

# Beslenme ve Gıda Teknolojisi Yönünden Yenilebilir Böcekler

İsmail Hakkı TEKİNER<sup>1,2</sup>, Gülşah DARAMA<sup>1</sup>, Bahar ÖZATILA<sup>3</sup>, Hasan YETİM<sup>3,4\*</sup>

<sup>1</sup> İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, İstanbul, Türkiye.

<sup>2</sup> İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Gıda ve Beslenme Bölümü, İstanbul, Türkiye.

<sup>3</sup> İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye.

<sup>4</sup> İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Helal Gıda Ar-Ge Merkezi, İstanbul, Türkiye.

## Öz

Sürekli artan küresel nüfusun 2050 yılına kadar 9 milyara ulaşması öngörülürken, artan protein ihtiyacını karşılamak için doğal kaynakları daha az tüketen ve karbon emisyon seviyesini yükseltmeyen alternatif gıda kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu açıdan geleneksel hayvan tarımı ile karşılaştırıldığında, çiftlikte böcek üretiminin daha güvenli ve sürdürülebilir bir protein kaynağı olacağına inanılmaktadır. Yenilebilir böcekler, nütrisyonel açıdan türlerine göre değişiklikler göstermekle birlikte, genel olarak yüksek yağ, protein, vitamin, mineral ve lif içerikleri sayesinde alternatif gıda kaynağı olarak gösterilmekte ve özellikle, %20-70 ham protein içeriği ile gelecekteki protein talebini karşılayabilecek çözümlerden birisi olacağı ileri sürülmektedir. Ayrıca, protein ve yağ dışında böcekler; demir, magnezyum, manganez, fosfor, potasyum, selenyum, sodyum ve çinko gibi biyoyararlılığı yüksek bazı mikro besin öğelerini de içermektedir. Yenilebilir böcekler ve bunlardan elde edilecek çeşitli besin öğelerinin alternatif gıda formülasyonlarında kullanılması durumu, beraberinde yeni (novel) gıda kavramı yanında risk değerlendirmelerinin yapılmasının gerekliliğini de ortaya koymaktadır. Bu çalışmada, alternatif gıda kaynaklarından yenilebilir böceklerin beslenme ve gıda teknolojisi yönünden kapsamlı bir literatür taraması ile değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Böcek proteini, sürdürülebilir gıda üretimi, entomofaji, yeni gıdalar, besin değeri.

\* Sorumlu Yazar / Corresponding Author: [hasan.yetim@izu.edu.tr](mailto:hasan.yetim@izu.edu.tr)

<sup>1,2</sup> [ismail.tekiner@izu.edu.tr](mailto:ismail.tekiner@izu.edu.tr)

<sup>1</sup> [gulsahdarama@gmail.com](mailto:gulsahdarama@gmail.com)

<sup>3</sup> [baharozatila100@gmail.com](mailto:baharozatila100@gmail.com)

Gönderilme / Recieved : 30 Nisan 2022

Kabul / Accepted : 27 Haziran 2022

## Edible Insects in Nutritional and Food Technology Perspective

### Abstract

While the global population is estimated to reach 9 billion by 2050, alternative food sources that utilize less natural resources and do not contribute to carbon emissions are needed to meet the increasing quality protein demand. In this respect, it is believed that insect production on the farm will be a safer and more sustainable source of protein compared to traditional animal agriculture. Although edible insects vary according to their species in terms of nutrition, they attract attention as an alternative food source due to their high fat, protein, vitamin, mineral, and fiber contents. In particular, they are considered to have the potential to offer solutions that can meet the increasing demand for protein in the future. The presence of raw protein varies among the species, e.g., more than a hundred edible insect species' have between 20- 70% protein content. The use of edible insects and the nutrients harvested from them to form alternative food recipes makes it necessary to accept new (novel) food concepts and risk assessments. Through a comprehensive literature review, this study aimed to reveal some properties of edible insects in terms of nutritional and food technology perspectives.

**Keywords:** Insect protein, sustainable food production, entomophagy, novel foods, nutritional value.

### 1. Giriş

Nüfus artışı ve kentleşme ile birlikte artan gıda gereksinimi yanında yaşlanan nüfusun bakımı ve beslenmesi gibi sosyo-ekonomik değişimler, tüm dünyada proteince zengin gıdalara olan talebi arttırmıştır (Henchion vd., 2017).

Bu gerçekler, insan beslenmesinin sürdürülebilirliği bakımından yeni (novel) gıdaları gündeme taşımaktadır. Günümüzde başta et, yumurta ve süt gibi proteince zengin ve kaliteli hayvansal gıdalar insan beslenmesinde sundukları tam amino asit içerikleri ve yüksek sindirilebilirlikleri nedeniyle yaygın biçimde tüketilmektedirler (Vangsoe vd., 2018). Ancak, iklim değişikliğine bağlı gıda krizleri ve sürdürülebilirlik kapsamında, ek çevresel tedbirlere gerek duyulmaktadır. Gıda amaçlı beslenen hayvanların çevreye verdikleri olumsuz yan etkileri asgariye indirmek için alternatif yenilebilir gıdalara ve gıda öğelerine yönelik arayışlar hız kazanmaktadır (de Castro vd., 2018). Bu bağlamda, yenilebilir böcekler ve bu türlerden elde edilecek protein ve diğer besin öğeleri araştırmacıların dikkatini çekmeyi başarmıştır. Böceklerden elde edilen protein(ler), gelecekteki protein taleplerini karşılamak için çevre dostu ve yüksek kaliteli çözümler sunma potansiyeline sahiptir. Özellikle bazı böcek türlerindeki proteinlerin nütrisyonel değerinin soya proteinine eşdeğer veya daha üstün olduğu öne sürülmektedir. Bununla birlikte, yenilebilir böceklerden elde edilecek proteinin nütrisyonel değeri ve insan sağlığına etkileri konusunda daha fazla araştırma yapılması gerektiği de görülmektedir (Vangsoe vd., 2018).

Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) 2015/2283 sayılı yönetmeliğinde 1 Ocak 2018'den itibaren tüketilebilir böcekleri yeni (novel) gıda olarak kabul etmiştir. Tüketilebilir böcekler, Asya, Afrika ve Güney Amerika'daki bazı az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde hayati bir besin kaynağı olmakla beraber, gelişmiş ülkelerde tüketicilerin daha mesafeli yaklaşıkları bir olgu olarak gündemdeki yerini almıştır (Candoğan ve Özdemir, 2021).

