculatus* (a type of cricket, insect) on adjuvant-treated chronic arthritis rat model. *J Toxicol Environ Health Part A*, 77(22-24), 1332-1345. doi:10.1080/15287394.2014.951591
- Ahn, M. Y., Hwang, J. S., Kim, M.-J Park, K.-K. (2016). Antilipidemic effects and gene expression profiling of the glycosaminoglycans from cricket in rats on a high fat diet. *Arch Pharm Res*, 39(7), 926-936. doi:10.1007/s12272-016-0749-1
- Ahn, M. Y., Kim, B. J., Kim, H. J., Jin, J. M., Yoon, H. J., Hwang, J. S., Lee, B. M. (2020). Anti-diabetic activity of field cricket glycosaminoglycan by ameliorating oxidative stress. *BMC Complement Med Ther* 20, 232 (2020). doi.org/10.1186/s12906-020-03027-x
- Aiking, H., de Boer, J. (2020). The next protein transition. *Trend Food Sci Technol*, 105, 515-522. doi:10.1016/j.tifs.2018.07.008
- Benelhadj, S., Gharsallaoui, A., Degraeve, P., Attia, H Ghorbel, D. (2016). Effect of pH on the functional properties of *Arthrospira (Spirulina) platensis* protein isolate. *Food Chem*, 194, 1056-1063. doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.08.133.
- Bessa, L. W., Pieterse, E., Sigge, G Hoffman, L. C. (2020). Insects as human food; from farm to fork. *J Sci Food Agric*, 100(14), 5017-5022. doi: 10.1002/jsfa.8860
- Bose, U., Broadbent, J. A., Juhász, A., Karnaneedi, S., Johnston, E. B., Stockwell, S., ... Colgrave, M. L. (2021). Protein extraction protocols for optimal proteome measurement and arginine kinase quantitation from cricket



- Acheta domesticus* for food safety assessment. *Food Chem*, 348, 129110. doi:10.1016/j.foodchem.2021.129110
- Boulos, S., Tännler, A Nyström, L. (2020). Nitrogen-to-Protein Conversion Factors for Edible Insects on the Swiss Market: *T. molitor*, *A. domesticus*, and *L. migratoria*. *Front Nutr*, 7(89). doi:10.3389/fnut.2020.00089
- Cadinu, L. A., Barra, P., Torre, F., Delogu, F Madau, F. A. (2020). Insect rearing: potential, challenges, and circularity. *Sustainabil*, 12(11), 4567. doi:10.3390/su12114567
- Caselato-Sousa, V. M., Amaya-Farfán, J. (2012). State of knowledge on Amaranth grain: A comprehensive review. *J Food Sci*, 77(4), R93–R104. doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02645.x.
- Castro, M., Chambers IV, E. (2019). Willingness to eat an insect based product and impact on brand equity: A global perspective. *J Sens Stud*, 34(2), e12486. doi:10.1111/joss.12486
- Chalamaiah, M., Dinesh kumar, B., Hemalatha, R., Jyothirmayi, T. (2012). Fish protein hydrolysates: Proximate composition, amino acid composition, antioxidant activities and applications: A review. *Food Chem*, 135(4), 3020-3038. doi:10.1016/j.foodchem.2012.06.100
- Da Rocha, M., Alemán, A., Baccan, G. C., López-Caballero, M. E., Gómez-Guillén, C., Montero, P Prentice, C. (2018). Anti-inflammatory, antioxidant, and antimicrobial effects of underutilized fish protein hydrolysate. *J Aquatic Food Prod Technol*, 27(5), 592-608. doi:10.1080/10498850.2018.1461160
- de Carvalho, N. M., Teixeira, F., Silva, S., Madureira, A. R., Pintado, M. E. (2019). Potential prebiotic activity of *Tenebrio molitor* insect flour using an optimized in vitro gut microbiota model. *Food Funct*, 10(7), 3909-3922. doi:10.1039/C8FO01536H
- de Castro, R. J. S., Ohara, A., Aguilar, J. G. d. S., Domingues, M. A. F. (2018). Nutritional, functional and biological properties of insect proteins: Processes for obtaining, consumption and future challenges. *Trend Food Sci Technol*, 76, 82-89. doi:10.1016/j.tifs.2018.04.006
- Di Mattia, C., Battista, N., Sacchetti, G., Serafini, M. (2019). Antioxidant activities in vitro of water and liposoluble extracts obtained by different species of edible insects and invertebrates. *Front Nutr*, 6(106). doi:10.3389/fnut.2019.00106
- EFSA Panel on Nutrition, N. F., Allergens, F., Turck, D., Castenmiller, J., De Henauw, S., Hirsch-Ernst, K. I., . . . Naska, A. (2021). Safety of dried yellow mealworm (*Tenebrio molitor* larva) as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA J*, 19(1), e06343. doi:10.2903/j.efsa.2021.6343
- Fasolin, L. H., Pereira, R. N., Pinheiro, A. C., Martins, J. T., Andrade, C., Ramos, O Vicente, A. (2019). Emergent food proteins—Towards sustainability, health and innovation. *Food Res Int*, 125, 108586. doi:10.1016/j.foodres.2019.108586.
