

Yenilebilir Böceklerin Sürdürülebilir Beslenme ve Sağlık Açısından Değerlendirilmesi

Meltem KUDRET^{1*}, Gülperi DEMİR²

¹T.C. Sağlık Bakanlığı, Ceyhan Sağlıklı Hayat Merkezi, Sağlıklı Beslenme ve Obezite Danışmanlığı Birimi, Adana

²Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Konya

¹ <https://orcid.org/0000-0002-0785-8849>

² <https://orcid.org/0000-0002-7362-3335>

*Sorumlu yazar: meltemkudret@gmail.com

Derleme

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 06.10.2022

Kabul tarihi: 08.01.2023

Online Yayınlanma: 10.03.2023

Anahtar Kelimeler:

Entomofaji

Besin

Alternatif protein kaynağı

ÖZ

Günümüzde insan nüfusunun artmasına paralel olarak gıda talebi artmış, bu durum az gelişmiş ülkeler başta olmak üzere yetersiz beslenme sorunlarına neden olmuştur. Gıda talebindeki küresel artış ve mevcut sınırlı arazi alanı, alternatif protein kaynakları arayışına yol açmıştır. Bu durumda alternatif bir gıda kaynağı olarak entomofajiye olan ilgi artmıştır. Yeni bir gıda kaynağı olarak böceklerin potansiyel kullanımı, sürdürülebilirlik ve besinsel avantajlara sahiptir. Yenilebilir böcekler, geleneksel et ile yaklaşık olarak aynı protein içeriğine sahip olup daha yüksek seviyelerde çoklu doymamış yağ asitleri ile çeşitli vitamin ve mineralleri içermektedir. Çeşitli hayvan çalışmalarının bulguları, entomofajinin kardiyovasküler, gastrointestinal ve diğer bulaşıcı olmayan hastalıkları önlemenin yanı sıra bağışıklık fonksiyonları ve karsinogenez açısından yararlı etkilerini ortaya koymuştur. Böceklerin birçok olumlu etkilerine rağmen potansiyel gıda güvenliği tehlikeleri de bulunmaktadır. Ayrıca; böcek tüketiminin yaygın olmadığı ülkelerde, böceklerle yemek hazırlama konusunda kabul ve beceri eksikliği görülmektedir. Bu sebeple böcek tüketimini teşvik etmek için bir dizi stratejiler önerilmektedir. Gıda Tarım Örgütü tarafından, güvenli koşullarda, yenilebilir böceklerin tüketiminin artırılmasının, doğal çevreyi olumlu yönde etkileyebileceği ve dünyadaki yetersiz beslenme sorununu azaltabileceğine dikkat çekilmektedir. Bununla birlikte bu alternatif gıda kaynağının etkinliğini, oral alım güvenliğini ve alerji riskini değerlendiren yüksek kaliteli klinik çalışmalara ve otoriteler aracılığıyla tüketim standartlarının geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Bu derlemenin amacı, entomofajinin alternatif bir gıda kaynağı olarak sürdürülebilir beslenme ve sağlık açısından değerlendirilmesidir.

Evaluation of Edible Insects in terms of Sustainable Nutrition and Health

Reviews

Article History:

Received: 06.10.2022

Accepted: 08.01.2023

Published online: 10.03.2023

Keywords:

Entomophagy

Nutrient

Alternative protein source

ABSTRACT

In parallel with the increase in the human population, the demand for food has increased, which has made the problems of malnutrition especially in underdeveloped countries today. The global increase in food demand and the limited land area available have led to the search for alternative protein sources. As a result of this search; in the future, entomophagy as an alternative food source has received serious attention. The potential use of insects as a new food source has many environmental and nutritional advantages and is seen as a sustainable source of animal protein. Edible insects have approximately the same protein content as conventional meat and contain higher levels of polyunsaturated fatty acids and various vitamins and minerals. The findings of various studies have demonstrated the beneficial effects of entomophagy in the prevention of cardiovascular,

gastrointestinal and other non-communicable diseases, as well as in immune functions and carcinogenesis. Despite the many positive effects of insects, there are potential food safety risks. Moreover, in countries where insect consumption is not traditional, there is a lack of acceptance and skill in preparing food with insects. For this reason, a number of strategies have been proposed to encourage insect consumption. It is pointed out by the Food and Agriculture Organization that increasing the consumption of edible insects under safe conditions can positively affect the natural environment and reduce the problem of malnutrition in the world. There is a need for high-quality clinical studies evaluating the efficacy, oral safety and allergy risk of this alternative food source and the development of consumption standards through authorities. The aim of this review is to evaluate entomophagy as an alternative food source in terms of sustainable nutrition and health.

To Cite: Kudret M., Demir G. Yenilebilir Böceklerin Sürdürülebilir Beslenme ve Sağlık Açısından Değerlendirilmesi. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2023; 6(1): 1030-1051.

1. Giriş

Toplumu oluşturan bireylerin sağlıklı ve dinamik olarak yaşamasının, sosyal ve ekonomik açıdan gelişmesinin, yaşamını huzurlu ve güvence altında sürdürebilmesinin en temel koşulu yaşam boyu yeterli ve dengeli beslenmedir. Bireyin beslenme durumu, besinlerin üretiminden tüketimine kadar birçok faktörden etkilenmektedir. Sağlıklı ve aktif bir yaşam, gıda güvencesinin sağlanmasıyla mümkün olabilmektedir (Ersin ve Beyhan, 2001). Gıda güvenesi, Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından “tüm insanların, her zaman, aktif ve sağlıklı bir yaşam sürdürmeleri için gerekli olan yeterli, güvenli ve besleyici gıdaya fiziksel, sosyal ve ekonomik bakımdan erişebilme durumu” olarak tanımlanmaktadır (FAO, 2021).

Son yıllarda; beslenme açısından yeterli gıda, sağlıklı ve güvenli gıdalara ulaşımın zorluğu, çeşitli hastalıklar vb. sorunlar, çalışmaların gıda güvenesi üzerine odaklanmasına yol açmıştır. Yeterli küresel gıda arzına rağmen 2019'da tahmini 690 milyon insanın kronik yetersiz beslenmeyle karşı karşıya kaldığı bildirilmektedir (FAO, 2021). Yetersiz beslenmenin en yaygın türü protein ve/veya enerji yetersizliğidir. Dünya nüfusunun %11'inin açlıktan öldüğü, iki milyarının mikro besin eksikliklerinden etkilendiği tahmin edilmektedir. Dolayısıyla; birey ve toplum sağlığının korunmasında yetersiz beslenmenin önemli bir sorun olduğu görülmektedir. Yetersiz beslenme, dünya çapında başlıca ölüm nedenlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Bu bağlamda, özellikle protein açısından zengin bileşime sahip gıda kaynaklarının yetersiz beslenme sonucu oluşabilecek çeşitli sorunlara çözüm olabileceği belirtilmektedir (FAO, 2017).

Hızlı küresel nüfus artışı ve artan hayvansal kaynaklı protein talebi nedeniyle gıda güvenesi açısından önümüzdeki yıllarda ciddi sorunlar oluşabileceği belirtilmektedir (Orkus, 2021). Küresel nüfus artışı, gezegenin tarım arazilerinin ve tatlı su gibi sınırlı kaynaklarının toplumun gıda ihtiyacını karşılamada yeterli olup olmayacağına dair endişelerin artmasına yol açmıştır. Bu tür gıda güvenesi endişeleri, araştırmaları çeşitli alanlara yöneltmiştir (FAO, 2021). Artan nüfusun gıda talebini karşılamak için mevcut gıda üretiminin iki katına çıkarılması gerekmekte, bu da çevre dostu ve sürdürülebilir gıda üretim yöntemlerinin ve besin değeri yüksek gıda kaynaklarının bulunmasını gerektirmektedir (Research ve Markets, 2019). Bu süreçte hem dünya çapında artan demografik eğilimler nedeniyle

artan gıda talebini karşılamak, hem de en gelişmiş ülkelerde ortaya çıkan yeni gıda eğilimlerini çeşitlendirmek amacıyla alternatif gıda kaynaklarına ciddi bir yönelme olmuştur. Günümüzde birçok araştırmacı, küresel gıda ihtiyaçlarını karşılayabilecek sürdürülebilir besin kaynaklarından biri olan böcekleri ele almaktadır (Pippinato ve ark., 2020).

Entomofaji, yenilebilir böcekleri insan tarafından bir besin olarak tüketme durumu olup (Haldhar ve ark., 2021) dünyanın birçok yerinde binlerce yıldır var olmuştur. Böcek tüketimi geleneği olan kültürlerde, böcekler beslenmenin önemli bir parçasını oluşturmaktadır. Yenilebilir böcekler, yüksek besin değeri ile beslenme ihtiyacını karşılayabilme özelliğine sahiptir. Ayrıca yenilebilir böceklerin gıda olarak kullanılmaları, geleneksel et ve diğer besin kaynaklarına göre ekolojik avantajlara sahip olması nedeniyle iyi bir çözüm kaynağı olarak görülmektedir (Research ve Markets, 2019). Yenilebilir böcekler genellikle Kuzey Amerikalı tüketiciler arasında artan popüleriteye sahip olduğundan geleneksel çiftlik hayvanlarına besleyici, protein açısından zengin, çevresel açıdan sürdürülebilir bir alternatiftir. İnsanlar için protein kaynağı olarak kabul edilen yenilebilir böceklerin besleyici özelliklerinin yanı sıra antihertansif, antioksidatif, antimikrobiyel, antiinflamatuvar, antiobezite, hipolipidemik ve anti-hepatik steatoz etkileri, sağlık üzerine yararlı olma potansiyelini de göstermektedir (Lange ve Nakamura, 2021).

Yenilebilir böceklerin insan beslenmesinde yer almasının avantajlarına rağmen, daha geniş tüketimin önünde engeller bulunmaktadır. Bu engeller arasında potansiyel gıda güvenliği tehlikeleri ile olumsuz tüketici algısı yer almaktadır. Bu engellere bağlı olarak böceklerin kirlilik, yoksulluk ve hastalıklar gibi bazı kötü çağrışımlar oluşturduğu belirtilmektedir (Looy ve ark., 2014; Raheem ve ark., 2019). Bu çağrışımlar insanlar tarafından, böceklerin tüketiminin azalmasına ve genellikle kültürel olarak uygunsuz ve hatta tabu olarak görülmesine neden olmaktadır (Kouřimská ve Adámková, 2016). Fakat tüketicileri böcek yemeye ikna etmek için duyuşsal özelliklerin geliştirilmesi, çevre ve sağlık açısından faydalarından bahsedilmesi gibi çeşitli stratejiler önerilmiştir. Bu stratejiler sayesinde yenilebilir böceklere ilgi ile bunları tüketme konusunda artan motivasyon, bireylerde böcek yeme konusunda tutum değişikliği yaratmıştır (Verneau ve ark., 2016).