Günümüzde Dünya üzerinde bilinen 915 bin böcek türünün yaklaşık %40'ını *Coleoptera* takımı (387 bin), %16-17'sini *Lepidoptera* (157 bin), %13-14'ünü *Hymenoptera* (117 bin), %10'unu *Diptera* (155 bin), %10'unu *Hemiptera* (104 bin), % 'ini *Orthoptera* (24 bin) ve kalan %5'lik dilimini ise diğer türler oluşturmaktadır (Capinera, 2010; Puspitasari, 2016; Stork, 2018). Özellikle *Coleoptera* türleri, bazı memeli yaban hayvanlarının diyetinde büyük önem taşımaktadır (Ünal ve Arslan, 2020).

Günümüzde, üretimi yapılan ticari yenilebilir böcekler, kriket (*Acheta domesticus*), bal arısı (*Apis mellifera*), evcil ipekböceği (*Bombyx mori*), mopan tırtıl (*Imbrasia belina*), Afrika palmye biti (*Rhynchoporus phoenicis*) ve sarı un kurdu (*Tenebrio molitor*) olmak üzere altı türdür (Tang vd., 2019).

Yenilebilir böcekler kuru ağırlık bazında ortalama %20'den %70'e varan yüksek protein düzeylerinin yanı sıra, mineral, vitamin ve çoklu doymamış-doymuş yağ asidi (ÇDYA) oranları nedeniyle son zamanlarda gıda endüstrisinin dikkatini çekmektedir. Ayrıca Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ)'nün belirlediği esansiyel amino asit gereksinimlerini karşılayan böcek proteinleri bitki temelli proteinlerden daha fazla sindirilebilir olmakla birlikte, hayvansal kaynaklı proteinlere göre daha az sindirilebilir düzeydedir (Gravel ve Doyen, 2020).

Yenilebilir böceklerin nütrisyonel değerleri, böceğin metamorfik evresine, yaşadığı habitata ve beslenmesine bağlı olarak farklılık gösterebilir (Van Huis vd., 2013). Ancak, bu özelliklerin insan diyetine uygunluğunun kapsamlı şekilde araştırılması ve değerlendirilmesi gereklidir (Onwezen vd., 2021).

Bu çalışmada, alternatif gıda kaynaklarından yenilebilir böceklerin beslenme ve gıda teknolojisi yönünden kapsamlı bir literatür taraması ile değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

## 2. Yenilenebilir Böceklerin Nütrisyonel İçerikleri

Yenilebilir böceklerin nütrisyonel içeriği, türleri ve gelişme aşamalarına göre değişiklik göstermekle birlikte, ham protein ve yağ içeriği açısından oldukça zengindir. Ayrıca, birçok türdeki amino asitler, küçük çocukların beslenmesi dâhil olmak üzere ideal bir diyet katkısında bulunabilecek düzeydedir. Mevcut nütrisyonel veriler, içerisinde böcek olması muhtemel olan hayvan yemi örneklerinden alınmıştır. İnsanlar tarafından tüketilmeden önce kitin gibi karbonhidratlarca zengin dış iskelet (kanatlar ve bacaklar) uzaklaştırılmaktadır. Bu durum ise protein ve yağ yüzdesinin artışına neden olmaktadır. Ek olarak, nütrisyonel bileşiminin tüketimden önce diğer işleme türlerinden etkilenip etkilenmediği konusunda daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır (Jansson ve Berggren, 2015).

Bazı önemli böcek takımı türlerinin ortalama protein ve yağ düzeyi kuru madde (KM) yüzdesi, lif yüzdesi ve enerji içeriği (kkal/100 g) Tablo 1’ de verilmektedir. Tablo 2’de ise ev kriketi, ipekböceği ve un kurdundaki yağ ve ham proteinin eter ekstrakt oranları %KM olarak sunulmaktadır.

**Tablo 1.** Bazı spesifik böcek takımlarının ortalama protein, yağ ve enerji içeriği (Sogari vd., 2019)

Böcek Takımları	Protein (% KM)	Yağ (% KM)	Lif (%)	Enerji (kkal/100 g)
<i>Blattodea</i> (hamamböceği)	57.30	29.90	5.31	-
<i>Coleoptera</i> (yetişkin böcekler, larvalar)	40.69	33.40	10.74	490.30
<i>Hemiptera</i> (yarım kanatlılar)	48.33	30.26	12.40	478.99
<i>Hymenoptera</i> (karıncalar, arılar)	46.47	25.09	5.71	484.45
<i>Isoptera</i> (termitler)	35.34	32.74	5.06	
<i>Lepidoptera</i> (kelebekler, güveler)	45.38	27.66	6.60	508.89
<i>Odonata</i> (yusufçuklar, kızböcekleri)	55.23	19.83	11.79	431.33
<i>Orthoptera</i> (cırcır böcekleri, çekirgeler)	61.32	13.41	9.55	426.25

**Tablo 2.** Ev kriketi, ipekböceği ve un kurdundaki yağ ve ham proteinin eter ekstrakt oranları (Jansson ve Berggren, 2015)

	Ev Kriketi ( <i>Acheta domestica</i> )	İpek Böceği ( <i>Bombyx mori</i> )	Un kurdu ( <i>Tenebrio molitor</i> )
Ham Protein	55-67	52-71	47-60
Yağ	10-22	6-37	31-43

### 2.1. Enerji İçeriği

Yenilebilir böceklerin kalori içeriğinin 293-762 kkal/100 g KM arasında olduğu belirtilmektedir. Örneğin, göçmen çekirgenin (*Locusta migratoria*) brüt enerjisinin, böceğin diyetine bağlı olarak 100 g taze ağırlık başına 598-816 kJ aralığında olduğu bildirilmiştir (Van Huis vd., 2013).

### 2.2. Karbonhidrat İçeriği

Böceklerdeki karbonhidratlar, dış iskelette bulunan kitin (N-asetil-D-glukozamin polimeri) ve hücrelerde ve kas dokularında depolanan glikojen olmak üzere iki formda bulunmaktadır. Ortalama karbonhidrat içeriği %6.71 (kokarca böceği) ile %15.98 (ağustosböceği) arasında değişmektedir (Kim vd., 2019).

