



İN SAN GIDAS I OLARAK BÖCEK PROTEİNLERİ TÜKETİMİ VE GETİRDİĞİ SORUNLAR

Mehmet DEMİRCİ^{1*} Hasan YETİM^{1,2}

¹*İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye*

²*İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Helal Gıda Ar-Ge Merkezi, İstanbul, Türkiye*

MAKALE BİLGİSİ

Geliş tarihi: 10 Aralık 2021
Düzeltilme tarihi: 21 Aralık 2021
Kabul tarihi: 22 Aralık 2021

Anahtar Kelimeler: Böcek proteini,
 entomofaji, aminoasitler,
 alerjenler, helal.

Keywords: Insect-based proteins,
 entomophagy, amino acids,
 allergens, halal.

ÖZET

Alınan tedbirlere rağmen hızla artan dünya nüfusu, endüstri ve insan kaynaklı çevre kirliliği ve küresel ısınma, tarım arazileri ve temiz su kaynaklarını azaltmakta ve yeterli gıda dolayısıyla da protein üretimini zorlaştırmaktadır. Proteinler, beslenme için gerekli ve büyük bölümü bitkisel veya hayvansal kaynaklardan karşılanan, vücutta hayati öneme sahip besin öğeleridir. Dünya nüfusunun 2050 yılına kadar 9 milyara ve mevcut gıda ihtiyacının da iki katına çıkması beklenmektedir. Paralelinde 2050 yılında proteinlerin ana kaynaklarından olan et tüketiminin de ortalama 49 kg/kişi olması beklenmekte ve mevcut üretimle kıyaslandığında bunun %40 oranında bir artışa karşılık geldiği hesaplanmaktadır. Elverişsiz hale gelen tarım arazileri ve kirlenilen temiz su kaynakları; büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanlarının beslenmesini, dolayısı ile de yeterli miktarda hayvansal gıda üretimini gün geçtikçe zorlaştırmaktadır. Ayrıca, büyükbaş hayvanların neden olduğu karbondioksit ve metan gazı salınımının küresel ısınmayı tetiklediği gerçeği, akademik ve endüstri çevrelerini alternatif protein kaynakları bulmaya yönlendirmiştir. Yapay et, mikrobiyal ve böcek proteinleri, et ve et ürünlerinden karşılanan proteinlere alternatif olabilme potansiyeli ile gıda sektörünün ilgi alanına girmiştir. Örneğin, böcek tüketimi, entomofaji, bazı Asya, Afrika ve Güney Amerika ülkelerinde 2000 kadar farklı böceklerle gerçekleştirilen geleneksel bir beslenme yöntemidir. Tüketilen böceklerin çoğunu da kın kanatlılar, kelebek ve tırtıllar, cırcır böceği, çekirge, arı, karınca vb. haşerat oluşturmaktadır. FAO tarafından besin kıtlığına çare olarak gösterilen çiftlikte böcek üretimi ve tüketiminin en büyük dezavantajı, iğrenme veya tiksinti kaynaklı nedenlerle bunların kabul edilebilirliklerinin düşük olmasıdır. Ayrıca, böcek proteinlerinin tüketimi ile ortaya çıkan başta alerji olmak üzere biyolojik ve kimyasal kaynaklı pek çok sağlık sorunu da bulunmaktadır. Bazı istisnaları olmakla birlikte genel olarak insanlar sağlık, dini ve etik kaygılarla böcek tüketimine karşı mesafeli durmaktadırlar. Bu makalede, böcek tüketiminin tarihsel gelişimi ve mevcut durumu ile böceklerin çiftlikte üretimi, işlenmesi, elde edilen proteinlerin insan sağlığı ve beslenmesine etkileri yanında sürecin, teknik ve sosyokültürel boyutlarına işaret edilmiştir.

***Sorumlu Yazar:** Mehmet DEMİRCİ, E-mail: mehmet.demirci@izu.edu.tr **Orcid:** <https://orcid.org/0000-0002-4394-9852>
 Hasan YETİM **Orcid:** <https://orcid.org/0000-0002-5388-5856>

CONSUMPTION AND CONCERNS FOR INSECT PROTEINS AS HUMAN FOOD**ABSTRACT**

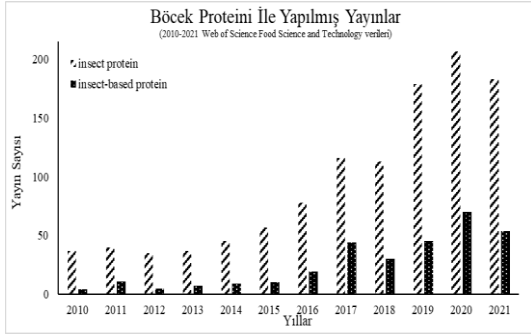
Despite the measures taken for the rapidly growing world population, industry and human-induced environmental pollution and global warming reduce agricultural lands and clean water resources that make it difficult to produce sufficient food and protein. Proteins are vital nutrients for the body, which are essential for nutrition and other metabolic activities, that are mostly obtained from plant or animal sources. It is expected that the world population will reach 9 billion by 2050 and the current food needs will be doubled. In parallel, the consumption of meat, which is one of the main sources of animal proteins, is expected to reach an average of 49 kg/person in 2050, and it is calculated that this corresponds to an increase of 40% when compared to the current production. Unsuitable agricultural lands and polluted clean water resources makes it difficult to raise cattle, sheep and poultry, and thereby to produce sufficient amount animal-based food. In addition, the fact that carbon dioxide and methane emissions caused by cattle trigger global warming has led academic and industrial circles to find alternative protein sources. Artificial meat, microbial and insect proteins have gained interest in the food industry with a potential of being an alternative to the proteins obtained from meat and meat products. For example, insect consumption, entomophagy, is a traditional feeding practice in some Asian, African and South American countries with as many as 2000 different insects. Most of the insects used for this purpose are beetles, butterflies and caterpillars, crickets, grasshoppers, bees, ants, etc. The biggest disadvantage of on-farm insect production and consumption, which has been proposed by the FAO as a remedy for food shortages, is that their acceptance is difficult due to the yuk factor/disgust for normal consumers. In addition, there are many biological and chemical health problems related with insect consumption, especially allergies, which occur with the consumption of their proteins. Although there have been some exceptions, people generally stay away from insect consumption due to health, religious and ethical concerns. In this article, the historical development and current situation of insect consumption, farm production and processing of their proteins, and the effects of these proteins on human health and nutrition, as well as the technical and socio-cultural dimensions of the process are discussed.