- Govorushko, S. (2019). Global status of insects as food and feed source: A review. *Trend Food Sci Technol*, 91, 436-445. doi:10.1016/j.tifs.2019.07.032
- Hall, F., Liceaga, A. (2020). Effect of microwave-assisted enzymatic hydrolysis of cricket (*Grylloides sigillatus*) protein on ACE and DPP-IV inhibition and tropomyosin-IgG binding. *J Funct Foods*, 64, 103634. doi:10.1016/j.jff.2019.103634
- Han, S.-R., Lee, B.-S., Jung, K.-J., Yu, H.-J., Yun, E.-Y., Hwang, J. S Moon, K.-S. (2016). Safety assessment of freeze-dried powdered *Tenebrio molitor* larvae (yellow mealworm) as novel food source: Evaluation of 90-day toxicity in Sprague-Dawley rats. *Regul Toxicol Pharmacol*, 77, 206-212. doi:10.1016/j.yrtph.2016.03.006
- Hartmann, C., Shi, J., Giusto, A Siegrist, M. (2015). The psychology of eating insects: A cross-cultural comparison between Germany and China. *Food Qual Prefer*, 44, 148-156. doi:10.1016/j.foodqual.2015.04.013
- Higa, J. E., Ruby, M. B., Rozin, P. (2020). Americans' acceptance of black soldier fly larvae as food for themselves, their dogs, and farmed animals. *Food Qual Prefer*, 104119. doi:10.1016/j.foodqual.2020.104119

- Hosseini, S. M., Khosravi-Darani, K. (2011). Response surface methodology for mycoprotein production by *Fusarium venenatum* ATCC 20334. *J Bioprocess Biotech*, 01(01), doi.org/10.4172/2155-9821.1000102.
- Imathiu, S. (2020). Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects. *NFS*, 18, 1-11. doi:10.1016/j.nfs.2019.11.002
- Jantzen da Silva Lucas, A., Menegon de Oliveira, L., da Rocha, M., Prentice, C. (2020). Edible insects: An alternative of nutritional, functional and bioactive compounds. *Food Chem*, 311, 126022. doi:10.1016/j.foodchem.2019.126022
- Jonas-Levi, A., Martinez, J.-J. I. (2017). The high level of protein content reported in insects for food and feed is overestimated. *J Food Compos Anal*, 62, 184-188. doi:10.1016/j.jfca.2017.06.004
- Jung, E. Y., Lee, H.-S., Lee, H. J., Kim, J.-M., Lee, K.-W Suh, H. J. (2010). Feeding silk protein hydrolysates to C57BL/KsJ-db/db mice improves blood glucose and lipid profiles. *Nutr Res*, 30(11), 783-790. doi:10.1016/j.nutres.2010.10.006
- Kamal, M. M., Ali, M. R., Shishir, M. R. I., Saifullah, M., Haque, M. R Mondal, S. C. (2019). Optimization of process parameters for improved production of biomass protein from *Aspergillus niger* using banana peel as a substrate. *Food Sci Biotechnol*, 7;28(6):1693-1702. doi.org/10.1007/s10068-019-00636-2.
- Kinyuru, J. N., Konyole, S. O., Roos, N., Onyango, C. A., Owino, V. O., Owuor, B. O., . . . Kenji, G. M. (2013). Nutrient composition of four species of winged termites consumed in western Kenya. *J Food Compos Anal*, 30(2), 120-124. doi:10.1016/j.jfca.2013.02.008
- Kornher, L., Schellhorn, M Vetter, S. (2019). Disgusting or innovative-consumer willingness to pay for insect based burger patties in germany. *Sustainabil*, 11(7), 1878. doi:10.3390/su11071878
- Laurens, L. M. L., Markham, J., Templeton, D. W., Christensen, E. D., Van Wychen, S., Vadelius, E. W., ... Pienkos, P. T. (2017). Development of algae biorefinery concepts for biofuels and bioproducts; a perspective on process-compatible products and their impact on cost-reduction. *Energy Environ Sci*, 10(8), 1716-1738. doi.org/10.1039/C7EE01306J.