### 2.3. Protein İçeriği

Kişi başına protein tüketimi, küresel olarak düşük gelirli bölgelerde yaklaşık 56 g/gün iken, yüksek gelirli bölgelerde ise 96 g/gün'dür. Ayrıca, hayvansal protein, yüksek gelirli toplumlarda protein alımının yaklaşık %65'ine katkıda bulunurken, düşük gelirli ülkelerde ise yalnızca %15'ine katkıda bulunmaktadır (Lange ve Nakamura, 2021). Araştırmalar göstermektedir ki, yenilebilir böceklerin 100 gramındaki protein oranı %7 ile %48 arasında değişirken, bu oran sığır etinde %19-26 arasındadır (Candoğan ve Özdemir, 2021). Ayrıca, yenilebilir böceklerde en çok bulunan amino asitler, izolösin, lösin, lizin, fenil alanin, treonin, valin, arginin, histidin ve tirozin'dir. Toplam amino asitlerin kompozisyonunun %10-30'unu esansiyel amino asitler oluşturmaktadır (Oghenesuvwe ve Paul, 2019; Candoğan ve Özdemir, 2021). *Blattodea*, diğer böceklerle kıyasla lizin, valin, metiyonin, arjinin ve tirozince daha zengindir. *Coleoptera*'daki lösin miktarı çiftlik hayvanları da dâhil olmak üzere diğer protein kaynakları türlerinden daha yüksektir. Benzer şekilde *Hemiptera* türlerindeki fenilalanin miktarı, genellikle bilinen diğer tüm protein kaynaklarından fazladır. Diğer aşamalarındaki yenilebilir böceklerle karşılaştırıldığında larvaları nerdeyse her türlü aminoasiti bol miktarda içermektedir (Tang vd., 2019).

Bu bakımdan alternatif protein kaynağı olarak öne sürülen yenilebilir böceklerin yumurta, larva, pupa veya yetişkin aşamalarında ham protein içeriği genellikle % 20 - 70 arasında değişmektedir (Seni, 2017). Ancak, bu proteinlerin insan diyetindeki yararlılık derecesi için sindirilebilirliği önem taşımaktadır (Ignaczak, Kowalska, 2021). Dış iskelet (exoskeleton) çıkarıldıktan sonra, protein sindirilebilirliğinin %77-98 arasında olduğu belirlenmiştir (Oghenesuvwe ve Paul, 2019). Takımına göre böceklerin ham protein içeriği Tablo 3'te, hayvan yemi olarak üretilen bazı böceklerin amino asit içeriği ise Tablo 4'de verilmektedir.

**Tablo 3.** Böcek takımına göre ham protein içeriği (Van Huis vd., 2013).

Böcek Takımı	Evre	Protein oranı (%)
<i>Coleoptera</i>	Yetişkinler ve larvalar	23 – 66
<i>Lepidoptera</i>	Pupa ve larva	14 – 68
<i>Hemiptera</i>	Yetişkinler ve larvalar	42 – 74
<i>Homoptera</i>	Erişkinler, larvalar ve yumurtalar	45 – 57
<i>Hymenoptera</i>	Erişkinler, pupalar, larvalar ve yumurtalar	13 – 77
<i>Odonata</i>	Yetişkinler ve larvaları	46 – 65
<i>Orthoptera</i>	Yetişkinler ve larvaları	23 – 65

**Tablo 4.** Hayvan yemi olarak üretilen bazı böceklerde amino asit içeriği (g/16 g N) (Jansson ve Berggren, 2015)

	Ev kriketi	Mormon Kriketi	Un Kurdu	Siyah Asker Sineği	2-5 yaş arası çocuk için FAO referans proteini
Metionin	1.4	1.4	1.5	2.1	2.5 (met. + sis.)
Sistein	0.8	0.1	0.8	0.1	
Lizin	5.4	5.9	5.4	6.6	5.8

### 2.4. Lipit İçeriği

Yenilebilir böceklerin toplam lipid, kolesterol, doymuş ve doymamış yağ asitleri içeriği, hayvanın türüne, beslenmesine ve gelişim aşamasına bağlıdır. Genel olarak oleik, linoleik, linolenik ve palmitik asitlerle zengin böceklerin toplam yağ içeriği %2-62 arasında değişmektedir. Kolesterol ise böceklerde en bol bulunan steroldür (Demirci ve Yetim, 2021).

Böceklerdeki yağ asitleri genellikle hayvansal ve bitkisel kaynaklı yağlarınkine benzemektedir. Bununla birlikte, sığır ve domuz eti ile karşılaştırıldığında, böcekler özellikle doymamış yağ asitleri bakımından daha zengindir ve bazı türler %65'e kadar doymamış yağ asidi içermektedirler. Karasal yenilebilir böceklerdeki uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitleri, özellikle omega-6 yağ asitleri bakımından suda yaşayan böceklerle kıyasla daha yüksektir (Lange ve Nakamura, 2021).

## 2.5. Mikrobesin Öğeleri

Böcekler iyi bir vitamin ve mikro besin kaynaklarıdır. Ancak bazı araştırmalar bu içeriklerin böceklerin beslenme biçimlerinden etkilenebileceğine işaret etmektedir. Normal büyüme ve sağlık için gerekli olan A, B<sub>1</sub>-B<sub>12</sub>, C, D, E, K vitaminlerini sağlayabilmektedirler. Örneğin tırtıllar özellikle B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> ve B<sub>6</sub> bakımından zengindir. Arı kuluçkası (pupa) A ve D vitaminleri açısından zengindir. Kırmızı palmye biti (*Rhynchophorus ferrugineus*) iyi bir E vitamini kaynağıdır (Tang vd., 2019).

Bazı türlerin nispeten yüksek seviyelerde B vitaminleri (riboflavin, pantotenik asit ve biotin) içerdiği, C vitamini düzeyinin ise düşük olduğu gösterilmiştir. Çekirgelerdeki B vitamini düzeylerinin gelişimleri boyunca sabit kaldığı, A, C, D ve E vitaminleri düzeylerinin ise gelişim evreleri boyunca arttığı tespit edilmiştir (Lange ve Nakamura, 2021).

Yenilebilir böcekler demir, magnezyum, manganez, fosfor, potasyum, selenyum, sodyum ve çinko gibi çeşitli mikro besinler içermektedir. Ancak, bu içerikler böceğin türüne göre değişiklik göstermektedir (Tang vd., 2019).