Bu derlemede, entomofajinin alternatif bir gıda kaynağı olarak sürdürülebilir beslenme ve sağlık açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

2. Entomofajinin Tanımı

Entomofaji (*entomophagy*) “*entomo*” (böcek) ve “*phagein*” (yemek) kelimelerinin bir araya getirilmesiyle oluşturulmuş Yunanca kökenli bir kelimedir. Kısaca yenilebilir böcek olarak tanımlanan entomofaji, aslında yeni bir kavram değildir. Tarihte, av araçlarının bulunmadığı, tarımın gelişmediği dönemlerde; insanların açlıklarını giderebilmek için çeşitli böcek türlerini tükettiği bilinmektedir (Kaymaz ve Ulema, 2020). Böcekler, gezegendeki en çok çeşide sahip hayvan gruplarından birisi olup gezegenin neredeyse tüm karasal ve su ekosistemlerinde yaşamakta ve toplam hayvan biyokütlesinin yaklaşık yarısını oluşturmaktadırlar (Ordoñez-Araque ve Egas-Montenegro, 2021). Bilinen yenilebilir

böcek türlerinin %92'si yabancı olarak hasat edilmekte, %6'sı yarı evcil ve %2'si çiftlikte yetiştirilmektedir (FAO, 2021).

Günümüzde, dünya çapında yaygın olarak tüketilen böcek türlerinin bazıları bilinmekte ve tüketilen böceklerin miktarını tahmin etmek için henüz yeterli veri bulunmamaktadır (FAO, 2021). Entomofaji, dünya çapında yüzyılı aşkın süreçte yaklaşık 113 ülkede varlığını sürdürmektedir. Böcek tüketimi ağırlıklı olarak Asya, Afrika ve Latin Amerika'nın bazı bölgelerinde mevcuttur (Rumpold ve Schlüter, 2013). Yenilebilir olarak kabul edilen yaklaşık 2500 böcek türü olduğu tahmin edilmektedir (Van Huis, 2016). Küresel olarak, en yaygın tüketilen böceklerden ilki kın kanatlılar (*Coleoptera*-%31), ikinci en çok tüketilen Sahra altı Afrika'da oldukça popüler olan tırtıllardır (*Lepidoptera*-%18). Eşek arısı, karıncalar ve arılar (*Hymenoptera*-%14) Latin Amerika'da en fazla yenilen üçüncü türdür. Ardından çekirge, cırcır böceği ve hamam böceği (*Orthoptera*-%13) ve tarla kriketi (yaygın adı: “*chapuline*”) gelmektedir (Anankware ve ark., 2015). Tüketilen diğer yenilebilir böcekler ise; ağustos böcekleri, yaprak böceği, bitki hunisi, ölçek böcekleri ve gerçek böcekler (*Hemiptera*-%10), termitler (*Isoptera*-%3), yusufoçuklar (*Odonata*-%3), sinekler (*Diptera*-%2) ve diğerleri (%5) şeklinde sıralanmaktadır (Van Huis ve ark., 2013).

3. Sürdürülebilir Beslenme Açısından Yenilebilir Böcekler

Doğada böcekler; su, orman ve tarım ekosistemleri arasında dağılmış önemli bir biyokütle kaynağıdır. Böcekler, büyük ölçüde her kıtada bulunabilmekte ve Antarktika hariç tüm kıtalarda insanlar tarafından tüketildiği tarihsel kayıtlarda yer almaktadır (de Carvalho ve ark., 2020). Böceklerin seri üretimi yapılabilmektedir. Ayrıca et veya balık gibi diğer gıda kaynaklarına alternatif besleyici özelliğe sahip olup vücudun protein ihtiyacını karşılayabilmektedir (de Carvalho ve ark., 2020).

Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından yenilebilir böcekler, sığır eti veya domuz eti gibi diğer hayvansal protein kaynaklarıyla karşılaştırıldığında, böceklerin sürdürülebilir bir protein kaynağı olduğu belirtilmiştir (FAO, 2013). Bu sebeple Gıda ve Tarım Örgütü güvenli koşullar altındaki böceklerin tüketimini teşvik etmektedir (FAO, 2013). Böceklerin sürdürülebilir bir gıda kaynağı olarak benimsenmesi, insan sağlığı, çevresel faktörler ve sosyo-ekonomik fayda olmak üzere üç nedene dayandırılmaktadır (Govorushko, 2019). Sığır eti, domuz eti, tavuk ve balık gibi besinlerle kıyaslandığında sağlıklı ve besleyici bir alternatif olmaları, protein, yağ, çinko, demir, kalsiyum gibi makro ve mikro besin öğeleri bakımından zengin olmaları sağlık açısından önemlidir. Çevresel faydalar ise şunları içermektedir: (a) böceklerin belirli sera gazı (GHG) emisyonlarının, diğer çiftlik hayvanlarının çoğundan çok daha az olması (örneğin metan, termitler ve hamamböceği gibi yalnızca bazı böcek grupları tarafından üretilir); (b) böcek yetiştiriciliğinin, çiftlik hayvanlarından çok daha az toprak ve su gerektirmesi ve bunun yanında üretimin genişletilmesi için toprak temizliğinin gerektirmemesi; (c) böcek yetiştirmeyle bağlantılı amonyak emisyonlarının hayvancılıktan daha düşük olması; (d) böceklerin soğukkanlı hayvanlar olmalarının, yiyecekleri proteine dönüştürmedeki etkinliklerinin çok yüksek olması; (e) böceklerin kendi organik akıntılarıyla beslenebilmeleridir.

Böceklerin hasadının ve yetiştirilmesinin toplumun en fakir kesimlerine kolaylıkla girebilen düşük sermayeli ve düşük teknoloji yatırım olması ise böceklerin sosyo-ekonomik faydalarındandır (Van Huis ve ark., 2013; Sun-Waterhouse ve ark., 2016).

Yenilebilir böceklerin gıda üretiminde kullanılmasıyla iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini azaltmak mümkündür. Böcekler, geleneksel çiftlik hayvanlarına (örneğin tavuklar, domuzlar ve sığırlar) göre çok daha az sera gazı üretmekte, çok daha az arazi ve su gerektirmektedir (Orkus, 2021). Örneğin domuzlar, yemek kurtlarından 10 ila 100 kat daha fazla GHG (sera gazı) üretmektedirler (FAO, 2013). Bu durum böceklerin ekolojik sisteminde sürdürülebilir özellikleri açısından oldukça önemlidir. Bunlarla birlikte böcekler, diğer hayvanlara göre daha fazla besleyici özellik taşımakta olup aynı miktarda protein üretmede daha yüksek gıda dönüşüm oranına sahiptir. Örneğin, cırcır böcekleri sığırlardan 6 kat, koyunlardan 4 kat daha az ve domuz ve broilerin (etlik tavuklar) yarısı kadar yeme ihtiyaç duymaktadır (Van Huis ve ark., 2013; Orkus, 2021). Bir başka örnek olarak kriketlerin, 1 kg vücut ağırlığı kazanmak için sadece 2 kilogram yeme ihtiyaç duydukları belirtilmektedir. Aynı zamanda böceklerin, insanlara, hayvanlara ve yabani hayvanlara zoonotik enfeksiyonlar iletme riskinin daha az olduğu da belirtilmektedir (Van Huis ve ark., 2013). Ayrıca birçok böcek, insan tüketimi veya tarımsal yan ürünler için uygun olmayan bitki materyallerini gıda maddesi olarak kullanmaktadır. Bu nedenle insanların tükettiği gıdaları tüketen inekler, tavuklar ve domuzlar ile rekabete girmemektedirler. Böceklerin büyümesinin büyük hayvanlardan çok daha kolay ve daha kısa sürede olmasının yanı sıra yüksek doğurganlık oranları da sürdürülebilir bir protein kaynağı olması açısından oldukça önemlidir (Baş Aksoy ve Nehir El, 2021). Yenilebilir böcekler aynı zamanda pestisit kullanımını azaltmada da yardımcıdır. Zararlı olarak kabul edilen yenilebilir böceklerin toplanması, insektisit kullanımının azalmasına katkıda bulunabilmektedir. Ayrıca, bitki yetiştirmeye kıyasla böcek toplamanın ekonomik faydaları da dikkate alınmalıdır. Örneğin; Meksika'da insan tüketimi için böceklerin toplanmasının, tarımsal ürün üretimindeki pestisit miktarı ile çiftçiler üzerindeki mali yükün azalmasını sağlamıştır (Kouřimská ve Adámková, 2016).

4. Yenilebilir Böceklerin Besin Değeri ve Sağlık Üzerine Potansiyel Etkileri

4.1. Yenilebilir Böceklerin Besin Değeri

Böcekler, günümüzde, protein başta olmak üzere yüksek besleyici özellikleri nedeniyle artan gıda talebini karşılamada iyi bir seçenek olarak ilgi görmektedir. Böceklerde bulunan temel besin ögesi protein (%13-77) ve yağ (%1,5-77) olup bunu vitamin ve mineraller, lif ve karbonhidratlar izlemektedir (Ayensu ve ark., 2018). Besin ögesi içeriği, böceklerin türüne, beslenme biçimine, işleme proseslerine (kurutma, kızartma ve kaynatma), yaşam alanına (sıcaklık, nem ve fotoperiyot) ve metamorfoz aşamalarına (yumurta, larva, pupa, yetişkin) bağlı olarak değişebilmektedir (Huis, 2016; Ahn ve ark., 2021).

Yenilebilir böceklerin enerji değeri, böcek türleri arasında değişkenlik gösterebilmektedir. *Coleopteran* ve *Lepidopteran* türleri daha fazla enerji değerine sahiptir (Ramos-Elorduy, 2008).