- Liu, Y., Yu, L., Guo, X., Guo, T., Wang, S., Lu, C. (2006). Analysis of tissue-specific region in sericin 1 gene promoter of *Bombyx mori*. *Biochem Biophys Res Commun*, 342(1), 273-279. doi:10.1016/j.bbrc.2006.01.140
- Murefu, T. R., Macheka, L., Musundire, R., Manditsera, F. A. (2019). Safety of wild harvested and reared edible insects: A review. *Food Control*, 101, 209-224. doi:10.1016/j.foodcont.2019.03.003
- Najafian, L., Babji, A. S. (2012). A review of fish-derived antioxidant and antimicrobial peptides: Their production, assessment, and applications. *Peptides*, 33(1), 178-185. doi:10.1016/j.peptides.2011.11.013
- Nissen, L., Samaei, S. P., Babini, E., Gianotti, A. (2020). Gluten free sourdough bread enriched with cricket flour for protein fortification: Antioxidant improvement and volatilome characterization. *Food Chem*, 333, 127410. doi:10.1016/j.foodchem.2020.127410
- Nongonierma, A. B., FitzGerald, R. J. (2017). Unlocking the biological potential of proteins from edible insects through enzymatic hydrolysis: A review. *IFSET*, 43, 239-252. doi:10.1016/j.ifset.2017.08.014
- Nowakowski, A. C., Miller, A. C., Miller, M. E., Xiao, H., Wu, X. (2021). Potential health benefits of edible insects. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 1-10. doi:10.1080/10408398.2020.1867053
- Oonincx, D. G. A. B., Dierenfeld, E. S. (2012). An investigation into the chemical composition of alternative invertebrate prey. *Zoo Biol*, 31(1), 40-54. doi:10.1002/zoo.20382
- Ordoñez-Araque, R., Egas-Montenegro, E. (2021). Edible insects: A food alternative for the sustainable development of the planet. *Int J Gastron Food Sci*, 23, 100304. doi:10.1016/j.ijgfs.2021.100304
- Poma, G., Cuykx, M., Amato, E., Calaprice, C., Focant, J. F., Covaci, A. (2017). Evaluation of

- hazardous chemicals in edible insects and insect-based food intended for human consumption. *Food Chem Toxicol*, 100, 70-79. doi:10.1016/j.fct.2016.12.006
- Piha, S., Pohjanheimo, T., Lähteenmäki-Uutela, A., Křečková, Z., Otterbring, T. (2018). The effects of consumer knowledge on the willingness to buy insect food: An exploratory cross-regional study in Northern and Central Europe. *Food Qual Prefer*, 70, 1-10. doi:10.1016/j.foodqual.2016.12.006
- Rahnamaeian, M., Cytryńska, M., Zdybicka-Barabas, A., Dobszlaff, K., Wiesner, J., Twyman, R. M., . . . Vilcinskis, A. (2015). Insect antimicrobial peptides show potentiating functional interactions against gram-negative bacteria. *Proc Biol Sci*, 282(1806), 20150293. doi:10.1098/rspb.2015.0293
- Ravi, H. K., Degrou, A., Costil, J., Trespeuch, C., Chemat, F., Vian, M. A. (2020). Larvae mediated valorization of industrial, agriculture and food wastes: biorefinery concept through bioconversion, processes, procedures, and products. *Process*, 8(7), 857. doi:10.3390/pr8070857
- Ribeiro, J. C., Cunha, L. M., Sousa-Pinto, B., Fonseca, J. (2018). Allergic risks of consuming edible insects: A systematic review. *Mol Nutr Food Res*, 62(1), 1700030. doi:10.1002/mnfr.201700030
- Ribeiro, J. C., Sousa-Pinto, B., Fonseca, J., Fonseca, S. C., Cunha, L. M. (2021). Edible insects and food safety: allergy. *J Insects Food Feed*, 1-16. doi: 10.3920/JIFF2020.0065
- Ruby, M. B., Rozin, P., Chan, C. (2015). Determinants of willingness to eat insects in the USA and India. *J Insects Food Feed*, 1(3), 215-225. doi: 10.3920/JIFF2015.0029
- Ruby, M. B., Rozin, P. (2019). Disgust, sushi consumption, and other predictors of acceptance of insects as food by Americans and Indians. *Food Qual Prefer*, 74, 155-162. doi:10.1016/j.foodqual.2019.01.013
- Ruiz, G. A., Xiao, W., van Boekel, M., Minor, M., Stieger, M. (2016). Effect of extraction pH on heat-induced aggregation, gelation and microstructure of protein isolate from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Food Chem*, 209, 203-210. doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.052