Böceklerde bulunan yüksek fosfor içeriği ve fosfordan neredeyse %100 biyoyararlanım ile dikkat çekmektedir (Tekelli, 2014). Ayrıca, böceklerde kalsiyum, sodyum ve potasyum seviyesi düşük iken, cırcır böcekleri ve çekirgelerden magnezyumca ve kriket tozunun ise magnezyum, çinko ve bakırca daha zengin olduğu rapor edilmektedir. Cırcır böcekleri ve termitler yüksek düzeylerde demir ve çinko içermektedirler. Benzer şekilde, çekirge ve un kurtlarında bakır, magnezyum, manganez ve çinko seviyeleri sığır etinden daha yüksektir (Lange ve Nakamura, 2021).

## 2.6. Sindirilebilirlik ve Biyoyararlanım

Besin sindirilebilirliği, genellikle makro besinlerin, sindirim derecesini ifade ederken, besin biyoyararlanımı, tüketilen gıdadan emilen ve vücut fonksiyonları için kullanılan besinlerin fraksiyonunu ifade etmektedir. Yenilebilir böceklerin sindirilebilirliği ve biyoyararlanımı, gıda ürünlerinin vücutta kullanımında büyük önem taşımaktadır. Ancak, vücut tarafından kolayca elde edilememesi tüketicilere hiçbir besinsel fayda sağlamayacaktır (Imathiu,2020).

İnsan gıdalarında besinlerin sindirilebilirliğini ve biyoyararlanımını etkileyen çeşitli faktörler bulunmaktadır. Yenilebilir böceklerde bulunan besin maddelerinin sindirilebilirlikleri, haşlama, kavurma veya kızartma gibi farklı pişirme yöntemlerine göre değişebilmektedir. Örneğin, çiğ böcekler haşlanmış veya kavurulmuş böceklerden daha fazla *in vitro* sindirilebilirliğe sahiptir (Demirci ve Yetim, 2021).

Yenilebilir böcek türü, işleme yöntemi, antinütrisyonel bileşenleri ve kitin seviyesi gibi insan beslenmesine uygunluğunu tayin eden başlıca faktörlerinin daha fazla araştırılması gerekmektedir (Imathiu, 2020).

Kitin alımının etkileri karmaşık görünmektedir ve bağışıklık sistemi üzerinde olumsuz ve de olumlu etkileri belgelenmiştir. Örneğin, kitini parçalayan kitinaz enzimi, insan mide sıvılarında tespit edilmiştir. Ancak, bunun gerçekte ne düzeyde sindirilebildiği henüz net değildir. Bu nedenle, insanlarda kitin tüketiminin etkisi daha fazla incelenmelidir. Diğer taraftan, çekirgelerin bacaklarının çıkarılmadan tüketilmesinin kişide kabızlığa neden olabileceği gözlenmiş ve bu sebeple tüketimden önce bacakların ve kanatların çıkarılması tavsiye edilmiştir (Jansson ve Berggren, 2015).

## 2.7. Yenilebilir Böcekler ve Sığır Etinin Nütrisyonel Karşılaştırması

Burada örnek olması bakımından sadece bir çeşit yenilebilir böcek türü olan un kurdu ile sığır eti nütrisyonel açıdan ele alınmış ve kısaca karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Buna göre (Van Huis vd., 2013);

- **Makrobesin bileşimi:** Sığır etinin yağ içeriği, protein ve metabolize edilebilir enerji miktarı un kurdu larvalardan daha yüksektir.
- **Amino asitler:** Sığır eti, un kurtlarına kıyasla glutamik asit, lizin ve metionin amino asitleri bakımından daha yüksek, izolösin, lösin, valin, tirozin ve alanin amino asitleri bakımından ise daha düşüktür.
- **Yağ asitleri:** Sığır eti, un kurtlarından daha fazla palmitoleik, palmitik ve stearik asit içerirken, un kurtlarında esansiyel linoleik asitlerin miktarı çok daha yüksektir.

- **Mineraller:** Un kurtları, karşılaştırılabilir seviyede bakır, sodyum, potasyum, demir, çinko ve selenyum değerleri içermektedir.
- **Vitaminler:** B12 vitamini hariç, un kurtları genellikle sığır etinden daha yüksek vitamin içeriğine sahiptir.

### 3. Yenilebilir Böcekler ve Risk Değerlendirmeleri

Geleneksel hayvancılık ürünlerine kıyasla daha yüksek tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri içeren böcek ürünlerinin alınımının sağlık üzerinde olumlu etkileri olabilir (Jansson ve Berggren, 2015). Yenilebilir böcekler yetiştirildikleri yerlere göre bünyelerinde zararlı mikroorganizmalar, parazit canlılar, ağır metal veya ilaç kalıntıları ile alerjen etmenler gibi birçok açılardan risk oluşturmaktadır (EFSA, 2015). Örneğin, böceklerin bağırsak mikrobiyotası toplam vücut ağırlıklarının %1 -10'unu oluşturmaktadır ve tüketim öncesi bunun uzaklaştırılması mümkün olmamaktadır (Douglas, 2015). Ayrıca yenilebilir böceklerin bazılarının yüksek doymuş yağ içeriği nedeniyle belirli diyet senaryolarında zararlı olabileceği düşünülmektedir (Payne ve Van Itterbeeck, 2017).

*Gryllus bimaculatus* türü cırcır böceklerinde bulunan glikosaminoglukan adı verilen polisakkaritin, inflamatuvar biyolojik belirleyicilerden C-reaktif protein (CRP) molekülü, IL-6 ve romatoid faktörünün aktivitesini engelleyerek antinflamatuvar etki gösterdiği bilinmektedir. Yine diyabetik farelerde, glikozaminoglikan takviyesini içeren başka bir çalışma, glikozaminoglikan tedavisi alan diyabetik farelerin kan glukozu ve LDL-kolesterol seviyelerinde bir azalma ve antioksidan enzimlerin aktivitesinde ise bir artış olduğunu göstermiştir (Peksever vd., 2021). Aynı zamanda, böcek hidrolizatlarındaki biyoaktif peptitler ve peptit fraksiyonları, anti-inflamatuvar özelliklerine ek olarak bazı antioksidan aktiviteleri de ifade etmektedir (Adegboye vd., 2021).

Yenilebilir böceklerin yüksek tansiyonu düşürmeleri yoluyla kardiyovasküler sağlığa olumlu etkileri olduğu öne sürülmüştür. Kan damarlarının daralmasına neden olan ve kardiyovasküler hastalıklar için ilaç olarak kullanılan anjiyotensin dönüştürücü enzim aktivitesi, ipekböceği, sarı un kurdu ve balmumu güvesi dâhil olmak üzere birçok böcek türünde gözlemlenmiştir (Lange ve Nakamura, 2021).