Bunlarla birlikte larva veya pupa, yetişkinlere kıyasla genellikle enerji bakımından daha zengindir. Bu durumun tam tersi, yüksek proteinli böcek türleri daha düşük enerji içeriğine sahiptir (Kouřimská ve Adámková, 2016). Böcek türüne ve toplandığı coğrafi konuma bağlı olarak 100 g kuru madde başına 217 ile 777 kkal/100 g arasında enerji vermektedirler. Bu değer aynı gramaj hayvansal besinler için 165-705 kkal/100 g'a ve sebzeler için 308-352 kkal/100 g'a karşılık gelmektedir (Ramos-Elorduy, 2008). Nijerya'da tırtıllar 611 kkal içeriyorken termitlerin (akkarıncalar) 761 kkal değerine sahip olduğu bilinmektedir. Bu sebeple tırtıllar ve termitler, çikolatadan yaklaşık 2 kat, domuz sucuğundan 3 kat, jambondan 6 kat, elmadan 15 kat daha fazla enerji içermektedir (Cerritos, 2009).

Proteinler, yenilebilir böceklerin besin bileşiminin ana bileşenlerini temsil etmektedir (Ayensu ve ark., 2018). Böceklerden elde edilen protein içeriği genellikle iyi kalitede olup yüksek oranda sindirilebilmektedir (yumurta proteininden biraz daha az, ancak bitki bazlı proteinden daha fazla sindirilebilir) (Finke, 2015; de Carvalho ve ark., 2020). Yenilebilir böceklerin kuru bazda protein içeriği, *Hemiptera* için 33-65 g/100 g ile *Orthoptera* için 13-77 g/100 g arasında değişmektedir (de Castro ve ark., 2018). Genel olarak, *Orthoptera* takımından yenilebilir böcek türleri protein açısından çok zengindir. Çekirgelerin kuru ağırlığının yaklaşık %77'i kadar protein içeriğine sahip olduğu bildirilmiştir (Ayensu ve ark., 2018). Örnek olarak, evcil kriket (*Acheta domestica*), sarı kanatlı çekirge (*Arphia fallax*) ve yetişkin kırmızı bacaklı çekirge (*Melanoplus femurrubrum*) için kuru kütledeki protein yüzdeleri sırasıyla %64,10, %71,30 ve %77'dir (Finke, 2015). Bir başka örnekte, çeşitli böcek takımlarının ham protein içeriği, kuru maddenin %13 ile %77'si arasında belirlenirken, ortalama protein içeriğinin 7 ile 48g/100 g taze ağırlık arasında olduğu rapor edilmiştir (EFSA Scientific Committee, 2015).

Yenilebilir böceklerin protein içeriği tür, pişirme yöntemi, yem ve metamorfoz aşaması gibi çeşitli faktörlere bağlıdır (FAO, 2013). Örneğin, Nijerya'da yüksek düzeyde esansiyel yağ asitleri içeren kepekle beslenen çekirgelerin protein içeriği, mısırla beslenenlerin iki katı olduğu saptanmıştır (Ademolu ve Idowu, 2010). Son araştırmalarda, 50 g *Eulepida Mashona* (böcek) ve *Henicus Whellani* (kriket) tüketiminin, önerilen günlük proteinin ortalama %30'una katkıda bulunabileceği bildirilmiştir (Raheem ve ark., 2019). Böceklerden alınan proteinin sindirilebilirliği oldukça değişkendir. Çünkü kısmen kütiküler proteindeki aminoasitin bir kısmı, bir polisakarit ve böceklerin dış iskeletinin bileşeni olan kitine bağlıdır (Huis, 2016). Yapılan bir in vitro çalışmada, un kurdu (*Tenebrio molitor*) proteininin protein sindirilirliğinin %75,7, cırcır böceği (*Grylodes sigillatus*) proteininin ise %76,2, olduğu saptanmıştır (Stone ve ark., 2019).

Yenilebilir böceklerin çoğu, insan beslenmesinde yeterli enerji ve protein alımıyla birlikte aminoasit gereksinimlerini de karşılayabilmektedir (Muslu, 2020). Sindirilebilirliğin yanı sıra amino asit içeriği protein kalitesini belirlemektedir (EFSA Scientific Committee, 2015). Böceklerdeki esansiyel amino asit miktarı, tüm amino asitlerin %10-30'u kadardır (de Carvalho ve ark., 2020). Yenilebilir böceklerin aminoasit bileşimi türler ve takımlar arasında büyük farklılıklar göstermektedir. Dünya Sağlık Örgütü'ne göre, yenilebilir böceklerin çoğunun amino asit bileşimi, insan beslenmesi için gerekli olan

temel amino asitleri yeterli düzeyde sağlamaktadır (WHO, 2007). Fenilalanin, tirozin, triptofan, lizin ve treonin için amino asit değerlerinin yüksek olduğu belirtilmiştir (Rumpold ve Schlüter, 2013). Ogbuagu ve Emodi (2014)'nin çalışmasında palmye biti larvalarında lösin, izölösin, fenilalanin ve tirozin gibi esansiyel amino asitlerin seviyesinin FAO'nun referans standart değerlerinden daha yüksek olduğu bulunmuştur.

Yenilebilir böceklerin proteinden sonra ikinci diğer önemli besin bileşeni lipittir (%1,5-77) (Aguilar, 2021). Lipit düzeyi böceğin yaşam evresine bağlı olarak böceklerin kuru ağırlığının %4'ü (sivrisinek yumurtaları) ile %77'sini (*güve Phassus triangularis*) oluşturmaktadırlar. Genel olarak böceklerin lipit içeriği larva evrelerinde yetişkin evrelerine göre daha yüksektir, çünkü yetişkinler genellikle %80 trigliserit ve %20'den az fosfolipit içermektedir. Ek olarak, böcekler doymuş, tekli doymamış ve çoklu doymamış yağ asitleri dahil olmak üzere yüksek besin değerine sahip yağ asitlerini içermektedir. Bunlar, insan sağlığına olumlu etkisi olan oleik, linoleik, α -linolenik, laurik ve palmitik asitleri içermektedir. Örnek olarak, *Hymenopteran* böcekleri bileşimlerinde türe bağlı olarak yaklaşık %30 doymuş, %48 tekli doymamış ve %15 çoklu doymamış yağ asitleri içermektedir (EFSA Scientific Committee, 2015; Kouřimská ve Adámková, 2016).

Yenilebilir böceklerdeki vitaminler ve mineraller, böceklerin beslenmesine bağlı olarak yüksek veya düşük miktarlarda bulunmaktadır. Ev sineği larvaları dışında, çoğu böceğin sodyum ve potasyum içeriği düşük, fosfor, magnezyum, kalsiyum, çinko, demir, selenyum, manganez ve bakır içeriği yüksektir. Örneğin, Afrika güvesi (*Anaphe venata*) her 100 g kuru ağırlık için 40 mg kalsiyum, 1150 mg potasyum, 50 mg magnezyum, 730 mg fosfor, 30 mg sodyum, 10 mg demir ve çinko, 40 mg manganez ve 1 mg bakır içermektedir. Vitamin içeriği bakımından böcekler etkin riboflavin, pantotenik asit ve biotin kaynağı olup A, C ve E vitaminleri bakımından yetersizdir (Ordoñez-Araque ve Egas-Montenegro, 2021). Sirimungkararat ve ark. (2010)'nın yapmış olduğu bir çalışmada, böceklerin sığır, domuz ve tavuktan daha fazla demir ve çinko içerdiği belirtilmiştir. Benzer şekilde, Paoletti ve ark. (2003)'nin çalışmasında, solucandaki kalsiyum düzeyinin taze peynirin kalsiyum içeriğiyle karşılaştırılabilir düzeyde olduğu ve geleneksel etteki kalsiyum içeriğinden daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Mineral içeriği bakımından da, yenilebilir böceklerin ve etin besin değerini karşılaştırmak amacıyla yapılan bir çalışmada, böceklerin, türü ve gelişim şekli ne olursa olsun, etten daha yüksek kalsiyum, çinko, bakır ve manganez içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir (Orkusz, 2021). Etin hem pigmentleri yönünden zengin olup miyogloblin ve hemoglobinden elde edilen, kolayca sindirilebilir demirin temel bir kaynağı olduğu iyi bilinmektedir. Yapılmış çalışmalara göre, büyük hayvan etleri (dana filetosu, at eti vb), kanatlı etlerinden (0,4-1,3 mg/100 g) daha fazla demir (3,1-3,5 mg/100 g) içermektedir. Böcek türleri arasında ise en düşük demir içeriği *Zophobas morio* larvalarında (1,99 mg/100 g), en yüksek ise *Gonimbrasia belina* larvalarında (51,05 mg/100 g) bulunmuştur (Finke, 2015; Nowak ve ark., 2016; Payne ve ark., 2016; Lategan, 2019; Orkusz, 2021). Dolayısıyla, böceklerin sığır eti de dahil olmak üzere diğer protein kaynaklarına kıyasla daha iyi ve biyoyararlılığı daha yüksek demir kaynağı olabileceği belirtilmektedir (Baş Aksoy ve Nehir El, 2021).

Yenilebilir böceklerin vitamin içeriği de, minerallerde olduğu gibi, böceklerin beslenmesinden etkilenmektedir (Ordoñez-Araque ve Egas-Montenegro, 2021). Yetişkinler için önerilen riboflavin, pantotenik asit ve biotin gibi vitamin gereksinimlerinin yenilebilir böceklerde yüksek düzeyde olduğu belirtilmektedir. Bunlarla birlikte *Orthoptera* takımı (çekirge, cırcır böceği ve hamam böceği) ve *Coleoptera* takımının (böcekler ve larvaları) yenilebilir böcekleri folik asit açısından zengindir (Rumpold ve Schlüter, 2013). Bununla birlikte; böceklerin genel olarak A, C, E vitamini, niasin ve tiamin için yeterli kaynaklar olmadığı da belirtilmektedir (Ayensu ve ark., 2018). Yenilebilir böceklerin ve etin besin değerini karşılaştırmak amacıyla yapılan çalışmalarda, hem böceklerdeki hem de etteki vitamin içeriğinin önemli ölçüde değiştiği belirtilmiştir (Orkusz, 2021). Çalışmalarda analiz edilen böcek ve et türleri arasında domuz eti (0,49 mg/100 g), *Gryllus bimaculatus* (0,36 mg/100 g) ve *Bombyx mori* (0,33 mg/100 g) türünden böceklerin en yüksek tiamin içeriğine sahip olduğu bildirilmiştir. Bununla birlikte, tavşan ve kümes hayvanlarının karkasları ve böcekler dahil olmak üzere diğer et türlerinde daha düşük tiamin içeriği gözlenmiştir. Tiamin içeriği ette 0,02-0,49 mg/100 g ve böceklerde 0,04-0,36 mg/100 g aralığında saptanmıştır. Böcekler, türü ve gelişme şekli ne olursa olsun, etten daha yüksek tokoferol, riboflavin ve C vitamini içeriği ile karakterize edilmiştir. Hem böcekler hem de et kaliteli niasin kaynağı olmasına rağmen tavuk göğsü en yüksek niasin içeriğe (12,44 mg/100 g) sahiptir (Finke, 2015; Payne ve ark., 2016; Orkusz, 2021).