1. Giriş

Dünya nüfusunun 2050 yılına kadar 9 milyara ulaşması ve bu nüfus artışına paralel mevcut gıda üretimi ihtiyacının da iki katına çıkması beklenmektedir (Kim ve ark., 2019a; Belluco ve ark., 2013). Bu yüzden bazı çevrelerde alternatif protein arayışlarının gerekli olduğu dillendirilmektedir. Çünkü nüfus artışı ve küresel ısınma ile birlikte tarım yapılabilecek araziler ve temiz su temini daha da zorlaşacak ve bu da artan nüfusun ihtiyacı olan gıda teminini olumsuz etkileyecektir. Özellikle 2050 yılında küresel et tüketiminin kişi başına ortalama 49 kg olması beklenmektedir. Şöyle

ki, 2018 yılı toplam üretim miktarı ile kıyaslandığında bu değerin %40 artışa karşılık geldiği hesaplanmaktadır (de Souza-Vilela ve ark., 2019). İşte çok hızlı bir şekilde artan hayvansal protein veya et talebi, üretici ve tüketicileri alternatif protein üretim kaynaklarına yöneltmektedir. Nitekim son yıllarda böcekler üzerinde yapılan bilimsel çalışma sayısının (Şekil 1) kayda değer bir biçimde artmış olması da gelecekte bu konuların daha fazla konuşulacağını göstermektedir.

Bahse konu alternatif protein arayışları ve bilimsel çalışmalar sonucunda da yapay et üretimi ve bazı böceklerin hayvansal protein kaynağı olarak değerlendirilmesi ko-



Şekil 1. 2010-2021 yılları arasında böcek proteini ile ilgili yapılmış bilimsel çalışmalar

nusunun tüm dünyada öne çıktığı anlaşılmaktadır. Örneğin, böceklerin besin kaynağı olarak tüketimi, entomofaji, başta Asya, Afrika ve Güney Amerika olmak üzere birçok ülkede 2 milyara yakın insanın zaten geleneksel olarak uyguladığı bir diyetdir (Meyer-Rochow ve ark., 2020). Dünyada yaklaşık 2000 kadar farklı böcek türü besin kaynağı olarak tüketilmekte ve bunların %31'ini kın kanatlılar (Coleoptera), %18'ini kelebek (Lepidoptera) ve tırtıllar, %14'ünü arı ve karıncalar ve %13' ünü de çekirge ve cırcır böcekleri oluşturmaktadır (FAO, 2013; van Huis et al., 2013).

Yüksek protein içeriği, üretim kolaylığı ve kayda değer derecedeki protein verimi ile çiftlikte böcek üretimi, Avrupa ve Amerika'da böcek protein endüstrisinin hızla gelişmesine neden olmuştur. Akademik camiada da böcek proteinlerine olan ilgi, endüstri ile paralel bir biçimde artmaktadır (Şekil 1). Örneğin, toplam piyasa değerinin 2023 yılına kadar 550 milyon dolara ulaşması beklenen böcek proteini üretim sektörüne, 2010 yıllarda Kore gibi bazı gelişmiş ülkeler de hızlı bir giriş yapmışlardır (Kim ve ark. 2019b). FAO tarafından sürekli dile getirilen besin kıtlığının giderilmesinde çıkış yollarından birisi olarak görülen böcek proteinlerinin en büyük dezavantajı, dünyanın her yerinde bunun insanlar tarafından kabulü-

nün çok kolay olmamasıdır. Ayrıca, böceklerin insan veya hayvan besini olarak tüketimini sınırlandıran bazı risk faktörlerinin gözden geçirilmesi de tartışılan konular arasındadır.

Proteinler, peptit bağları ile bağlanmış amino asit zincirlerinden meydana gelen ve vücuttaki hemen hemen her metabolik süreçte yer alan makro-moleküllerdir. Ayrıca, proteinler başta büyüme ve gelişme, hücre, doku ve organların onarılması gibi hayati fonksiyonları olmakla birlikte enzimler, transmembran taşıyıcılar, hormonlar ve reseptörlerin yapısına katılırlar (Baum ve ark., 2020). Diyetle alınan proteinler, insan veya hayvan vücuduna ait gastrointestinal sistemde proteaz, peptidaz vb. enzimlerle parçalandıktan sonra amino asitler, dipeptitler ya da tripeptitlere dönüştürülür ve ince bağırsaklardan emilir. Bu nedenle diyet proteinlerinin yapısı ve içeriği, sindirilebilirlik katsayıları ve aminoasitlerinin nispi oranları, o proteinlerin besin değerinin belirleyicisi faktörlerdir (Wu, 2016; Watford & Wu, 2018). Proteinler, kuru madde bazında toplam vücut ağırlığının %75'ini oluşturan yapısal bileşenlerdir. Sağlıklı bir yaşam için gebelikten yaşlılığa kadar ömrün her anında gereklidirler. Proteinler ve diğer azotlu bileşikler, insan vücudunda sürekli olarak parçalanır ve yeniden sentezlenirler. Yani protein yapıtaşları olan amino asitler, enzimleri, hormonları, yağsız dokuları, bağışıklık proteinlerini, kas kütlesini, kemik matrisi vb. diğer temel bileşikler sentezlemek için yeniden kullanılırlar (Shang ve ark., 2018). Proteinler için Diyet Referans Alımı (DRI: Dietary Reference Intake) değeri 19 yaşından büyük bireyler için 0,80 g iyi protein/kg vücut ağırlığı-1/gün-1 olarak bildirilmektedir. Dünya Sağlık Örgütüne göre protein kalitesini vücut tarafından absorbe edilebilen ve kullanılabilen her bir amino asidin mik-

tarı ve oranı belirler (Phillips ve ark., 2015). Protein kalitesinin belirlenmesinde günümüzde Sindirilebilir Vazgeçilmez Amino Asit Skoru (DIAAS: Digestible Indispensable Amino Acid Score) adı verilen bir sistem kullanılmaktadır (FAO, 2013). Bu sisteme göre bitkisel kaynaklı proteinlerin sindirilebilirliği %80 ile %90 arasında değişirken bu değer, hayvansal kaynaklı proteinlerde yaklaşık %95'e ulaşmaktadır. Sindirim sonrası vücutta emilim miktarlarında da yine benzer bir farklılık gözlenmektedir (Mariotti, 2017). Bu yüzden hayvansal proteinlerin sağlıklı beslenmedeki yeri ve önemi tartışılmamaktadır.