Kitin ve özellikle kitosan polisakkaritlerinin antimikrobiyal aktivite gösterdikleri bilinmektedir (Odabaşı ve Yeşilbaş, 2021). *Escherichia coli* ve *Vibrio cholera* gibi patojenik mikroorganizmaların insan bağırsağında büyümesinin, kitin ve türevleri tarafından azaltıldığı, ayrıca *Bifidobakteriler* ve *Laktobasiller* gibi yararlı bağırsak bakteri türlerinin çoğalmasını ve gelişmesini teşvik ettiği gösterilmiştir. İlâveten, tüm kurutulmuş böceklerin en az %10'unu oluşturan yüksek kitin içeriği insan beslenmesinde iyi bir lif kaynağı olabilir (Imathiu, 2020).

DSÖ'ye göre demir eksikliği dünyada en yaygın beslenme bozukluğudur. Birçok böcek, kırmızı etten bile daha yüksek demir içeriğine sahiptir ve bu açıdan entomofaji tavsiye edilebilir (Jansson ve Berggren, 2015). Ancak, böcek demirinin emilim derecesi yeterince bilinmemektedir. Biyokimyasal olarak böceklerde bulunan demir ve çinko mineralleri, ağırlıklı olarak ferritin, transferrin ve diğer taşıma/depolama proteinlerine bağlı ve hem olmayan formlarda bulunmaktadır (Mwangi vd., 2018).

Çinko eksikliği, özellikle çocuk ve Anne sağlığı için diğer bir temel halk sağlığı sorunudur. Genel olarak, çoğu böceğin iyi derecede çinko kaynağı olduğuna inanılmaktadır. Sığır eti 100 gr kuru ağırlıkta 12.5 mg, palmiye kurdu larvası (*Rhynchophorus phoenicis*) ise 100 gr kuru ağırlıkta 26.5 mg çinko içerir. Ancak bu elementin de emilim derecesi ile ilgili endişeler söz konusudur (Van Huis vd., 2013).

Böceklerde, *Enterokoklar*, *Streptokoklar* ve *Clostridium* gibi bakterilere ek olarak *Aspergillus*, *Alternaria* ve *Candida* gibi bazı küf ve maya türlerinin de bulunduğu bilinmektedir. Diğer taraftan, bunların insan vücuduna etkileri konusunda daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir (Demirci ve Yetim, 2021).

Yoğun hayvancılık üretiminin zoonotik hastalıklar (örneğin kuş gribi) ve antimikrobiyal dirençlilik gibi sağlık sorunlarına neden olduğu bilinmektedir. Yenilebilir böceklerin endüstriyel ölçekte yetiştirilmesi diğer hayvanların üretiminde gözlemlenen benzer çevresel ve sağlık baskılarına yol açabilir. Örneğin, 2019 yılı koronavirüs pandemisinde görüldüğü gibi zoonotik yangılar salgınları tetikleyebilir. Böcekler ve insanlar arasında zoonotik yangı riskinin düşük olduğu düşünülmektedir. Ancak, böceklerin zararlı patojen kaynağı haline gelme ve hastalıkları insanlara bulaştırma riski yeterince araştırılmamıştır (Lange ve Nakamura, 2021).

Yenilebilir böceklerin pestisit türevli kimyasallara maruz kalmalarının sebepleri, pestisit kullanımı esnasında o alanda bulunmaları veya pestisit kullanılmış bitkilerle temasta olmaları ya da onları tüketmeleridir. Bir araştırmaya göre, Kuveyt’de piyasadaki yenilebilir bir böcek türünde oldukça yüksek pestisit seviyeleri (49.2 µg/kg organik klor ve 740.6 µg/kg organofosfor) belirlenmiştir. Ancak gelişen teknoloji sayesinde bu sorunların önüne geçilebileceği ileri sürülmektedir (Peksever vd., 2021).

### 3.1. Alerjinite

Alerjinite, alerjen adı verilen maddelere ve onları taşıyan gıdalara karşı olumsuz bağışıklık tepkisi gelişimidir. Alerjinite kişiyi anaflaktik şoka ve bazen ölüme götürebilmektedir (Imathiu, 2020). Yenilebilir böcekler yüzyıllardır Asya'daki günlük diyetin bir parçası olsa da, Avrupa için yeni bir besin kaynağıdır. Gıda güvenliği otoriteleri bunları “yeni (novel) gıda” olarak sınıflandırmakta ve özellikle alerjenik risk değerlendirmesi talep etmektedir (Hoffmann-Sommergruber, 2021). Yeni gıdaların alerjinite değerlendirmesi için belirlenmiş bir protokol bulunmamakla birlikte, mevcut kılavuzlar, yeni gıdaya alerjik reaksiyonların öyküsü; yeni gıdanın taksonomisi ve yeni gıdanın proteinlerinin tanımlanması ve karakterizasyonuna odaklanmaktadır (Ribeiro vd., 2021).

Yenilebilir böceklerin alerjinite potansiyelleri hakkında alanyazın bulguları sınırlı olsa da araştırmalar, arginin kinaz dâhil olmak üzere bazı protein türlerinin potansiyel alerjen kaynağı olduğunu göstermektedir. Arginin kinaz dışında, yenilebilir böceklerle bağlantılı diğer yaygın alerjenler arasında a-amilaz ve tropomiyozin bulunur (Orkusz, 2021).

Yenilebilir böceklerde, tropomiyosinin, çapraz reaktif alerjen olduğu onaylanmıştır. Alerjen moleküllerin ısı işlemlere ve enzimlerle sindirime dirençli oldukları görülmektedir. Yalnızca çok özel koşulların kullanılması yenilebilir böceklerin IgE-reaktivitesini ortadan kaldıracaktır. Alerjik reaksiyon riski böceklerin yetiştirilmesiyle ilgilenenler ve kabuklulara alerjisi olanlar için yüksektir (Van Huis vd., 2021).