Etler, kobalamin içeriği bakımından oldukça zengindir. Kobalamin, amino asit metabolizmasına katılımı nedeniyle proteinlerin biyolojik değerinin düzenleyicisi olarak kabul edilmektedir. İyi bir kobalamin kaynağı olan tavşan karkasında kobalamin miktarı 7,90g/100 g iken at etinde 3,10 g/100 g, hindi but, dana but ve dana bonfilede daha az miktarda (1,03–1,70 g/100 g düzeyinde) bulunmaktadır. Kobalaminin en fakir kaynaklarının (0,12-0,13 g/100 g düzeyinde) su kuşları karkasları olduğu belirtilmiştir. Böceklerdeki kobalamin içeriği ise 0,01 g/100 g (*Bombyx mori*) ile 0,99 g/100 g (*Zophobas morio*) arasında değişmektedir (Finke, 2015; Payne ve ark., 2016; Baş Aksoy ve Nehir El, 2021; Orkusz, 2021).

Böceklerde karbonhidratlar esas olarak kitin formunda bulunmaktadır (Govorushko, 2019; Ordoñez-Araque ve Egas-Montenegro, 2021). Bir poli-beta-1,4-N-asetilglukozamin olan kitin, suda çözünmez ve biyoküttele selülozdan sonra en bol bulunan ikinci polisakkarittir ve eklem bacaklıların dış iskeletinin ana bileşenidir. Karbonun yanı sıra bir nitrojen kaynağı da olabilmektedir (de Carvalho ve ark., 2020). Kitin nitrojen içeriğinden nitrojen ölçümlerine dayalı protein tahminlerini etkilemektedir (Raheem ve ark., 2019). Diyet lifi olarak kabul edilen kitin böceklerde kuru ağırlığın %5-20'sini oluşturmaktadır (Govorushko, 2019; Ordoñez-Araque ve Egas-Montenegro, 2021). Yenilebilir böceklerdeki karbonhidrat içeriği kalkan böceğinde %6,71'den ağustos böceklerinde %15,98'e kadar değişmektedir (Govorushko, 2019). Bednářová (2013)'nın çalışmasında yenilebilir 7 farklı böcek türündeki lif miktarı analiz edilmiş ve Afrika göçmen çekirgesi en yüksek içeriğe sahipken, Jamaika tarla kriketinin en az lif içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir.

4.2. Yenilebilir Böceklerin Sağlık Üzerine Potansiyel Etkileri

Böceklerde bulunan kitin ve deasile edilmiş formu kitosan, potansiyel olarak yara iyileşmesi, kolon ve kardiyovasküler sağlık, kolesterol düzeyini azaltma ve doğuştan gelen ve adaptif bağışıklık tepkileri üzerinde faydalı etkiler sağlayan fonksiyonel gıda bileşenleri olarak kabul edilebilmektedir (Lange ve Nakamura, 2021). Kitin, besinsel, sağlık ve tıbbi değeri yüksek, düşük kalorili bir gıda formu olarak tüketilebilmektedir. Ayrıca insan bağırsağı mikrobiyotasındaki önemli bakteri popülasyonlarının seçici büyümesini de teşvik edebilmektedir (de Carvalho ve ark., 2020). Cırcır böceklerinde bol miktarda bulunan kitin ve kitosanın bağırsaklarda bulunan patojenik mikroorganizmaları baskılayarak bağışıklık sistemini desteklediği ve bu özelliğinin prebiyotik etkisinden kaynaklandığı bildirilmiştir (Baş Aksoy ve Nehir El, 2021). Kitin ayrıca organizmaların bazı parazitler enfeksiyonlara ve allerjik durumlara karşı savunması ile de ilişkilendirilmektedir (Kouřimská ve Adámková, 2016). Bir başka çalışmada kitinin tümörigeneze karşı antiviral olarak aktif olduğu bildirmiştir (Lee ve ark., 2008). Bununla birlikte, tüketimden önce kitinin böceklerden uzaklaştırılması, diyet proteinlerinin kalitesini ve biyoyararlanımını iyileştirebileceği de belirtilmektedir. Örneğin, arıların protein sindirilebilirliği kitin varlığında %71,5 iken kitin yokluğunda %94,3 olduğu belirtilmiştir (Ordoñez-Araque ve Egas-Montenegro, 2021).

Böcekler, sığır eti, balık ve kümes hayvanları gibi diğer protein kaynaklarıyla karşılaştırıldığında yüksek yağ, protein, vitamin, lif ve mineral içeriği ile son derece besleyici ve sağlıklı bir besin kaynağıdır (Ayensu ve ark., 2018). Böcekler mikro besin eksikliklerini önleyebilmekte ve kardiyovasküler hastalık, diyabet ve kanser gibi kronik hastalıkların yönetiminde rol oynayabilmektedir (Lange ve Nakamura, 2021). Ayrıca; kriket unu glüten içermemesi nedeniyle, çölyak hastalığı veya glüten intoleransı olan kişiler için alternatif protein kaynağı olarak önerilmektedir (Kowalczewski ve ark., 2019). Bunun yanı sıra; böcekler, mikro besin ögesi yetersizliklerinin giderilmesi için gıda zenginleştirme programlarında da kullanılmaktadır. Demir eksikliği anemisi başta olmak üzere, bebeklerde ve çocuklarda yetersiz beslenmeyi tedavi etmek ve önlemek için, eklembacklıları içeren ürünlerin eklenmesiyle güçlendirilmiş harmanlanmış gıda ürünleri önerilmektedir (Michaelsen ve ark., 2009). Bu ürünler için Kamboçya'da örümcekler (Skau ve ark., 2015), Demokratik Kongo Cumhuriyeti'nde tırtıllar (Bauserman ve ark., 2015) ve Kenya'da cırcır böcekleri ve termitler (Konyole ve ark., 2012) kullanılmaktadır. Vejetaryenler açısından bakıldığında, böceklerin çevresel açıdan sürdürülebilir bir besin olması bir ihtimalde olsa tüketilebilirlik açısından kabul edilebilir bir hayvansal protein kaynağı olarak algılanabileceği belirtilmektedir (Ruby ve Rozin, 2019).

Çeşitli in vitro ve in vivo hayvan çalışmalarında, entomofajinin kardiyovasküler, gastrointestinal ve bulaşıcı olmayan hastalıkların yanı sıra bağışıklık fonksiyonları ve karsinogenez ile ilgili olarak faydalı etkileri ortaya konmuştur (Lange ve Nakamura, 2021). İnsanlarda, randomize kontrollü çalışmalardan elde edilen mevcut kanıtlar, bazı prebiyotik etkilerle birlikte, mineral düzeylerinin arttırılmasında ve bağırsak mikrobiyotasının modülasyonunda yenilebilir böceklerin rolünü ortaya

koymuştur (Stull ve ark., 2018). Sağlık yararlarıyla ilgili yapılan in vitro çalışmalarda yenilebilir böceklerin hipertansiyon tedavisi ile ilgili anjiyotensin dönüştürücü (ACE) enzim inhibitör aktivitesi, antioksidan ve antikanserojenik etkileri, in vivo çalışmalarda hipolipidemik, antiobezite, anti-hepatik steatoz, bağırsak mikrobiyotasında etkili oldukları, bunlarla birlikte sağlık süresi ve yaşam süresinin arttığı gözlenmiştir (Ahn ve ark., 2000; Mentang ve ark., 2011; Nguyen ve ark., 2016; Cito ve ark., 2017; Seo ve ark., 2017; Hong ve ark., 2018; Stull ve ark., 2018; Lange ve Nakamura, 2021). Yapılan bazı çalışmalarda, hipertansiyon tedavisinde çeşitli böcek türlerinden (*Coleoptera*, *Diptera*, *Hymenoptera*, *Lepidoptera* ve *Orthoptera*) elde edilen peptitlerin protein hidrolizatlarında ACE inhibitör aktivitesi tespit edilmiştir (Vercruyssen ve ark., 2005; Staljanssens ve ark., 2011; Dai ve ark., 2013; Cito ve ark., 2017). Di Mattia ve ark., (2019)'nın yapmış olduğu bir çalışmada, birkaç böcek türünden (Cırcır böcekleri, çekirgeler, ipekböcekleri, Afrika tırtılları ve akşam ağustos böcekleri) elde edilen su ve yağda çözünen böcek ekstraktların antioksidan kapasitelerinin portakal suyu ve zeytinyağından 2-3 kat daha fazla olduğu gözlenmiştir. Bir başka çalışmada, böceklerde ve ayrıca ham böcek türevli ekstraktlarda bulunan çeşitli proteinlerin, peptitlerin (Slocinska ve ark., 2008) ve alkaloidlerin (Pettit ve ark., 2005) potansiyel antikanser aktivite etkisinin olduğu belirlenmiştir (Ahn ve ark., 2000). Mentang ve ark., (2011)'nin Omega-3 a-linolenik asit bakımından zengin ipekböceği krizalit yağının Wistar sıçanlarında lipid metabolizması üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada da, hiperlipidemi ve hiperglisemide iyileşme olduğu gözlenmiştir. Ayrıca ipekböceği krizalit yağının faydalı bir lipid kaynağı ve balık yağlarına alternatif olabileceği de belirtilmiştir. Sıçanlarda larva derisinin kitosanından oluşturulan kitoooligosakkaritlerin, toplam kolesterol, plazma düşük yoğunluklu lipoprotein kolesterol (LDL-C) ve plazma triaçilgliserol seviyelerinde azalmalara yol açtığı gözlenmiştir (*Clinis bilineata*) (Xia ve ark., 2013). Yüksek yağlı bir diyetle beslenen obez farelerde, Sarı yemek kurdu (*T. Molitor*) larva tozunun günlük oral uygulanmasının ardından vücut ağırlığı artışının azaldığı saptanmıştır (Seo ve ark., 2017). Bir başka çalışmada ise, ev kriket ve sarı yemek kurdu özlerinin tatbik edilmesini takiben diyet lipidlerinin sindirimi ile ilgili lipaz aktivitesinin inhibisyonu gözlenmiştir (Navarro Del Hierro ve ark., 2020). Hong ve ark., (2018)'nin bir çalışmasında ipekböceği larva tozunun hepatik steatoz ve lipid metabolizması üzerindeki koruyucu etkileri değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda ipek böceği larva tozunun yağ asidi β -oksidasyonunu yükselttiği, yağ asitlerinin *de novo* sentezini azalttığı ve oksidatif stresi ve inflamatuvar yanıtı inhibe ettiği gözlenmiştir. Ayrıca etanol ile tedavi edilen sıçanlarda hepatik steatoz ve yaralanma ile ilgili önleyici etkileri olduğu da belirtilmiştir. Güvenlik ve tolere edilebilirlik açısından 25 gram/gün bütün kriket tozu tüketiminin bağırsak mikrobiyotası üzerine etkilerin incelendiği bir çalışmada, Probiyotik bakteri *Bifidobacterium animalis*'in büyümesini desteklediği ve insanlarda tam kriket tozu tüketimlerinin ardından plazma TNF- α 'sında azalmalar olduğu belirtilmiştir. Bu veriler, cırcır böceği yemenin bağırsak sağlığını iyileştirdiği ve sistemik inflamasyonu azaltabileceğini de düşündürmüştür (Stull ve ark., 2018). Çeşitli fonksiyonel besinlerle zenginleştirilmiş olgun ipek böceği larvalarının sağlığa faydalarının incelendiği bir çalışmada, haşlanmış ve dondurularak kurutulmuş olgun