- Rumpold, B. A., Schlüter, O. K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Mol Nutr Food Res*, 57(5), 802-823. doi:10.1002/mnfr.201200735
- Sarmadi, B. H., Ismail, A. (2010). Antioxidative peptides from food proteins: A review. *Peptides*, 31(10), 1949-1956. doi:10.1016/j.peptides.2010.06.020
- Stone, A. K., Tanaka, T Nickerson, M. T. (2019). Protein quality and physicochemical properties of commercial cricket and mealworm powders. *J Food Sci Technol*, 56(7), 3355-3363. doi:10.1007/s13197-019-03818-2
- Stull, V. J., Finer, E., Bergmans, R. S., Febvre, H. P., Longhurst, C., Manter, D. K., . . . Weir, T. L. (2018). Impact of edible cricket consumption on gut microbiota in healthy adults, a double-blind, randomized crossover trial. *Sci Rep*, 8(1), 10762. doi:10.1038/s41598-018-29032-2
- Sun-Waterhouse, D., Waterhouse, G. I. N., You, L., Zhang, J., Liu, Y., Ma, L., . . . Dong, Y. (2016). Transforming insect biomass into consumer wellness foods: A review. *Food Res Int*, 89, 129-151. doi:10.1016/j.foodres.2016.10.001
- Tao, J., Li, Y. O. (2018). Edible insects as a means to address global malnutrition and food insecurity issues. *FQS*, 2(1), 17-26. doi:10.1093/fqsafe/fyy001
- Tuccillo, F., Marino, M. G., Torri, L. (2020). Italian consumers' attitudes towards entomophagy: Influence of human factors and properties of insects and insect-based food. *Food Res Int*, 137, 109619. doi:10.1016/j.foodres.2020.109619
- Ursu, A.-V., Marcati, A., Sayd, T., Sante-Lhoutellier, V., Djelveh, G., Michaud, P. (2014). Extraction, fractionation and functional properties of proteins from the microalgae *Chlorella vulgaris*. *Bioresour Technol*, 157, 134-139. doi.org/10.1016/j.biortech.2014.01.071.
- UN, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. (2017). World population

- prospects: The 2017 revision, key findings and advance tables. (ESA/P/WP/248).
- van Huis, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., Vantomme, P. (2013). Edible insects: future prospects for food and feed security (No. 171). *FAO*.
- Van der Fels-Klerx, H. J., Camenzuli, L., Belluco, S., Meijer, N., Ricci, A. (2018). Food safety issues related to uses of insects for feeds and foods. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, 17(5), 1172-1183. doi:10.1111/1541-4337.12385
- Vercruyse, L., Smaghe, G., Herregods, G., Van Camp, J. (2005). ACE inhibitory activity in enzymatic hydrolysates of insect protein. *J Agric Food Chem*, 53(13), 5207-5211. doi:10.1021/jf050337q
- Wade, M., Hoelle, J. (2020). A review of edible insect industrialization: scales of production and implications for sustainability. *Environ Res Lett*, 15(12), 123013. doi:10.1088/1748-9326/aba1c1
- Woolf, E., Zhu, Y., Emory, K., Zhao, J., Liu, C. (2019). Willingness to consume insect-containing foods: A survey in the United States. *LWT*, 102, 100-105. doi:10.1016/j.lwt.2018.12.010
- Yi, L., Lakemond, C. M. M., Sagis, L. M. C., Eisner-Schadler, V., van Huis, A., van Boekel, M. A. J. S. (2013). Extraction and characterisation of protein fractions from five insect species. *Food Chem*, 141(4), 3341-3348. doi:10.1016/j.foodchem.2013.05.115
- Yüksel, E., Canhilal, R. (2018). A survey of public opinion about entomophagy in Erciyes University. *IJAWS*, 4(2), 203 - 208. doi:10.24180/ijaws.440555
- Zielińska, E., Baraniak, B., Karaś, M., Rybczyńska, K., Jakubczyk, A. (2015). Selected species of edible insects as a source of nutrient composition. *Food Res Int*, 77, 460-466. doi:10.1016/j.foodres.2015.09.008
- Zielińska, E., Baraniak, B., Karaś, M. (2017). Antioxidant and anti-inflammatory activities of hydrolysates and peptide fractions obtained by enzymatic hydrolysis of selected heat-treated edible insects. *Nutrients*, 9(9), 970. doi:10.3390/nu9090970
- Zielińska, E., Pankiewicz, U. (2020). Nutritional, physicochemical, and antioxidative characteristics of shortcake biscuits enriched with tenebrio molitor flour. *Molecules*, 25(23), 5629. doi:10.3390/molecules25235629