Son çalışmalar Çin'deki gıdalara karşı gelişen anaflaktik şokların %18'inin böcek tüketimi sonucu olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde Laos'ta böcek tüketicilerinin %7.6' sının alerjik reaksiyonlar sergiledikleri bildirilmektedir (Imathiu, 2020; Demirci ve Yetim, 2021). Yine Çin'de en çok tüketilen böcek türü ipekböceği pupasıdır ve en az bin tüketicinin alerjik reaksiyonlar yaşadığı ve bu tüketicilerin elli'sinin acil hastaneye kaldırıldığı rapor edilmektedir. Şimdiye kadar en az bir alerjik reaksiyonu tetiklemede rol oynayan böcek kaynaklı tek gıda katkı maddesi, dişi kırmızı böceklerinden (*Dactylopius coccus*) elde edilen ve gıda boyası olarak kullanılan karmindir (Imathiu, 2020).

İşlemenin yenilebilir böceklerin alerjenitesi üzerindeki etkileri de belirsizdir. Bir çalışmada, enzimatik hidroliz ve ısı işlem, immüno blotlar ve deri prick (Skin Prick) tekniği ile test edildiği ve böcek eksudelerinin (*L. migratoria*) çapraz reaktivitesini ve alerjisini ortadan kaldırdığı gösterilmiştir. Benzer şekilde, ev tozu akarları ve kabuklulara alerjisi olan hastalardan alınan örneklerde ısı işlem, un kurtlarının (*T. molitor*, *Zophobas atratus* ve *Alphitobius diaperinus*) alerjenitesini azaltmış, ancak tamamen ortadan kaldıramamıştır (Hadi ve Brightwell, 2021).

### 4. Yenilebilir Böcekler ve Sürdürülebilirlik

FAO, kaynakları daha verimli kullanarak gıda arzını artırma hedefi doğrultusunda, Mayıs 2013 tarihinde yayımladığı bir rapor da nutriyonel açıdan zengin ve endüstriyel hayvancılığa kıyasla daha çevre dostu olması gibi nedenlerle böcek çiftlikleri kurulmasını önermiştir (Kibar, 2017). Böcekler, geleneksel çiftlik hayvanları ve kanatlılara kıyasla, daha az atık, amonyak ve sera gazı oluşturması, daha az toprak ve enerji kullanımı gibi nedenlerle beslenme ve çevre sağlığı açısından sürdürülebilirliğe olumlu katkılar sağlamaktadır (Muslu, 2020). Üretimi için ileri teknolojiye ihtiyaç duyulmayan böceklerin, yoksul ve teknolojik bakımdan az gelişmiş ülkeler açısından potansiyel gıda üretim kaynağı olmaları mümkün görünmektedir (Kibar, 2017).

Böcekler, yüksek yem verimliliğine (kg büyüme/kg yem) karşılık gelen düşük bir yem dönüşüm oranına (kg yem/kg büyüme olarak tanımlanır) sahiptir. Yem dönüşüm rakamları yenilebilir ağırlığa göre ayarlandığında (sığırlarda yaklaşık %40, tavuk ve domuzlarda %55 ve cırcır böceğinde %80), böceklerin daha avantajlı olduğu görülmektedir. İdeal sıcaklıkta yetiştirildiklerinde, cırcır böcekleri, yaklaşık olarak aynı miktarda protein üretmek için sığırlardan 6 katı düşük, koyunlardan 4 katı düşük, domuzlara ve etlik piliçlere kıyasla ise yarı yarıya daha az yeme ihtiyaç duymaktadırlar (Jansson ve Berggren, 2015).

Ayrıca, böceklerin üreme kapasitesi, geleneksel hayvancılığa göre oldukça hızlı olup, bu sayede kısa sürelerde büyük oranlardaki protein ihtiyacını karşılayabilirler (Candoğan ve Özdemir, 2021).

Bununla birlikte, bazı yenilebilir böcek popülasyonları, antropojenik faktörler nedeniyle yok olma tehdidi altındadır. İnsanlar tarafından böceklerin toplanması, diğer yırtıcı hayvanlarla doğrudan rekabete neden olabilir. Bu durum ise popülasyon canlılığını olumsuz etkileyebilir. Çeşitli yenilebilir böcek türleri, diğer böcek türlerinin yanı sıra kuşlar, balıklar, amfibiler, sürüngenler ve memelilerin ev sahibi veya avıdır. Bu yüzden yenilebilir böceklerin çiftlikte üretimi yerine doğadan toplanması, temel ekosistem hizmetlerinin sağlanması ve dengesi açısından bir tehdit oluşturabilir (Lange ve Nakamura, 2021).

## **5. Yenilebilir Böcekler ve İşleme Teknolojileri**

Yenilebilir böcekler, dünyada tüm böcek, böcek unu ve protein/yağ ekstraktları olarak ticarete konu olmaktadır. Pazarın 2018 yılı piyasa değerinin 406 milyon dolara ulaştığı bildirilmektedir. Yenilebilir böceklerin piyasa hacminin 2023 te 1.18 milyar ve 2026 yılına kadar da 3.13 milyar dolara ulaşacağı tahmin edilmektedir (Wade and Hoelle, 2020).

Günümüzde tüketilen böceklerin %92'si geleneksel yollarla doğadan toplanmakta, geri kalan kısmı ise endüstriyel üretimle sağlanmaktadır (Demirci ve Yetim, 2021).

Yenilebilir böceklerde işlemenin ilk adımı ön işlemdir. Temel olarak böcek hasadı, artık ve kalıntılardan ayrılması, böcek inaktivasyonu/öldürülmesi, kanatların/bacakların çıkarılması ve yıkama işlemlerinden oluşmaktadır. Böcekler istenilen büyüklüğe veya belirli bir erginliğe (yaşa) ulaştıktan sonra elle ya da otomatik olarak hasat edilirler. Bazı çiftlikler, hasattan önce böceklere bir açlık dönemi uygulayarak böceklerin bağırsaklarını boşaltmasını da isterler. Bu durum yetiştiricilere göre azaltılmış mikrobiyal yüke sahip daha iyi tat ve daha temiz ürünler ile sonuçlanmaktadır (Ojha vd., 2021).

Yenilebilir böcekler için geleneksel ve endüstriyel işleme gibi farklı işleme yolları mevcuttur (Manditsera, 2019).