ipekböceği larva tozu içeren yiyecekler üzerinde yetiştirilen *Drosophila*'nın, normal yiyecek sineklerine kıyasla daha uzun bir ömre sahip olduğu gözlenmiştir. *Drosophila* (sinek) ile beslenen olgun ipekböceği larva tozunun sağlık süresi ve yaşam süresini arttırdığı da belirtilmiştir (Nguyen ve ark., 2016).

Bununla birlikte böcekler, protein ve yağ gibi değerli bir besin kaynağı ve ayrıca biyoaktif bileşikler (örneğin, çoklu doymamış yağ asitleri, flavonoidler ve antioksidatif kapasiteye sahip diğer tanımlanmamış bileşikler) açısından önemli bir kaynak gibi görünse de, bazı türlerin tanenler ve fitik asit gibi besleyici olmayan bileşikleri de içerdiği gözlenmiştir (ANSES, 2015).

5. Besin Güvenliği Açısından Yenilebilir Böcekler

Dünyanın birçok yerinde, özellikle besin kıtlığının olduğu yerlerde, diyetleri çeşitlendirmek ve besin güvenliğini iyileştirmek için yenilebilir böceklerin potansiyeline önem verilmektedir (FAO, 2013). Yenilebilir böcekler için bazı önemli potansiyel besin güvenliği tehlikeleri biyolojik (bakteri, virüs, mantar, parazitler), kimyasal (mikotoksinler, pestisitler, ağır metaller, antimikrobiyaller) ve fiziksel yollarla taşınabilmekte ve tüketicilerin sağlığına zarar verebilmektedirler. Böcek tüketiminin güvenlik riskleri büyük ölçüde böcek türlerine, yetiştirildikleri veya toplandıkları ortama, ne yediklerine ve kullanılan üretim ve işleme yöntemlerine göre değişkenlik göstermektedir (FAO, 2021). Böcekler, memelilere ve kuşlara göre, insanlara H1N1 (kuş gribi) ve BSE (deli dana hastalığı) gibi zoonotik enfeksiyonları bulaştırma açısından daha az risklidir. Bununla birlikte, güvenlikle ilgili diğer faktörler açısından önem arz etmektedir (van der Fels-Klerx ve ark., 2018; Raheem ve ark., 2019).

Böceklerin uygun olmayan gelişme aşamasında tüketilmesinden veya işleme ve pişirme tekniklerinden kaynaklanan riskleri bulunmaktadır (FAO, 2013). Bu riskler mikrobiyal kontaminasyon, toksikolojik tehlikeler ve alerjenik reaksiyonlar olarak sınıflandırılmaktadır (van der Fels-Klerx ve ark., 2018; Raheem ve ark., 2019). Mikrobiyal kontaminasyon açısından böcekler, gıda olarak güvenliklerini etkileyebilecek mikro organizmalara sahip olabilmektedirler (FAO, 2013). Potansiyel bir mikrobiyal tehlike olmanın aksine, bazı yenilebilir böceklerin antibakteriyel peptitler içerdiği bilinmektedir. Örneğin, yaygın karasinek (*Musca domestica*) larvalarından elde edilen yeni bir peptidin (Hf-1), *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimurium*, *Shigella dysenteriae*, *Staphylococcus aureus* ve *Bacillus subtilis* gibi gıda patojenlerinin türlerini inhibe ettiği bulunmuştur. Portakal suyunda da bulunan Hf-1'in varlığı, böceğin bir gıda koruyucusu olarak potansiyeli olduğunu düşündürmektedir (Hou ve ark., 2007).

Toksikolojik tehlikeler açısından incelendiğinde böceklerde toksinlerin bulunması, ya böceğin doğal bir toksin sentezlemesinin ya da üzerinde yetiştirildikleri substrat yoluyla birikimin bir sonucu olarak görülebilmektedir (van der Fels-Klerx ve ark., 2018). Guo ve ark., (2014)'nın yapmış olduğu bir çalışmada, yemek kurdu *T. molitor* larvaları, dört *Fusarium* türü ile enfekte edilmiş buğday taneleri üzerinde yetiştirilmiş ve çekirdeklerde ve larvalarda birkaç mikotoksine rastlanmış, ancak larvalardaki konsantrasyonlar genellikle çekirdeklerdekinden çok daha düşük oranda olduğu gözlenmiştir.

Gıda endüstrisinde kullanılan sterilizasyon işlemlerine dirençli ve saklama süresi boyunca çoğalan sporlanmış patojen bakteriler arasında *Salmonella spp.*, *Campylobacter spp.*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli* en önemli ve daha fazla dikkat gerektiren bakteri grubu olarak yer almaktadır. Yenilebilir böceklerde endospor oluşturan bakterilerin varlığı ve ısıya dirençli olan sporlar; kurutma, kaynatma ve kızgın yağda kızartma gibi yenilebilir böcekler için benimsenen yaygın işleme yöntemlerine dayanabileceğinden, besin güvenliğini tehlikeye atan başka bir faktör olarak görülmektedir (Klunder ve ark., 2012). Codex Alimentarius Komisyonu'nun 2010 tarihli bir raporuna göre, yenilebilir böceklerin besin güvenliği yönleriyle ilgili çalışmaların sınırlı kaldığı belirtilmiştir. Böcekler besin açısından zengin olduklarından, patojenik mikroorganizmaların hayatta kalması ve/veya büyümesi için mükemmel koşulları yaratabildikleri ancak ısı işlemi gibi gıda işleme ve uygun depolama ile bu risklerin ortadan kaldırılabileceği de belirtilmiştir (Van Der Spiegel ve ark., 2013). Yapılan bir çalışmada *Oryctes monocerus* larvalarında tüketiciler için risk oluşturabilecek *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas eruginosa* ve *Bacillus cereus* gibi patojen bakteriler saptanmıştır (Banjo ve ark., 2006). Bu kontaminasyonun, uygun olmayan işleme, perakende satış ve satın alma sırasında taşıma veya havaya maruz kalma nedeniyle olabileceği belirtilmiştir. Toksikojenik bakterilerle kontamine olan böceklerin tüketilmesi tüketiciler için risk oluşturabileceğinden, kısmen kurutulmuş ve kızartılmış kurtçukların perakendecilerinin patojenleri ortadan kaldırmak için ürünlerin uygun şekilde ısıtılmalarının sağlanması tavsiye edilmiştir (FAO, 2013). Afrika'da yaygın bir uygulama olan güneşte kurutma, bazı mikroorganizmaları önlemekte ve nörotoksinler gibi zararlı bileşikleri ortadan kaldırmaktadır. Kurutulmuş böceklerin 30 dakika kaynatılması, bakterileri, mayaları ve küfleri öldürmenin güvenli bir yolu olduğu belirtilmektedir (Grabowski ve Klein, 2017). Böceklerin işlemden geçirilmesi, böceklerin alerjenitesini artırmada veya azaltmada rol oynayabilmektedir (Phiriyangkul ve ark., 2015). Alerji, potansiyel olarak yaşamı tehdit eden bir durumdur ve entomofaji uygulaması veya sadece böcek ürünleriyle temas düşünüldüğünde büyük bir risk olarak görülmektedir (de Carvalho ve ark., 2020). Genellikle cırcır böceği, çekirge, bambu kurdu, ipekböceği pupası, sebze kurdu, mopan kurdu ve sago solucanı gibi yenilebilir böceklerin tüketimi yaşamı tehdit eden alerjik reaksiyonlara neden olabilmektedir (Ayensu ve ark., 2018). Böceklere karşı alerjik reaksiyonlar üzerine yapılan çalışmaların çoğu, böcek yetiştiriciliğindeki maruziyetten, solunum yoluyla veya böceklerle doğrudan temastan ve hatta böcek ısırıkları veya sokmalarından kaynaklanan alerjiyi rapor etmektedir (van der Fels-Klerx ve ark., 2018). Böcek tüketiminin neden olduğu alerjik reaksiyonların semptomları, oral alerjiden kaşıntıya veya şişliklerden astıma, anafilaktik şoka kadar değişebilmektedir (Ji ve ark., 2009; Van Huis ve ark., 2013). Yapılan bir çalışmada *T. molitor*'dan solunan partiküllerin güçlü hassaslaştırıcılar olduğu ve astıma yol açabileceği, dolayısıyla *Tenebrionid* ailesi böceklerini potansiyel olarak önemli alerjenler haline getirdiği gözlenmiştir (Mlcek ve ark., 2014). Ayrıca alerjiler, diğer gıda ürünlerindeki ilgili proteinler arasındaki çapraz reaktivite yoluyla da gelişebilmektedir. Örneğin, deniz ürünleri alerjisi olan kişilerde, yenilebilir böceklerin tüketilmesinden sonra alerjik reaksiyonlar gelişebilmektedir (Van Der Spiegel ve ark., 2013). Besin

kaynağı olarak böceklere karşı alerji potansiyeli, eklembacaklıların (örn= Karides, ıstakoz, kerevit, toz akarları) yaygın alerjenlerinin (pan-alerjenler) varlığına dayanabilmektedir. Örneğin toz akarlarına veya karideslere alerjisi olan kişiler tarafından böcek tüketimi, çapraz reaktivite ile bağlantılı alerjik reaksiyonlara neden olabilmektedir. Bu sebeple paketlenmiş böcek ürünlerinin, tüketicilerin yenilebilir böcek ürünlerinin olası alerjenlerini bilmesi için ambalaj malzemesi üzerinde açıklanması tavsiye edilmektedir (van der Fels-Klerx ve ark., 2018).