Hayvansal proteinlerin önemi sebebi ile bu alanda üretim yapan sektör, küresel çapta et, süt ve yumurta tüketiminde yaşanan kaçınılmaz artışa paralel olarak mevcut tesislerini sürekli büyütme veya sayısını artırmak durumunda kalmaktadır. Sürekli artan talep karşısında da genellikle sürdürülebilir olmayan şartlar altında üretim yapılmakta ve böylece de pek çok çevresel soruna neden olmaktadır. Tüketicilerin et ve et ürünlerine olan ve gün geçtikçe artan talebinin karşılanması için alternatif protein kaynağı uygulamalara geçilmesi önerilmekte ve yapay et, böcek proteini ve et analogları gibi protein kaynaklarının etin yerine ikame edilmesi ve böylece hayvansal protein üretiminin sürdürülebilir kılınması düşünülmektedir (Candoğan ve Özdemir, 2021). Sonuç olarak bu makalede de hayvansal protein üretimi ve tüketimine esas olmak üzere dünyada böcek tüketiminin tarihsel gelişimi ve güncel durumu ile böceklerin çiftlikte üretimi, işlenmesi ve elde edilen proteinlerin insan sağlığı ve beslenmesine etkileri ele alınarak sürecin, teknik ve sosyokültürel boyutlarına işaretilmiştir.

2. Böcek Üretimi

Dünyada alternatif insan gıdası olarak yete-

rince değerlendirilemediği düşünölen böceklerle, altı ayaklı çiftlik hayvanı adı verilmekte ve bunların kurulacak özel çiftliklerde kolaylıkla üretilebileceği ifade edilmektedir. Doğada yüz binlerce böcek türü olmasına rağmen insan veya hayvan besleme amacıyla yetiştirilen, diğer bir ifade ile tarımı yapılan en yaygın böcek çeşitleri; cırcır böceği, hamam böceği, un kurdu, kın kanatlılar, karınca, çekirge, vb. böceklerdir. Böceklerin büyük ölçekli üretimi, günümüzde yaygın bir iş alanı olmayıp; üretimle ilgili bilgilerin diğer çiftlik hayvanları ile kıyaslandığında henüz çok ilkel bir düzeyde kaldığı görölmektedir (Ortiz ve ark. 2016). Günümüzde tüketilen böceklerin %92'si geleneksel yollarla doğadan toplanmakta, geri kalan kısmı ise endüstriyel üretimle karşılanmaktadır (Skotnicka ve ark., 2021). Örneğin, Tayland' da 20 bin adet yerel çekirge çiftliğinin bulunduğu bildirilmekte ve buralarda yıllık ortalama 7500 ton böcek üretimi yapılmaktadır. Benzer şekilde Meksika ve Kolombiya' da da çekirge ve un kurdu gibi farklı tür böcekler, bu amaçla kurulmuş çiftliklerde yetiştirilmektedir (Francuski & Beukeboom, 2020). ABD' de çekirge unu ile zenginleştirilmiş protein bar türü yiyecek ve kurabiyeler ile Hollanda' da un kurdu unu içeren burger, şnitzel ve nuggetler insan tüketimine sunulmaktadır (van Huis, 2016). Aşağıda bazı ölkelerde yaygın olarak tarımı yapılan bazı böcek çeşitlerinin, üretimi ve besinsel özellikleri hakkında kısa bir değerlendirme sunulmuştur.

2.1. Hamam Böceği

Dünyada en çok üretilen ve tüketilen böcek türlerinden birisi hamam böceğidir ve bunların yaklaşık 5.000 türünün bulunduğu bildirilmektedir. Hamam böcekleri, insanlar için zararlı haşere grubunda yer alır ve gıda veya yem üretimi amacıyla suni olarak çiftliklerde kolayca üretilebilen, vücudu

proteince zengin bir böcek çeşididir. Vücut büyüklerine göre değişmekle birlikte bunların yaklaşık olarak vücutlarının %52-54'  proteindir (Lam ve ark., 2018). Doğal olarak üreyerek çoğalmalarının yanında dünyanın çeşitli ülkelerinde, hatta Türkiye'de bile hamam böceklerinin dört önemli türünün bulunduğu ve tarımsal gelir amaçlı üreticiliğinin de yapıldığı bildirilmektedir (Anon. 2021b). Neredeyse yenilebilir her Őeyi yiye-bilen hamam böcekleri, daha az yağ ve yüksek protein içerikleri nedeniyle üretimleri, daha çok Uzakdoğu lkelerinde gerçekleştirilmektedir. Suni çiftliklerde kolayca yetiştirilebilen bu böceklerin sağlıklı bir yiyecek çeşidi olduğu iddia edilmektedir.

2.2. Un Kurdu

Un kurdu, tahıl ve tahıl ürünlerini birincil besin kaynağı olarak kullanan depolanmış tahılla ilgili zararlılar grubuna ait bir böcek türüdür (Sagu ve ark., 2021). Bunların larvalarının farklı evrelerdeki gelişim zellikleri Őöyledir; böceğin larva gelişme süresi, yetişkin larva ya da pupa olana kadar 45 ile 60 gün sürebilmektedir. Hasat için larvaların toplanması ve ayıklanması elekler yardımı ile gerçekleşmektedir. Larvalar pupa olduğu zaman buldukları ortamdan ayrılarak buğday kepeği olan yeni bir tepsiye nakledilir (Ortiz ve ark., 2016). Un kurdu, vücut dokularında yaklaşık %44-70 oranında kuru madde bulunan müthiş bir böcek proteini kaynağıdır (Hussain ve ark., 2017). Siemianowska ve çalışma arkadaşları tarafından 2013 yılında yapılan bir çalışmada taze larvaların kimyasal bileşiminin yaklaşık %56 oranında su, %18 protein ve %22 yağ içerdiği ve kurutulmuş larvaların protein ve yağ içeriğinin ise yaklaşık iki kat daha fazla olduğu bildirilmektedir (Siemianowska ve ark., 2013). Yüksek protein ve yağ içermeleri ve çok miktarda lif tüketmeleri nedeniyle un kurdu, insanlar için iyi bir

besin kaynağıdır (Park ve ark., 2014). Ayrıca bunların kolay üremesi ve minimum çevresel yükü sayesinde insanlık için tam teşekküllü bir protein ve yağ kaynağı olma potansiyeline sahip böcek türüdür (Admkov ve ark., 2017). Farklı kurt trlerinin ticari olarak üretimi, 1950 yılında ABD' de başlamıştır. İlk başlarda kuşyemi olarak üretilen bu kurtlar, günümüzde çiğ, kızarmış, kurutulmuş ya da toz formda olmak üzere insan tüketimi için de üretilmektedir. Kurtların retimi Çin'de daha yaygın olup her yıl binlerce ton un kurdu ürünleri ihracatı gerçekleştirilmektedir (Ortiz ve ark., 2016).