Böceklerin geleneksel yöntemlerle işlenmesinde takip edilen temel işlem basamakları, temizlemeyi ve ardından da ıslak veya kuru ısı uygulama aşamalarını içerir. Temizlik, yabancı maddelerin uzaklaştırılması, türe göre bağırsak, kanat, bacak ve başın çıkarılması ve su ile yıkanması şeklinde yapılır. Yine haşlama, buharda pişirme, kızartma, kavurma ve kurutma, böcekleri işlemek için yaygın olarak kullanılan geleneksel ısıtma yöntemleri arasındadır. Ancak kullanılan teknikler, böcek türüne ve coğrafi bölgeye göre değişiklik göstermektedir. Geleneksel işlemlere benzer şekilde, endüstriyel işlemlerde de böcekleri dekontamine etmek için ıslak ve ısı işlemleri kullanılır. Bununla birlikte, süreçlerin kontrolsüz koşullarla karakterize edildiği geleneksel işleme yöntemlerinin aksine, endüstriyel süreçler kontrollüdür. Örneğin; haşlama, pastörizasyon, sterilizasyon, kurutma vb. ek olarak, arındırılmış böcekler, böcek unu veya böcek temelli ürünler üretmek amacıyla kurutma ve öğütme gibi işlemlere tabi tutulabilir. Ayrıca, bazı gıda ürünlerinde içerik olarak kullanılmak üzere böceklerin ana bileşenleri (protein, yağ ve kitin) çıkarılmaktadır (Manditsera, 2019).

Genel olarak, protein ekstraksiyonu; homojenizasyon, yağ giderme, çözündürme, izoelektrik çöktürme ve yeniden çözündürülme ile kurutma işlemleri olmak üzere beş adım ile gerçekleştirilir. Her adım için seçilen parametreler büyük ölçüde böcek türüne göre değişmektedir (Nongonierma ve FitzGerald, 2017). Örneğin, çiftlikten çatala insan gıdası amaçlı solucan ürünleri üretim teknolojisi Şekil 1'de ve yenilebilir böceklerin geleneksel ve endüstriyel işleme aşamaları ise Şekil 2'de gösterilmiştir.

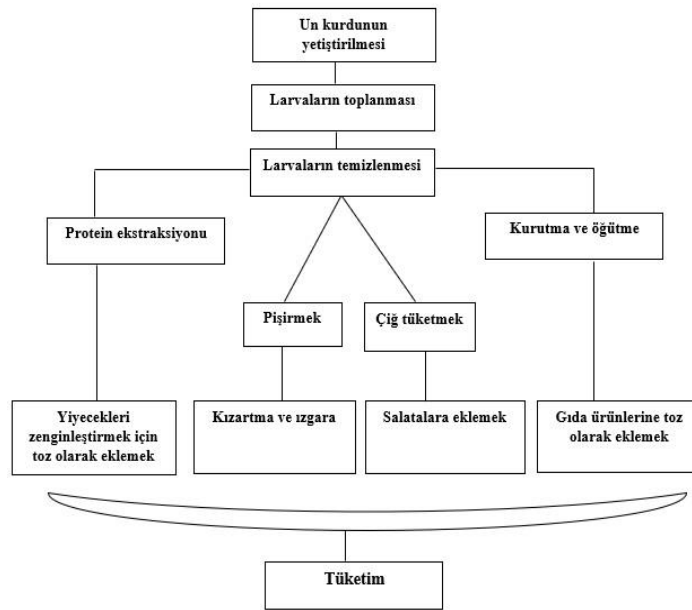
Yenilebilir böcekler, ekmek, atıştırmalıklar, makarnalar, barlar, kekler, meyve suları gibi yaygın olarak tüketilen gıda ürünlerinde toz şeklinde gıda bileşeni olarak kullanılabilir. Örneğin, şu anda, kriket tozu dünyanın birçok yerinde iyi bilinir ve erişilebilir hale gelmiştir. Kriket tozu içeren ürünlerin kabul edilebilirliği ise batı ülkelerinde artış göstermektedir (Conti vd., 2021).

FAO 2015 yılı raporu ile Avrupada da yenilebilir böceklerle karşı ilginin arttığı görülmüştür. Özellikle, Fransa, yenilebilir böcekler ile ilgili çalıştaylar, sergiler ve seminerler düzenlemiştir. Londra ve Paris'te bulunan lüks restoranların menüsünde böcekler yer almaya başlamış ve ünlü şefler böceklerden lezzetli yemekler yapmışlardır.

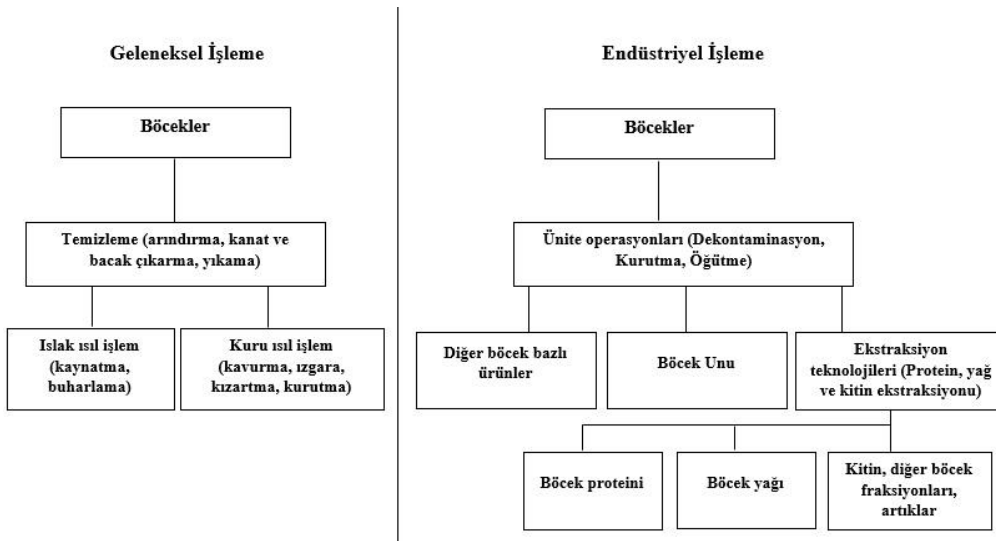


Japonya'nın böcek ihracatı 2 katı kadar artmıştır (Kaymaz ve Ulema, 2020). ABD'de özel sektör, protein çubukları, un ve kurabiyeler gibi kriket unu temelli ürünlerin geliştirilmesine çok fazla ilgi göstermektedir. Avrupa'da ise cırcır böceklerinin yanı sıra sarı un kurdu *Tenebrio molitor*, küçük un kurdu *Alphitobius diaperinus* (*Coleoptera: Tenebrionidae*) ve göçmen çekirge *Locusta migratoria* (*Orthoptera: Acrididae*) gibi böcekler daha çok pazarlanmaktadır. Örneğin, Hollanda'da evcil hayvan veya balık yemi olarak kullanılmak üzere böcek üreten şirketler, katı hijyen önlemleri uyguladıkları insan tüketimine uygun böceklerin yetiştirilmesi için özel üretim hatları kurmuşlardır (Van Huis, 2016).