6. Yenilebilir Böceklere Yönelik Tüketici Algısı, Kabulü ve Tercihi

Dünyadaki birçok kültür, böcekleri diyetlerinin normal bir parçası olarak tüketmektedir (de Carvalho ve ark., 2020). Sıklıkla tüketilen bazı böcek örnekleri çekirge, beyaz karınca ve ipekböceğidir (Raheem ve ark., 2019). Çekirge, kelebek ve böcek larvaları gibi yenilebilir böceklerin çoğu, çoğunlukla taze bitki yaprakları veya odunla beslenen otçullardır. Bu nedenle bazen kirli su sistemlerinden hasat edilen yengeç veya ıstakozlara göre daha hijyenik oldukları belirtilmektedir (Govorushko, 2019). Yenilebilir böcekler dünya uluslarının %80'inin tropik bölgelerde bulunduğu ülkeler tarafından tüketilmektedir. Bunun bir örneği, kanatlı termitlerin popüler bir yemek olduğu ve farklı şekillerde hazırlandığı Afrika, Gana'dır. Asya, Tayland'da yerel barlarda, biranın tuzlu tamamlayıcısı olarak kızarmış böcekler eşlik etmektedir. Avustralya, Okyanusya'da, aborjin diyetinin bir standardı olan böceklerin tadının bademden farkı olmadığı ve kavrulmuş yemek şeklinde tüketildiği belirtilmiştir. Meksika'da, sokakta *Taco Carts*, agave solucanı, *chapulines* (çekirge) ve *escamoles* (karınca yumurtası) satılmakta ve tüketilmektedir (Van Huis ve ark., 2013). Ancak böcek tüketiminin geleneksel olmadığı ülkelerde, böceklerle yemek hazırlama konusunda beceri ve kabul eksikliğinin de olduğu belirtilmektedir (Ruby ve Rozin, 2019).

Pek çok insan, böcekleri yiyecek olarak kullanma düşüncesinden tiksiniyor ve bu tutumun çocukluk çağlarından (genellikle 2-5 yaş) itibaren yerleşmiş olabileceği düşünülmektedir. Tiksiniş hissi, böcekleri yeme isteği üzerinde büyük bir olumsuz etki yaratmaktadır. Bu durum böcek ürünlerinin tadına bakılmadan reddedilmeleriyle sonuçlanmaktadır (Tan ve ark., 2016). Böcekleri denemekten iğrenme, tiksiniş veya tereddüt etme (neofobi) duygularının sebepleri olarak genellikle böceklerin kirli, zararlı, kişisel sağlık için tehlikeli ve tat açısından olumsuz olmasıyla ilişkilendirilmektedir (Orsi ve ark., 2019). Bazı insanlar böcekleri gıda olarak kabul etmeyi zorlaştıran yeni gıdalara (gıda nefobisi) karşı isteksiz davranmaktadır ve bazıları da bu tür gıdalardan tiksiniyor. Neofobi ve iğrenme, böceklerin besin veya besin kaynağı olarak kabul edilmesinin önündeki en büyük engellerden biri olmuştur (de Carvalho ve ark., 2020). Araştırmalar, neofobinin insanların böcek bazlı yiyecekleri yeme isteğini etkilediğini ve entomofaj durumunda tiksintiden söz edildiğini göstermektedir. Bunlarla birlikte böcek yeme alışkanlıkları sadece beslenme yönleriyle değil, aynı zamanda bölgedeki sosyo-kültürel uygulamalar ve dini inançlarla da yakından ilişkilendirilmektedir (Tan ve ark., 2016; Barbera, 2018). Caparros Megido ve ark., (2016)'nın yapmış olduğu bir çalışmada; katılımcılara entomofajiye ilişkin ne gibi önyargıları olduğu sorgulanmış ve

%13'ü “tiksinme” ve “mide bulandırıcı” şeklinde cevaplamıştır. Tan ve ark., (2015)'nin yaptığı çalışmada, iğrenme hissinin, böcek ürünlerinin daha önce tadına bile bakmadan algıyı güçlü bir şekilde etkilediği gözlemlenmiştir.

Yapılan çalışmalara göre erkeklerin böcekleri yemeye kadınlardan daha istekli olma eğiliminde oldukları bulunmuştur (Hartmann ve ark., 2015; Menozzi ve ark., 2017). Ayrıca böcekleri yemeye yönelik tutumlar ulusal farklılıkları da ortaya çıkarmıştır. Bu durumda böcek yemeye Amerikalıların Hintlilerden (Ruby ve Rozin, 2019), Çinlilerin Almanlardan daha istekli olduğu belirtilmiştir (Hartmann ve ark., 2015). Benzer şekilde İtalyan tüketicilerde de erkeklerin kadınlardan daha istekli olduğu gözlenmiştir. Böcek türlerine göre yeme isteklilik durumuna bakıldığında; cırcır böcekleri>arı larvaları ve çekirgeler> yemek kurtları ve ipek böcekleri> dev su böcekleri şeklinde sıralanmıştır. Ayrıca yapılan duyuşal değerlendirmede; düşük seviyede böcek görünürlüğü olan gıdaların tercih edildiği belirlenmiştir. Bunlarla birlikte böcek yemeyen bireylerin reddetme durumunun nedeni sorgulandığında ana faktörlerin “tiksinme” ve “gıda neofobisi” olduğu saptanmıştır (Tuccillo ve ark., 2020). Böcek tüketiminin Türkiye’de incelendiği bir çalışmada, gençlerin diğer çalışmalara benzer olarak cinsiyetten etkilendiği saptanmıştır. Fakat verilen çalışmaların aksine böcekleri yeme durumlarına göre kadınların erkeklerden daha istekli oldukları gözlenmiştir. Ayrıca bireylerin entomofajiyi reddetmelerinin en yaygın nedeninin “iğrenme” faktörü olduğu bulunmuştur (Yüksel ve Canhilal, 2018). Ruby ve Rozin (2019)'nin yapmış oldukları bir çalışmada her iki cinsiyet grubunda “tiksinme” tepkisi en belirgin tutumken, Amerikalılarda “faydaları”, Hintlilerde ise “dini inanç” yeme istekliliğini belirleyici faktör olarak takip etmiştir.

İnsan gıdası olarak böceklere odaklanan çoğu çalışma, böcekleri yemeye ilişkin daha önceki deneyimlerini, entomofajinin kabul edilmesinde önemli bir faktör olarak tanımlamıştır (Verbeke, 2015; Tan ve ark., 2015; Caparros Megido ve ark., 2016; Orsi ve ark., 2019). Ayrıca tüketicileri böcek yemeye ikna etmek için çeşitli stratejiler önerilmiştir (Verneau ve ark., 2016). Bu stratejilerde çevresel faydaları vurgulamak (eğitim kampanyaları gibi) bazı tüketicilere çekici gelebilmektedir, ancak duyuşal özelliklerin (yem seçimi ve pişirme teknikleri) ön koşul olduğu da vurgulanmıştır. Besinsel olarak, yaygın et ürünleriyle rekabet edebilir düzeyde olmasına rağmen sağlık yararlarından bahsetmek daha inandırıcı olabilmektedir. Psikolojik faktörlerin kesinlikle bir rolü olduğunu ve bu kategori içerisinde; böcek ziyafetleri düzenlemenin, ön tatma ve tatma sonrası bilgi sağlamanın, tanıdık gıda ürünlerinde böcekleri (işlenmiş böcek ürünleri; böcek unu ile yapılmış kurabiye) gizlemenin, rol modelleri kullanımının, besin güvenliğini vurgulamanın ve adlandırmanın (yemek kurdu gibi kelimelerden kaçınmak) bir etkisi olduğu kanıtlanmıştır. Ayrıca böcek ürünlerinin tasarımı (iştah açıcı çağrışımlar; toprağın karidesi, süper food) bir strateji olarak da öne çıkarılmıştır (Verneau ve ark., 2016; Kauppi ve ark., 2019; de Carvalho ve ark., 2020; Van Huis, 2020).

Böcek bazlı ürünlerin tasarımında, besin maddeleriyle birlikte biyoaktif bileşenlerin tutulmasını aynı zamanda insanları bu kaynağa alıştırtılmasını ve bu konudaki algılarının değiştirilmesi hedeflenmektedir. Daha sonra insanlar için özel olarak böcek gıdalarının kullanımı ve manipülasyonu

gerekmektedir. Uygun gıda formülasyonları ve süreçleri, belirli tatlar/dokular yaratarak böcek gıdalarının tüketici diyetlerine dahil edilmesini kolaylaştırabilmektedir (Sun-Waterhouse ve ark., 2016). Gerçek piyasada böcekler gıda bileşenleri olarak; yemek kurdu/kriket tozları, kavrulmuş terbiyeli yemek kurdu/cırcır böcekleri, deniz tuzu ve biberle hazırlanan yemek kurtları veya ballı hardal ve acı kireç ile şekerleme şeklinde bulunabilmektedir. Bunlarla birlikte böcekler lolipoplar, aroma çubukları gibi hazır/işlenmiş ürünlerde, çikolata ile karıştırılmış granolada ve hatta bisküvi ve krakerlerde de bulunabilmektedir (de Carvalho ve ark., 2020).

7. Sonuç

Küresel toplumun karşı karşıya kaldığı önemli sorulardan biri yetersiz beslenmedir. Bununla birlikte; dünya nüfusu arttıkça, insanoğlunun gıda ve beslenmeye, özellikle hayvansal proteine yönelik talepleri ve ihtiyaçları da artmaktadır. Entomofaji, yeni bir besin kaynağı olarak yetersiz beslenmeyle mücadelede önemli bir yere sahiptir. Böceklerin kullanımı, birçok çevresel ve besinsel avantajlara sahip ve sürdürülebilir bir hayvansal protein kaynağı olduğundan, son zamanlarda özellikle Avrupa'da büyük ilgi görmektedir. Bu ilginin ana nedeni, böceklerin çoğunun düşük ekonomik ve çevresel maliyetlerle yetiştirilebilmesi ve insanların çoğu besin taleplerini karşılayabilmesidir.