2.3. Çekirge

Çekirgeler, ucuz protein ve esansiyel amino asit kaynağı olarak günümüzde bazı grupların düzenli beslenmesi veya diyetinin bir parçası haline gelmiştir (Virginia ve ark., 2015). ekirgelerin yaklaşık 80 kadar farklı türünün yenilebilir özellikte olduğu bildirilmektedir (Kim ve ark., 2019a). Tüm dünyada yenilen çekirgeler, toplam yenilebilir böceklerin %13'n oluşturmaktadır. Vücut ağırlıklarının yaklaşık %76'sı protein olan çekirgelerin vücutlarında ayrıca, 8 mg/100g oranında demir bulunmaktadır ve bu değer, sığır etindeki demirden daha fazladır (Elhassan ve ark., 2019). Yüksek sindirilebilirliğe sahip proteinleri, kuru ağırlık üzerinden 800 g/kg'a ulaşabilir ve lizin ve lösin gibi esansiyel amino asitlerce de zengindir (Rumpold ve Schlüter, 2013). Çekirge retim iftliklerinin az yer istemesi, vücutlarının yüksek besin değerleri ile kitlesel büyüme yeteneğine sahip olması gibi faktörler göz önüne alındığında çekirgeler, alternatif protein kaynağı talebini karşılayabilecek bir böcek grubu olarak karşımıza çıkmaktadır (Haber ve ark., 2019).

3. Böcek Proteinleri ve Besinsel Özellikleri

Çiftlik hayvanlarında olduğu gibi böceklerin de yaşadıkları iklim koşulları, mevsimsel ya da coğrafik şartlar ve beslenme şekilleri gibi faktörler nedeni ile kimyasal kompozisyonlarında bazı değişikliklerin ortaya çıktığı gözlenmektedir. Böcek dokularının ana bileşenlerini protein ve yağlar oluştururken bünyelerinde karbonhidrat, lif, vitamin, mineral ve bazı azotlu bileşiklerin de bulunduğu bilimsel çalışmalarla ortaya konulmuştur (Rumpold ve Schlüter, 2013). Dünyada gıda olarak üretilen ya da doğadan toplanarak tüketilen böceklerin protein miktarları, genel olarak %35 ile %65 arasında değişmektedir. Örneğin, çekirgeler en yüksek oranda protein içeren böcekler iken en düşük protein oranının termitlerde olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, proteinlerinin sindirilebilirlik oranları, soya ve kazeinden daha iyi durumdadır. Dünya sağlık örgütü verilerine göre sinekler hariç diğer böceklerin, yetişkin bir insanın günlük aminoasit ihtiyacını [metionin (16 mg/g protein) ve metionin+sistein (22 mg/g protein)] rahatlıkla karşılayabildiği bildirilmiştir (Rumpold ve Schlüter, 2015). Ancak, bir başka çalışmada ise çekirge ve cırcır böceklerinde triptofanın, gübre böceği ve ipekböceğinde ise lizin ve lösin amino asitlerinin miktarının sınırlı olduğu rapor edilmiştir (Köhler ve ark., 2019).

4. Böcekten Protein Üretimi

Günümüzde gıda olarak tüketilen böceklerin büyük çoğunluğu, dışarıdan toplanmakta; haşlama, kavurma, kızartma ve güneşte kurutma gibi geleneksel yöntemlerle tüketime hazır hale getirilmektedir. Ancak doğadan toplanan böceklerde pestisit ve ağır metal kalıntılarına rastlanabileceği için gıda veya yem katkı maddesi olarak kullanılmaları riskli görülmektedir (Vijver ve

ark., 2003; Zagrobelny ve ark., 2009). Çiftliklerde endüstriyel olarak üretilecek böcekler ise özel sandık, kutu, tepsi veya özel kazanlar içerisinde yetiştirilmektedirler. Bu canlılar genelde hızlı büyürler ve nispeten de düşük bir bakım ihtiyacı gerektirirler. Ayrıca, bunlar organik atıklarla beslenebilir ve hızlı bir şekilde hasat olgunluğuna erişirler (Anon., 2021). Yine, endüstriyel üretimde benzer kalitede bir üretim yapılabilmesi için iyi bir otomasyon, sürekli proses sistemleri ve özel üretim bazı ekipmanlar kullanılmaktadır (Şekil 2). Bazen de seçilen böceklerin önce larva formları üretilmekte ve bu larvalar uygun koşullarda beslenerek yetişkin hale getirilmektedir. Daha sonra bu larvalar başka bir ortamda kurutulduktan sonra doğrudan pazarlanmakta ya da bunların protein veya yağ gibi önemli besin öğeleri izole/ekstrakte edilerek değerlendirilmektedir (Dossey ve ark., 2016). Örneğin, Güney Afrika'daki AgriProtein ile Amerika'daki Enviroflight ve Çin'deki HaoCheng Mealworms bu alanda faaliyet gösterdiği bilinen firmalar arasındadır. Yine böceklerin kitle üretiminin gerçekleştirildiği yerlerde hijyen ve sanitasyon önlemlerinin alınmaması durumunda tüm işletmede ciddi epidemik vakaların ortaya çıkabileceği de göz ardı edilmemelidir.

Avrupa ve Amerika'da doğrudan insan tüketiminden ziyade hayvan yemi olarak kullanılan böcekler, bir dizi işlemler sonucu besleyici değeri zengin hayvan yemlerine dönüştürülmektedirler. Özellikle tavuk yemlerinde kullanımı araştırılan böcek proteinlerinin (örneğin; sarı un kurdu) soya proteini yerine kullanıldığı takdirde, hayvanların büyüme hızı ve karkas kaliteleri olumlu yönde etkilenmiştir (Ramos-Elorduy ve ark., 2002). Benzer şekilde mısırsoya yemleri yerine hayvanlara verilen böcek proteinlerinin (kara sinek), etlik piliçlerde daha randımanlı yemler arasına girdiği

rapor edilmiştir (Hwangbo ve ark., 2009).



Şekil 2. Endüstriyel olarak böcek unundan proteini üretim aşamaları (Liceaga, 2021).

5. Böcek Tüketimi ve Sağlık

Dünyada böceklerin gıda veya katkı şeklinde tüketimi, diğeri bir deyişle *entomofaji*, başta Asya, Afrika ve Güney Amerika olmak üzere birçok ülkede geleneksel olarak günlük diyetin bir parçası olarak çok yaygındır. Ancak bunların insan veya hayvan beslenmesinde sağladığı avantajlar yanında tüketimini sınırlandıran bazı risk faktörlerinin de olduğu göz ardı edilmemelidir (Giaccone, 2005). Böcek proteini tüketiminin insan sağlığı üzerine etkileri dört ana başlık altında incelenmektedir, bunlar; **a)** mikrobiyal kontaminasyon, **b)** paraziter hastalıklar, **c)** alerjik reaksiyonlar ve **d)** intoksikasyon'dur. Böceklerde yer alan mikroorganizmaların, insan metabolizmasında nasıl bir yol izleyeceği veya yan etkilerinin ne olacağı henüz tam anlamı ile netlik kazanmamıştır. Bu nedenle konu üzerinde daha fazla bilimsel çalışmanın yapılması gerekmektedir. Çünkü böceklerin vücudunda doğal olarak çok çeşitli mikroorganizmalar yer almaktadır. Örneğin, *Enterokoklar*, *Streptokoklar* ve *Clostridium* gibi bakterilerin yanı sıra *Aspergillus*, *Alternaria* ve *Candida* gibi bazı küf ve maya türlerinin de bulunduğu bilinmektedir (Dematheis ve ark.,2012). Yine ticari değeri

olan dört farklı böcek türünde yapılan incelemelerde, *Salmonella* spp. and *Listeria monocytogenes* gibi önemli patojen bakteri türlerine rastlandığı rapor edilmiştir. Ek olarak böceklerin bağırsak mikrobiyotası toplam vücut ağırlıklarının %1-10'unu oluşturmaktadır ve tüketim öncesi bunun uzaklaştırılması da mümkün olmamaktadır (Douglas, 2015). Ancak böceklerde bulunan bu mikroorganizmaların insanlara geçtikten sonra neden oldukları herhangi bir olumsuzluk da bugüne kadar rapor edilmiştir (Schlüter ve ark., 2017; Yun ve ark., 2014). Yine böceklerde parazit varlığına ilişkin yapılan bazı çalışmalarda, hamam böceklerinde *Entamoeba histolytica* ve *Giardia lamblia* (Sehgal ve ark., 2002), ev sineklerinin tüketiminde miyaza neden olan *Megaselia scalaris* ve *Sarcophaga* spp. türleri (Graczyk ve ark., 2005) izole edilirken; Brezilya'da tripanozomiyaza neden olan bazı böceklerin de olduğu bildirilmiştir (Sarquis ve ark. 2010). Böcek proteinleri ile ilgili olarak bildirilen en dikkat çekici yan etki, insanlarda neden olduğu alerjik reaksiyonlardır (Ribeiro ve ark., 2018). Örneğin, böcek tüketiminin en yoğun olduğu yerlerden birisi olan Çin'de ölümcül anafilaksi ve anafilaktik şok sendromlarının %18 den fazlasının böcek tüketimi ile ilişkili olduğu bildirilmiştir. Genel olarak bu alerjik reaksiyonların, deri ile ilgili bazı sorunlar (örneğin; ürtiker, kaşıntı, döküntü, kızarma, anjiyo-ödem vb.) yanında çeşitli gastrointestinal sorunlara (örneğin; karın ağrısı, bulantı, kusma, ishal vb.) veya bazı solunum yolu bozukluklarına (örneğin; astım, dispne vb.) neden olduğu gözlenmiştir (de Gier & Verhoeckx, 2018). Ancak, bugüne kadar böceklerin vücudunda oluşup insana geçen bazı toksinlerin de herhangi bir olumsuz etki oluşturduğu rapor edilmiş olmasına rağmen bitki zararlıları için kullanılan tarım ilaçları kalıntısı gıda ola-

rak tüketilen böceklerde de bulunabilmektedir. Tüm dünyada genel olarak bitkisel üretimde kaçınılmaz olarak bazı tarım ilaçları kullanılmaktadır, bunlar da yalnızca asalak ve zararlıları değil, yararlı böcekler vb. canlıları da (arı, çekirge, karınca vb. böcekler, kuşlar, balıklar ve hatta onlarla beslenen diğer canlılar) yok etmekte ve onlar da zararlı pestisit veya ilaç kalıntısı olarak karşımıza çıkmaktadır (Altıkat ve ark., 2013). İşte böcek tüketimi ile ilgili dikkat çekilen en önemli olumsuzluklardan birisi de budur.

6. Entomofaji ve İslami/Etik Endişeler

Böcekler, eklem bacaklı, birleşik gözlü, antenleri olan ve dünyada en çok çeşide sahip bir hayvan grubudur. Böceklerin bir milyondan fazla türü olup bunların bilinen türlerin sayısının 6 ila 10 milyon arasında olduğu tahmin edilmektedir. Şöyle ki, yeryüzünde bilinen/görünen veya karada yaşayan hayvan formlarının yarısından fazlası böcektir. Genel olarak insanlar tarafından zararlı kabul edilen bu hayvanlarla ilgili dünyada ve özellikle İslam dünyasında herhangi bir görüş birliği yoktur. Örneğin, böceklerin gıda olarak kullanımı ile ilgili olarak İslam kaynaklarında yalnızca çekirge hakkında bilgi bulunmakta ve bu böceğin Peygamber Efendimiz (s.a.v) tarafından yasaklanmadığı, etinin helal olduğu bildirilmektedir. Bu yüzden çekirge, haşerat grubunda sayılmasına rağmen helallik açısından farklı bir konuma sahiptir (Boran, 2020). Örneğin, Arabistan'da İslam'ın kabulünden önce de çekirge tüketilmekteydi ve hatta beslenme yanında tıbbi olarak da kullanılmaktaydılar. Yine 'Çekirgeyi gördüğünde ilaçları at' şeklinde özlü sözleri bile bulunmaktadır. Arap yarımadasında çekirge tüketiminin yaygın olmasının yanında ilmi olarak da çekirgelerle ilgili birçok bilgi mevcuttu. Örneğin, bu böceğin