Yenilebilir böceklerin geniş bir yelpazesi, insan tüketimine uygundur. Fakat böceklerin insan diyetlerine dahil edilmesi için üretim ve işleme yöntemleri ile güvenlik ve beslenme standartları geliştirmeleri kritik öneme sahiptir. Tüm gıdalarda olduğu gibi, böceklerde de biyolojik, kimyasal ve allerjenik risk olasılığı dikkate alınmalıdır. Bu risklere rağmen böcekler, hem hayvanlar hem de insanlar için önemli ölçüde daha küçük çevresel ayak izine sahip besleyici bir diyet olma potansiyeli ile gelecekteki gıda ihtiyaçları için umut vericidir. Bunlarla birlikte yenilebilir böcekler, insan gıdası için sürdürülebilir alternatif bir protein kaynağı olarak düşük sera gazı emisyonları, yüksek yem dönüştürme verimliliği, düşük arazi kullanımı ve yüksek değerli protein ürünlerine dönüştürme yetenekleri açısından da ilgi çekici duruma gelmiştir.

Yenilebilir böcekler, özellikle Batı dünyasında tüketiciler açısından önemli bir sorun oluşturmaktadır. Yenilebilir böceklerin tüketiciler tarafından olumsuz bakış açısı göz önünde bulundurularak işlenmesi ve lezzetli yemeklere dönüştürülmesi, bu bağlamda; böcek tüketimini teşvik etmek için bir dizi stratejinin uygulanması oldukça önem arz etmektedir.

Yapılan in vitro ve in vivo hayvan çalışmalarının bulgularına dayanarak, böcek tüketiminin metabolik problemler ve bağışıklık fonksiyonları için potansiyel olarak sağlığı geliştirici etkileri ileri sürülmüştür. Ancak hassas kişilerde alerjik reaksiyonları önlemek için dikkatli olunması gerektiği de belirtilmiştir. Bununla birlikte, böceklerin alımını takiben insanlarda ortaya çıkan sağlık sonuçlarını değerlendiren çalışmalarda önemli bir eksiklik bulunmaktadır.

Sonuç olarak böcek tüketimine ilgi son yıllarda her ne kadar artmış olsa da Avrupa'daki toplam gıda alımına yönelik mevcut katkılar hala sınırlıdır. Ayrıca yenilebilir böceklerin besleyici özellikleri,

potansiyel sağlık etkileri, besin güvenliği boyutu ve ayrıca tüketicilerin algısı ve kabulüne yönelik bilimsel çalışmalara ve kontrollü insan müdahale denemelerine ihtiyaç bulunmaktadır.

ıkar atışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar atışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan zeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Kaynakça

- Ademolu K., Idowu AB. Nutritional value assessment of variegated grasshopper, *zonocerus variegatus* (L.) (Acridoidea: Pygomorphidae), during post-embryonic development. *African Entomology* 2010; 18, 360-364.
- Aguilar JGDS. An overview of lipids from insects. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 2021; 33, 101967.
- Ahn MY., Ryu KS., Lee YW., Kim YS. Cytotoxicity and L-amino acid oxidase activity of crude insect drugs. *Archives of Pharmacal Research* 2000; 23, 477-481.
- Anankware J., Fening K., Osekre E., Obeng-Ofori D. Insects as food and feed: A review. *International Journal of Agricultural Research and Review* 2015; 3, 143-152.
- ANSES. Opinion of the french agency for food. *Environmental and Occupational Health & Safety*. 2015. Access date, 02 March 2022. Retrieved from, <https://www.anses.fr/en/system/files/b10r1sk2014sa0153en.pdf>.
- Ayensu J., Annan R., Edusei A., Lutterodt H. Beyond nutrients, health effects of entomophagy: a systematic review. *Nutrition & Food Science* 2018; 49.
- Banjo A., Lawal O., Adeyemi A. The microbial fauna associated with the larvae of *oryctes monocerus*. *Journal of Applied Sciences Research* 2006; 2.
- Barbera F., Verneau F., Amato M., Grunert KG. Understanding Westerners' disgust for the eating of insects: The role of food neophobia and implicit associations. *Food Quality and Preference* 2018; 64, 120-25.
- Baş Aksoy A., Nehir El S. Geleceğin protein kaynağı yenilebilir böcekler. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology* 2021; 9(5): 887-96.
- Bauserman MS., Lokangaka A., Gado J., Close K., Wallace D., Kodondi KK., Bose CL. A cluster-randomized trial determining the efficacy of caterpillar cereal as a locally available and sustainable complementary food to prevent stunting and anaemia. *Public Health Nutrition* 2015; 18, 1785-92.
- Bednářová M. Possibilities of using insects as food in the czech republic dissertation. Thesis, Mendel University, Brno. 2013.

- Caparros Megido R., Gierts C., Blecker C., Brostaux Y., Haubruge É., Alabi T., Francis F. Consumer acceptance of insect-based alternative meat products in Western countries. *Food Quality and Preference* 2016; 52, 237-43.
- Cerritos R. Insects as food: an ecological, social and economical approach. *Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources* 2009; 4(27).
- Cito A., Botta M., Francardi V., Dreassi E. Insects as source of angiotensin converting enzyme inhibitory peptides. *Journal of Insects as Food and Feed* 2017; 3(4):231-240.
- de Carvalho NM., Madureira AR., Pintado ME. The potential of insects as food sources - a review. *Crit Rev Food Sci Nutr* 2020; 60(21): 3642-3652.
- de Castro RJS., Ohara A., Aguillar JG., Domingues MAF. Nutritional, functional and biological properties of insect proteins: Processes for obtaining, consumption and future challenges. *Trends in Food Science & Technology* 2018; 76: 82-89.
- Dai C., Ma H., Luo L., Yin X. Angiotensin I-converting enzyme (ACE) inhibitory peptide derived from *Tenebrio molitor* (L.) larva protein hydrolysate. *European Food Research and Technology* 2013; 236: 681-689.
- Di Mattia C., Battista N., Sacchetti G., Serafini M. Antioxidant activities in vitro of water and liposoluble extracts obtained by different species of edible insects and invertebrates. *Frontiers in Nutrition* 2019; 6.
- EFSA Scientific Committee. Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. *EFSA Journal* 2015; 13(10): 4257.
- Ersin M., Beyhan Y. Toplu beslenme sistemlerinde hijyen sanitasyonu sağlama önerileri. *TTB Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi* 2001; 2(8): 19-26.
- FAO. Edible insects future prospects for food and feed security. 2013. Access date, 02 March 2022. Retrieved from, <https://www.fao.org/3/i3253e/i3253e.pdf>.
- FAO. The future of food and agriculture – Trends and challenges. 2017. Access date, 02 March 2022. Retrieved from, <https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/a-i6583e.pdf>.
- FAO. Looking at edible insects from a food safety perspective. Challenges and Opportunities For The Sector. 2021 Access date, 02 March 2022. Retrieved from, <http://www.fao.org/3/cb4094en/cb4094en.pdf>.
- Finke MD. Complete nutrient content of three species of wild caught insects, pallid-winged grasshopper, rhinoceros beetles and white-lined sphinx moth. *J. Insects as Food Feed* 2015; 1(4): 281-292.
- Grabowski NT., Klein G. 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* 2017; 23(1): 17-23.
- Govorushko S. Global status of insects as food and feed source: A review. *Trends in Food Science & Technology* 2019; 91, 436-445.

- Guo Z., Döll K., Dastjerdi R., Karlovsky P., Dehne HW., Altincicek B. Effect of fungal colonization of wheat grains with fusarium spp. on food choice, weight gain and mortality of meal beetle larvae (*Tenebrio molitor*). *PLoS One* 2014; 9(6): e100112.
- Güneş E., Özkan M. Alternatif gıda kaynağı olarak yenilebilir böceklerin kullanımına dair bakış açılarının değerlendirilmesi (Evaluation of perspectives on the use of edible insects as an alternative food source). *Journal of Tourism and Gastronomy Studies* 2020; 8(2): 839-851.
- Haldhar SM., Thangjam R., Kadam V., Jakhar BL., Loganathan R., Singh KI., Rolania K., Singh S., Dhaka SR., Singh KM. A review on entomophagy: Natural food insects for ethnic and tribal communities of North-East India. *J. Environ. Biol.* 2021; 42: 1425-1432.
- Hartmann C., Shi J., Giusto A., Siegrist M. The psychology of eating insects: A cross-cultural comparison between Germany and China, *Food Quality and Preference* 2015; 44: 148-156.
- Hong KS., Yun SM., Cho JM., Lee DY., Ji SD., Son JG., Kim EH. Silkworm (*Bombyx mori*) powder supplementation alleviates alcoholic fatty liver disease in rats. *Journal of Functional Foods* 2018; 43: 29-36.
- Hou L., Shi Y., Zhai P., Le G. 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* 2007; 18(11): 1350-1357.
- Huis A. Conference on 'The future of animal products in the human diet : health and environmental concerns' Boyd Orr Lecture Edible insects are the future ? *Proceedings of The Nutrition Society* 2016; 1(3):1-12.
- Ji K., Chen J., Li M., Liu Z., Wang C., Zhan Z., Xia Q. Anaphylactic shock and lethal anaphylaxis caused by food consumption in China. *Trends in Food Science & Technology* 2009; 20(5): 227-231.
- Kauppi SM., Pettersen IN., Boks C. Consumer acceptance of edible insects and design interventions as adoption strategy. *International Journal of Food Design* 2019; 4(1):39-62.
- Kaymaz E., Ulema Ş. Yenilebilir böceklerin menülerde kullanılması üzerine bir araştırma-Kapadokya örneği. *Journal of Travel and Tourism Research* 2020; 14, 46-64.
- Klunder HC., Wolkers-Rooijackers J., Korpela JM., Nout MJR. Microbiological aspects of processing and storage of edible insects. *Food Control* 2012; 26(2): 628-631.
- Konyole S., Kinyuru J., Owuor B., Kenji G., Onyango C., Estambale B., Owino V. Acceptability of amaranth grain-based nutritious complementary foods with dagaa fish (*Rastrineobola argentea*) and edible termites (*Macrotermes subhylanus*) compared to corn soy blend plus among young children/mothers dyads in Western Kenya. *Journal of Food Research* 2012; 1(3).
- Kouřimská L., Adámková A. Nutritional and sensory quality of edible insects. *NFS Journal* 2016; 4: 22-26.