vücut özellikleri ve gelişim aşamaları biliniyordu (Tajudeen, 2020). İslam'ın kabulünden sonra Peygamber Efendimizin de (s.a.v.) iki ölü hayvanın eti size helaldir; bunlardan birisi balık, diğeri çekirgedir, sözü meşhurdur (İbn-i Mâce, Sayd 9). Yine, Abdullah İbn-i Ebî Evfâ (r.a) tarafından yapılan bir başka rivayette "Biz Rasûlullah ile 6-7 savaşa katıldık ve hep sinde de çekirge yedik" denilmektedir. Hanefi ve Hanbeli mezheplerine göre otlarla beslenen çekirgeler hariç her türlü haşeratın ve karada yaşayan diğer eklem bacaklıların tüketimi helal değildir.

Diğer taraftan böceklerin, proteince zengin, hızlı çoğalan, üretimi masrafsız ve çevreye daha az zararlı besin kaynakları arasında olduğu belirtilerek, böcek tüketiminin açlık ve çevre sorunları açısından etik bir sorumluluk olduğu belirtilmektedir. Burada elbette dünyadaki açlık sorununun, gıda yetersizliğinden kaynaklandığı ima edilmektedir. Ancak, dünyada görülen açlığın asıl nedeni, genel olarak tarımsal kaynakların ve dahi gıdanın adil paylaşılmamasıdır. GDO da benzer anlayışla gündeme getirildi fakat dünyadaki açlığa bir çözüm olmadı, çünkü dünyada üretilen gıda miktarı artsa da açlık çeken bölgelere ulaştırılmadığı sürece bu sorunun çözülemeyeceği bellidir. Şöyle ki, böcekler dünyada daha fazla tüketilse de yiyecekler, kâr getiren ticari bir meta olarak görüldüğü sürece açlık sorununu çözmeye kâfi gelmeyecektir (Kıbar, 2017).

Yine batı toplumlarında da böcek yeme fikri iğrenç bulunduğundan tüm böcek ve böcek ürünlerinin un haline getirilerek veya proteinleri, yağları, lifleri vb. ekstrakte edilerek farklı gıdalara katılması fikri de başlı başına etik bir sorun olarak değerlendirilmektedir. Böcek tüketmek istemeyen biri, böceklerden üretilen protein

veya yağların da diyetinde bulunmasını istemeyecektir. Ancak, bazı böcek ve diğerk böcek ürünlerinin hayvan yemi olarak kullanılması konusunun etik veya helallik açısından ilgili/yetkili otoritelerce ayrıca değerlendirilmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak, kara hayvanlarından haşerat sınıfına giren çekirge hakkında açık delil olması sebebiyle tüm mezheplerde yenilmesi helal olan bir böcek türü olmasına rağmen diğerk böcekler için bunu söylemek mümkün değildir. Örneğin; arı, karınca, cırcır böceği, sinek, gübre böceği, örümcek, akrep, ipek böceği, kelebek vb. canlılar habisten sayılmış olup Hanefi mezhebine göre tüketilmeleri asla helal değildir. Çünkü ayeti kerimede “O size çirkin olan şeyleri haram kılar” (A’raf/157) buyurulmaktadır, dolayısı ile de takva sahibi ve selim insanların kerih olan şeylerden uzak durması gerekmektedir. Etik açıdan ele alındığında da birilerinin dünya gıda yetersizliği veya açlık sorununa çözüm olarak, *böcek yiyin demesi* gayri-ahlaki ve aşağılayıcı bulunmaktadır.

7. Sonuç ve Öneriler

Dünya açlık sorunu ve çevresel problemlerin azaltılmasına yönelik olarak gündeme getirilen böcek tüketimi, yani **entomofaji**, bazı Asya, Afrika ve Güney Amerika ülkelerinde geleneksel olarak bilinen bir uygulamadır ve dünyada 2000 kadar böcek çeşidi besin olarak tüketilmektedir. Böcekler geleneksel olarak çiğ ve/veya pişirilmiş olarak tüketilmekte iken, konuya endüstrinin de dahil olması ile artık tozları, protein ve yağ ekstraktları gibi daha spesifik formları da üretilmekte ve katkı maddesi olarak farklı gıdalarda kullanılmaktadır. Bunların çoğunu da kın kanatlılar, kelebek ve tırtıllar, cırcır böceği, çekirge, arı, karınca vb. haşeratlar oluşturmaktadır. FAO tarafından besin kıtlığına çare olarak çiftlikte böcek

üretimi, son yıllarda üzerinde tartışılan ve pek çok girişimcinin konuya ticari olarak el attığı ve gıda veya yem katkısı olarak tüketiminin yaygınlaşması için çaba gösterdiği bir faaliyet alanıdır. Bu amaçla kurulmuş çiftliklerde farklı koşullarda, farklı besleme yöntemleri ile birçok çeşit böceğin üretimi gerçekleştirilmektedir. Besleyici özelliklerinin iyi olması, kolay üretilmesi ve maliyetinin düşük olması gibi nedenlerle ön plana çıkan böcek ve böcek bazlı ürünlerin bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Örneğin, böcek kaynaklı katkı içeren ürünlerin en büyük dezavantajı, bunların insanlar tarafından kolay kabul edilmemesidir. İnsanlarda iğrenme veya tiksinti duyguları dışında, böcek proteinleri tüketimi ile ortaya çıkan başta alerji olmak üzere sebep olduğu pek çok çeşitli sağlık sorunları da bulunmaktadır. Bir diğerk mesele ise Müslüman ülkelerdeki tüketicilerin durumu, dini ve etik açıdan endişe ile sorgulamalarıdır. Çünkü İslami açıdan böceklerin besin olarak tüketimi konusunda yalnızca çekirgeler ile ilgili görüşlere rastlanmaktadır. Bu da böcek ve böcek temelli ürünlerin tüketimi konusunda helallik ve etik ilkeler açısından tüketici bilincinin oluşturulmasına yönelik makul değerlendirmelerin hızla yapılması gereğini ortaya çıkarmaktadır. Çünkü, İslam kaynaklarında haşerat gurubunun haram olduğu ve sadece istisna olarak çekirgenin helal olduğu kabul edilmektedir. Bu bağlamda; arı, karınca, cırcır böceği, sinek, gübre böceği, örümcek, akrep, ipek böceği, kelebek vb. canlıların habis olduğu ve bu yüzden de tüketilmelerinin helal olmayacağı ifade edilmektedir. Sonuç olarak, dünyadaki gelişmeler çerçevesinde er ya da geç böcek katkılı gıdaların, gıda ham maddelerinin ya da kozmetik ürünlerinin hayatımıza gireceği gerçeğini görerek dini, ilmi, bilimsel ve endüstriyel çalışmaların bir an evvel yapılması ve bu hassas meselenin İslami açıdan

özme kavuşturulması konusunda gereken adımların atılması zamanı gelmiş ve hatta geçmektedir.

8. Kaynaklar

Adámková, A., Adámek, M., Mlek, J., Borkovcová, M., Bednářová, M., Kouřimská, L., ... & Vítová, E. (2017). Welfare of the mealworm (*Tenebrio molitor*) breeding with regard to nutrition value and food safety. *Potravinárstvo Slovak J. Food Sci.* 11 (1): 460–465.

Altıkát, A., Turan, T., Ekmekyapar Torun, F. ve Bingöl, Z. (2013). Türkiye’de Pestisit Kullanımı ve Çevreye Olan Etkileri. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 40 (2): 87-92.

Anon. (2021a). Ultrasonik ile Geliştirilmiş Böcek Protein Üretimi. <https://www.hielscher.com/tr/improved-insect-protein-production-with-ultrasonics.htm> [Erişim Tarihi 25.10.2021].

Anon. (2021b). Hamam Böceği Türleri. <https://www.bocekvar.com/pratik-bilgiler/hamam-bocegi-turleri-nelerdir/6> [Erişim Tarihi 02.11.2021].

Baum, J. I., Børshiem, E., Allman, B. R., & Walker, S. (2020). Health Benefits of Dietary Protein throughout the Life Cycle. In: *The Health Benefits of Foods-Current Knowledge and Further Development*, Salana, L. C., (Ed.), IntechOpen, London, pp. 1-17

Belluco, S., Losasso, C., Maggioletti, M., Alonzi, C. C., Paoletti, M. G., & Ricci, A. (2013). Edible insects in a food safety and nutritional perspective: a critical review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12 (3): 296-313.

Boran, M. (2020). Fıkıhta ekirgenin Hükümü. 6 (1): 259-278.

Candoğan, K. ve Özdemir, G. (2021). Sürdürülebilir et üretimi için yeniliki yaklaşımlar. *GIDA* 46 (2): 408-427.

de Gier, S. and Verhoeckx, K. (2018). Insect (food) allergy and allergens. *Molecular immunology*, 100: 82-106.

de Souza-Vilela, J., Andrew, N. R. and Ruhnke, I. (2019). Insect protein in animal nutrition. *Animal Production Science*, 59 (11): 2029-2036.

Dematheis, F., Kurtz, B., Vidal, S. and Smalla, K. (2012). Microbial communities associated with the larval gut and eggs of the western corn rootworm. *Plos One*. 7 (10): e44685.

Dossey, A. T., Morales-Ramos, J. A. and Rojas, M. G. (Eds.). (2016). *Insects as sustainable food ingredients: production, processing, and food applications*. Academic Press, pp 385.

Douglas, A. E. (2015). Multiorganismal insects: diversity and function of resident microorganisms. *Annual Review of Entomology*, 60: 17-34.

Elhassan, M., Wendin, K., Olsson, V., & Langton, M. (2019). Quality aspects of insects as food-nutritional, sensory, and related concepts. *Foods*, 8 (3): 95.

Francuski, L., & Beukeboom, L. W. (2020). Insects in production – an introduction. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 168 (6-7): 422-431.

FAO, 2013. *Edible Insects: Future Prospects for Food and Feed Security*, vol. 171, Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (Rome). (2013). *Dietary Protein Quality Evaluation in Human Nutrition: Report of an FAO Expert Consultation, 31 March-2 April, 2011, Auckland, New Zealand*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Giaccone, V. (2005). Hygiene and health features of "minilivestock". In: *Ecological Implications of Minilivestock: Potential of Insects, Rodents, Frogs and Snails*. Paoletti M.G., (Ed.), Science Publishers, Enfield, NH, USA, pp. 579–598.

Graczyk, T. K., Knight, R. and Tamang, L. (2005). Mechanical transmission of human protozoan parasites by insects. *Clinical microbiology reviews*, 18 (1): 128-132.