- Kowalczewski PŁ., Walkowiak K., Masewicz Ł., Bartczak O., Lewandowicz J., Kubiak P., Baranowska HM. Gluten-Free Bread with Cricket Powder—Mechanical Properties and Molecular Water Dynamics in Dough and Ready Product. *Foods* 2019; 8(7):240.
- Lange K., Nakamura Y. Edible insects as a source of food bioactives and their potential health effects. *Journal of Food Bioactives* 2021; 14:4-9.
- Lategan A. An assessment of the potential of edible insect consumption in reducing human nutritional deficiencies in South Africa while considering food and nutrition security aspects. Masters's Thesis, Stellenbosch University, Stellenbosch, South Africa, 2019.
- Lee KP., Simpson SJ., Wilson K. Dietary protein quality influences melanization and immune function in an insect. *Functional Ecology* 2008; 22, 1052-61.
- Looy H., Dunkel FV., Wood JR. How then shall we eat? Insect-eating attitudes and sustainable foodways. *Agric Hum Values* 2014; 31, 131-141.
- Menzio D., Sogari G., Veneziani M., Simoni E., Mora C. Eating novel foods: an application of the theory of planned behaviour to predict the consumption of an insect-based product. *Food Quality and Preference* 2017; 59, 27-34.
- Mentang F., Maita M., Ushio H., Ohshima T. Efficacy of silkworm (*Bombyx mori* L.) chrysalis oil as a lipid source in adult Wistar rats. *Food Chemistry* 2011; 127(3): 899-904.
- Michaelsen KF., Hoppe C., Roos N., Kaestel P., Stougaard M., Lauritzen L., Friis H. Choice of foods and ingredients for moderately malnourished children 6 months to 5 years of age. *Food and Nutrition Bulletin* 2009; 30(3): 343-404.
- Mlcek J., Rop O., Borkovcová M., Bednářová M., A comprehensive look at the possibilities of edible insects as food in Europe – A review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* 2014; 64(3): 147–157.
- Muslu M. Sağlığın geliştirilmesi ve sürdürülebilir beslenme için alternatif bir kaynak yenilebilir böcekler / An alternative source for improvement of health and sustainable nutrition: edible insects, *Gıda / The Journal Of Food* 2020; 45, 1009-1018.
- Navarro Del Hierro J., Gutiérrez-Docio A., Otero P., Reglero G., Martin D. Characterization, antioxidant activity, and inhibitory effect on pancreatic lipase of extracts from the edible insects *Acheta domesticus* and *Tenebrio molitor*. *Food Chem* 2020; 309, 125742.
- Nguyen P., Kim KY., Kim AY., Kim NS., Kweon H., Ji SD., Koh YH. Increased healthspan and resistance to Parkinson's disease in *Drosophila* by boiled and freeze-dried mature silk worm larval powder. *Journal of Asia Pacific Entomology* 2016; 19(2): 551-561.
- Nowak V., Persijn D., Rittenschober D., Charrondiere UR. Review of food composition data for edible insects. *Food Chem* 2016; 193, 39-46.
- Ogbuagu MN., Emodi NV. Fatty acid and amino acid compositions of the larva of oil palm weevil (*Rhyncophorous Ferrugineus*). *Elixir Appl. Chem* 2014; 67, 21560-25164.

- Ordoñez-Araque R., Egas-Montenegro E. Edible insects: A food alternative for the sustainable development of the planet. *International Journal of Gastronomy and Food Science* 2021; 23, 100304.
- Orkusz A. Edible insects versus meat—nutritional comparison: Knowledge of their composition is the key to good health. *Nutrients* 2021; 13(4): 1207.
- Orsi L., Voegel LL., Stranieri S. Eating edible insects as sustainable food? Exploring the determinants of consumer acceptance in Germany. *Food Res Int* 2019; 125, 108573.
- Paoletti MG., Buscardo E., Vanderjagt DJ., Pastuszyn A., Pizzoferrato L., Huang YS., Cerda H. Nutrient content of termites (*Syntermes soldiers*) consumed by Makiritare Amerindians of the Alto Orinoco of Venezuela *Ecology of Food and Nutrition* 2003; 42(2): 177-191.
- Payne CLR., Scarborough P., Rayner M., Nonaka K. A systematic review of nutrient composition data available for twelve commercially available edible insects, and comparison with reference values. *Trends in Food Science & Technology* 2016; 47, 69-77.
- Pettit GR., Meng Y., Herald DL., Knight JC., Day JF. Antineoplastic agents. 553. The Texas grasshopper *brachystola magna*. *Journal of Natural Products* 2005; 68(8): 1256-1258.
- Phiriyangkul P., Srinroch C., Srisomsap C., Chokchaichamnankit D., Punyarit P. Effect of food thermal processing on allergenicity proteins in bombay locust (*Patanga Succincta*). *International Journal of Food Engineering* 2015; 1, 23-8.
- Pippinato L., Gasco L., Di Vita G., Mancuso T. Current scenario in the European edible-insect industry: a preliminary study. *Journal of Insects as Food and Feed* 2020; 6(4): 371-381.
- Raheem D., Raposo A., Oluwole OB., Nieuwland M., Saraiva A., Carrascosa C. Entomophagy: Nutritional, ecological, safety and legislation aspects. *Food Research International* 2019; 126, 108672.
- Ramos-Elorduy J. Energy Supplied by Edible Insects from Mexico and their Nutritional and Ecological Importance. *Ecology of Food and Nutrition* 2008; 47(3): 280-297.
- Research and Markets. Global \$7.95Bn edible insects market by 2030: Analysis by Product Type & Application - ResearchAndMarkets.com. 2019. Access date, 02 March 2022. Retrieved from, https://www.researchandmarkets.com/research/xrqhr7/7_95_billion?w=12.
- Ruby MB., Rozin P. Disgust, sushi consumption, and other predictors of acceptance of insects as food by Americans and Indians. *Food Quality and Preference* 2019; 74, 155-162.
- Rumpold BA., Schlüter OK. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition & Food Research* 2013; 57(5): 802-823.
- Seo M., Goo TW., Chung MY., Baek M., Hwang JS., Kim MA., Yun EY. *Tenebrio molitor* Larvae Inhibit Adipogenesis through AMPK and MAPKs Signaling in 3T3-L1 Adipocytes and Obesity in High-Fat Diet-Induced Obese Mice. *International Journal of Molecular Sciences* 2017; 18(3): 518.

- Sirimungkararat S., Saksirirat W., Nopparat T., Natongkham A. Edible products from eri and mulberry silkworms in Thailand In P. B. Durst, D. V. Johnson, R. L. Leslie, & K. Shono (Eds.), *Forest insects as food: humans bite back, proceedings of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for development* (pp. 189-200). Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok: FAO. 2010.
- Skau JK., Touch B., Chhoun C., Chea M., Unni US., Makurat J., Roos N. Effects of animal source food and micronutrient fortification in complementary food products on body composition, iron status, and linear growth: a randomized trial in Cambodia. *Am J Clin Nutr* 2015; 101(4): 742-751.
- Slocinska M., Marciniak P., Rosinski G. Insects Antiviral and Anticancer Peptides: New Leads for the Future? *Protein and peptide letters* 2008; 15, 578-585.
- Staljanssens D., Van Camp J., Herregods G., Dhaenens M., Deforce D., Van de Voorde J., Smagghe G. Antihypertensive effect of insect cells: in vitro and in vivo evaluation. *Peptides* 2011; 32: 526-530.
- Stone AK., Tanaka T., Nickerson MT. Protein quality and physicochemical properties of commercial cricket and mealworm powders. *J Food Sci Technol* 2019; 56(7): 3355-3363.
- Stull VJ., Finer E., Bergmans RS., Febvre HP., Longhurst C., Manter DK., Weir TL. Impact of edible cricket consumption on gut microbiota in healthy adults, a double-blind, randomized crossover trial. *Scientific Reports* 2018; 8(1): 10762.
- Sun-Waterhouse D., Waterhouse GIN., You L., Zhang J., Liu Y., Ma L., Dong Y. Transforming insect biomass into consumer wellness foods: A review. *Food Research International* 2016; 89(1): 129-151.
- Tan HSG., Fischer ARH., Tinchan P., Stieger M., Steenbekkers LPA., van Trijp H CM. Insects as food: Exploring cultural exposure and individual experience as determinants of acceptance. *Food Quality and Preference* 2015; 42, 78-89.
- Tan HSG, Fischer ARH, van Trijp HCM, Stieger M. Tasty but nasty? Exploring the role of sensory-liking and food appropriateness in the willingness to eat unusual novel foods like insects. *Food Quality and Preference* 2016; 48, 293-302.
- Tuccillo F., Marino MG., Torri L. Italian consumers' attitudes towards entomophagy: Influence of human factors and properties of insects and insect-based food. *Food Research International* 2020; 137, 109619.
- Van der Fels-Klerx HJ., Camenzuli L., Belluco S., Meijer N., Ricci A. Food safety issues related to uses of insects for feeds and foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 2018; 17(5): 1172-1183.
- Van Der Spiegel M., Noordam MY., van der Fels-Klerx HJ. 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* 2013; 12(6): 662-678.
- Van Huis A. Edible insects are the future? *Proc Nutr Soc* 2016;75(3):294-305.
- Van Huis A. Nutrition and health of edible insects. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2020; 23(3): 228-231.
- Van Huis A., van Itterbeeck J., Klunder HC., Mertens E., Halloran A., Muir G., Vantomme P. Edible insects–future prospects for food and feed security. 2013. Access date, 02 March 2022. Retrieved from, www.fao.org/docrep/018/i3253e/i3253e.pdf.
- Verbeke W. Profiling consumers who are ready to adopt insects as a meat substitute in a Western society. *Food Quality and Preference* 2015; 39, 147-155.
- Vercruyssen L., Smagghe G., Herregods G., Van Camp J. ACE inhibitory activity in enzymatic hydrolysates of insect protein. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 2005; 53: 5207-5211.
- Verneau F., La Barbera F., Kolle S., Amato M., Del Giudice T., Grunert K. The effect of communication and implicit associations on consuming insects: An experiment in Denmark and Italy. *Appetite* 2016; 106, 30-36.
- WHO. Protein and amino acid requirements in human nutrition: report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation. 2007. Access date, 02 March 2022. Retrieved from, http://whqlibdoc.who.int/trs/who_trs_935_eng.pdf.
- Xia Z., Chen J., Wu S. Hypolipidemic activity of the chitooligosaccharides from *Clanis bilineata* (Lepidoptera), an edible insect. *International Journal of Biological Macromolecules* 2013; 59, 96-98.
- Yüksel E., Canhilal R. A survey of public opinion about entomophagy in erciyes university. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi* 2018; 4(2): 203-208.