- Haber, M., Mishyna, M., Martinez, J. I., & Benjamin, O. (2019). The influence of grasshopper (*Schistocerca gregaria*) powder enrichment on bread nutritional and sensorial properties. *LWT*, 115: 108395.
- Hussain, I., Khan, S., Sultan, A., Chand, N., Khan, R., Alam, W., & Ahmad, N. (2017). Meal worm (*Tenebrio molitor*) as potential alternative source of protein supplementation in broiler. *Int. J. Biosci*, 10 (4): 225-262.
- Hwangbo, J., Hong, E. C., Jang, A., Kang, H. K., Oh, J. S., Kim, B. W., and Park, B. S. (2009). Utilization of house fly maggots, a feed supplement in the production of broiler chickens. *J. Environmental Biology*, 30 (4): 609-614.
- Kibar, S. 2017. Böcek Yemenin nesi yanlış?, ÇAKÜ Sosyal Bilimler Enst. Derg., 8 (1): 96-113
- Kim, S. Y., Kim, M. J., Jung, S. K., & Kim, H. Y. (2019a). Development of a fast real-time PCR assay based on TaqMan probe for identification of edible rice grasshopper (*Oxya chinensis*) in processed food products. *Food Research International*, 116: 441-446.
- Kim, T. K., Yong, H. I., Kim, Y. B., Kim, H. W. and Choi, Y. S. (2019b). Edible insects as a protein source: a review of public perception, processing technology, and research trends. *Food science of animal resources*, 39 (4): 521.
- Köhler, R., Kariuki, L., Lambert, C. and Biesalski, H.K. (2019). Protein, amino acid and mineral composition of some edible insects from Thailand, *J. Asia-Pacific Entomology*, 22 (1): 372-378.
- Lam, P. Y., Latif, N. S. A., Thevan, K., Rao, P. V., & Muhamed, W. Z. W. (2018). Nutrient composition of *Blaptica dubia* (Order: Blattodea) as an alternative protein source. *Journal of Tropical Resources and Sustainable Science (JTRSS)*, 6 (2): 88-92.
- Liceaga, A. M. (2021). Processing insects for use in the food and feed industry. *Current opinion in insect science*, 48: 32-36.
- Mariotti, F. (2017). Plant protein, animal protein, and protein quality. In *Vegetarian and plant-based diets in health and disease prevention*. Academic Press., pp. 621-642.
- Meyer-Rochow, V. B., Gahukar, R. T., Ghosh, S. and Jung, C. (2021). Chemical Composition, Nutrient Quality and Acceptability of Edible Insects Are Affected by Species, Developmental Stage, Gender, Diet, and Processing Method. *Foods*, 10 (5): 1036.
- Ortiz, J. C., Ruiz, A. T., Morales-Ramos, J. A., Thomas, M., Rojas, M. G., Tomberlin, J. K., ... & Jullien, R. L. (2016). Insect mass production technologies. In *Insects as sustainable food ingredients*. Academic Press., pp. 153-201.
- Park, J. B., Choi, W. H., Kim, S. H., Jin, H. J., Han, Y. S., Lee, Y. S., & Kim, N. J. (2014). Developmental characteristics of *Tenebrio molitor* larvae (Coleoptera: Tenebrionidae) in different instars. *International Journal of Industrial Entomology*, 28 (1): 5-9.
- Phillips, S. M., Fulgoni III, V. L., Heaney, R. P., Nicklas, T. A., Slavin, J. L., & Weaver, C. M. (2015). Commonly consumed protein foods contribute to nutrient intake, diet quality, and nutrient adequacy. *The American journal of clinical nutrition*, 101 (6): 1346S-1352S.
- Ramos-Elorduy, J., González, E. A., Hernández, A. R., & Pino, J. M. (2002). Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. *Journal of economic entomology*, 95 (1): 214-220.
- Ribeiro, J. C., Cunha, L. M., Sousa-Pinto, B., & Fonseca, J. (2018). Allergic risks of consuming edible insects: A systematic review. *Molecular Nutrition & Food Research*, 62 (1): 1700030.
- Rumpold, B. A. and Schlüter, O. (2015). Insect-based protein sources and their potential for human consumption: Nutritional composition and processing. *Animal Frontiers*, 5 (2): 20-24.
- Rumpold, B. A., & Schlüter, O. K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular nutrition & food research*, 57 (5): 802-823.
- Sagu, S. T., Landgräber, E., Henkel, I. M., Huschek, G., Homann, T., Bußler, S., ... &

- Rawel, H. (2021). Effect of Cereal α -Amylase/Trypsin Inhibitors on Developmental Characteristics and Abundance of Digestive Enzymes of Mealworm Larvae (*Tenebrio molitor* L.). *Insects*, 12 (5): 454.
- Sarquis, O., Carvalho-Costa, F. A., Oliveira, L. S., Duarte, R., D' Andrea, P. S., De Oliveira, T. G., & Lima, M. M. (2010). Ecology of *Triatoma brasiliensis* in northeastern Brazil: seasonal distribution, feeding resources, and *Trypanosoma cruzi* infection in a sylvatic population. *J. Vector Ecology*, 35 (2): 385-394.
- Schlüter, O., Rumpold, B., Holzhauser, T., Roth, A., Vogel, R. F., Quasigroch, W., ... & Engel, K. H. (2017). Safety aspects of the production of foods and food ingredients from insects. *Molecular Nutrition & Food Research*, 61 (6): 1600520.
- Sehgal, R., Bhatti, H. P., Bhasin, D. K., Sood, A. K., Nada, R., Malla, N. and Singh, K. (2002). Intestinal myiasis due to *Musca domestica*: a report of two cases. *Japanese journal of infectious diseases*, 55 (6): 191-193.
- Shang, N., Chaplot, S., & Wu, J. (2018). Food proteins for health and nutrition. In *Proteins in Food Processing*. Woodhead Publishing., pp. 301-336.
- Siemianowska, E., Kosewska, A., Aljewicz, M., Skibniewska, K. A., Polak-Juszczak, L., Jarocki, A., & Jedras, M. (2013). Larvae of mealworm (*Tenebrio molitor* L.) as European novel food, *Agricultural Sciences*, 4 (6): 287-291.
- Skotnicka, M., Karwowska, K., Kłobukowski, F., Borkowska, A., & Pieszko, M. (2021). Possibilities of the Development of Edible Insect-Based Foods in Europe. *Foods*, 10 (4), 766.
- Tajudeen, A. L. (2020). Halal Certification of Insect-Based Food: a critique. *International Journal of Islamic Business Ethics*, 5 (2): 100-112.
- van Huis, A. (2016). Edible insects are the future? *Proceedings of the Nutrition Society*, 75 (3): 294-305.
- Vijver, M., Jager, T., Posthuma, L., and Peijnenburg, W. (2003). Metal uptake from soils and soil-sediment mixtures by larvae of *Tenebrio molitor* (L.) (Coleoptera). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 54 (3): 277-289.
- Virginia, M. R., Quirino-Barreda, T., García-Núñez, M., Díaz-García, R., Sánchez-Herrera, K., & Schettino-Bermudez, B. (2015). Grasshoppers, *Sphenarium purpurascens* Ch. Source of proteins and essential amino acids. *J. Chem. Eng*, 9: 472-476.
- Watford, M., & Wu, G. (2018). Protein. *Advances in Nutrition*, 9 (5): 651-653.
- Wu, G. (2016). Dietary protein intake and human health. *Food & function*, 7 (3): 1251-1265.
- Yun, J. H., Roh, S. W., Whon, T. W., Jung, M. J., Kim, M. S., Park, D. S., & Bae, J. W. (2014). Insect gut bacterial diversity determined by environmental habitat, diet, developmental stage, and phylogeny of host. *Applied and Environmental Microbiology*, 80 (17): 5254-5264.
- Zagrobelny, M., Dreon, A. L., Gomiero, T., Marcazzan, G. L., Glaring, M. A., Møller, B. L., and Paoletti, M. G. (2009). Toxic moths: source of a truly safe delicacy. *J. Ethnobiology*, 29 (1): 64-76.