Böcekler, besin kaynağı olmaları dışında, insanlara başka değerli ürünler de sağlarlar. Örneğin, arılar yılda yaklaşık 1.2-milyon ton ticari bal sağlarken, ipekböcekleri 90 bin tondan fazla ipek üretmektedir. Yine kabuklu bitler (*Hemiptera* takımı) tarafından üretilen kırmızı boyar pigment karmin, gıda, tekstil ve ilaçları renklendirmek için kullanılmaktadır. Bunlardan başka böceklerin zıplamasını sağlayan kauçuk benzeri bir protein olan resilin, elastik özelliklerinden dolayı tıpta damar ve arterleri onarmak için kullanılmıştır. Diğer tıbbi uygulamalar arasında kurtçuk tedavisi yanında bal, propolis, arı sütü ve arı zehiri gibi arı ürünlerinin travmatik veya enfekte yara ve yanıkların tedavisinde kullanımı yer almaktadır (Van Huis vd., 2013).



Şekil 1. Çiflikten tüketiciye insan gıdası amaçlı solucan teknolojisi (Elhassan vd., 2019)



Şekil 2. Yenilebilir Böceklerin geleneksel ve endüstriyel işleme aşamaları (Manditsera, 2019)

## **6. Yenilebilir Böcekler ve Kabul Edilirlikleri**

Böcek tüketimi (entomofaji), dünyada özellikle bazı Afrika, Asya ve Güney Amerika ülkelerinde geleneksel beslenme yöntemi içerisinde sayılmakta ve halen en az iki milyar insanın diyetinin bir parçasıdır ve şu anda 1900'den daha fazla böcek türü gıda olarak kullanılmaktadır. Yenilebilir böceklerin 2018 yılındaki pazar büyüklüğü, 400 milyon doların üzerindedir. Böcek endüstrisi, 2025 yılına kadar da 1.4 milyar doların üzerinde bir büyüme hedeflemektedir (Demirci ve Yetim, 2021).

Dünyada tüketilen böcek türleri kın kanatlılar (%31), tırtıllar (%18), karıncalar (%14), çekirge ve cırcır böcekleri (%13)'dir. Avrupa ve Kuzey Amerika dışında birçok ülkede böcekler lezzetli besinler olarak kabul görmektedir (Jansson ve Berggren, 2015). Batı dünyası böcekleri genellikle "gıda dışı" maddeler olarak kabul etmekte olup, yasal otoriteler insan diyetine eklemenin önünde önemli kültürel engeller ile karşılaşmaktadır. Örneğin, yakın zamana kadar Avrupa ülkelerinde böceklerin insan gıdası olarak üretimi ve ticareti yasak tutulmuştur (AB, 2015/2283; Nyberg vd., 2020).

Dünyada böcekler farklı şekillerde hazırlanır ve tüketilir. Örneğin, cırcır böcekleri pişirildikten sonra bütün olarak yenilebilirken, un kurdu larvaları kaynatıldıktan sonra ve bütün olarak tüketilebilir. Böcekler kurutulabilir, öğütülebilir ve daha sonra ekmek, makarna ve sosis gibi farklı gıdaları nütrisyonel bakımdan zenginleştirmek için eklenebilir. Bazı bölgelerde öldürdükten sonra, kurutmadan taze olarak da gıda ürünlerine eklenmektedir. Örneğin, burger gibi işlenmiş gıdalar, taze yemek kurtlarının sığır etine bütün olarak eklenmesiyle hazırlanabilir ve son olarak protein veya yağları eksüde edilerek çeşitli gıdalara katkı amaçlı kullanılabilir (Elhassan vd., 2019).

Batı toplumlarındaki böcekleri bütün olarak tüketmek konusunda isteksizlik nedeniyle böcek temelli un, granül ve macunlar böceğin gizlendiği alternatif ürünler şeklinde sunulmaktadır. Ayrıca böceklerden protein, yağ, kitin, mineral ve vitamin elde etmek ve onları diğer gıdalarda katkı olarak kullanmak da mümkündür (Jansson ve Berggren, 2015; Svanberg & Berggren, 2021). Sonuç olarak dünyada birçok böcek türünün oldukça değerli ve güvenli bir gıda maddesi olarak değerlendirilebileceği ileri sürülmektedir (Skotnicka vd., 2021).

Genel olarak insanların zararlı kabul ettikleri böceklerle ilgili dünyada ve İslam dünyasında görüş birliği bulunmamaktadır. İslam kaynaklarına göre yalnızca çekirge helallik açısından farklı bir konuma sahiptir. Hanefi ve Hanbeli mezheplerine göre çekirgeler hariç her türlü haşeratın ve karada yaşayan diğer eklembacaklıların tüketimi helal görülmemektedir. Benzer şekilde, batı toplumlarında da böcek yeme fikri iğrenç bulunmaktadır. Ancak, böcek ve böcek ürünlerinin hayvan yemi olarak kullanılması konusunun etik veya helallik açısından ilgili otoritelerce değerlendirilmesi faydalı olacaktır. Bu sebeple, etik açıdan ele alındığında da bazı çevrelerin gıda yetersizliği veya açlık sorununa çözüm olarak "böcek tüketin" demesi toplumların genelinde gayri-ahlaki ve aşağılayıcı algılanmaktadır (Demirci & Yetim, 2011).

## **7. Sonuç**

Giderek artan dünya nüfusu ile ortaya çıkan protein ihtiyacını karşılayabilmek ve çevre sorunlarını azaltabilmek için sürdürülebilir kaynaklara olan talep artmıştır. Böcek proteinleri de zengin besin içeriği ve çevre dostu özellikleri ile alternatif protein kaynağı olmaları yanında sürdürülebilir ve yenilikçi bir çözüm olarak kabul edilmektedir. Fakat bunların insan tüketimine dâhil olabilmesi için ilk önce insan sağlığına olası fayda ve zararlarının belirlenmesi ve tüketici kabulünün sağlanması gerekmektedir. Bu yüzden etik veya helallik kaygısı taşımayan kitlelerin doğrudan böcek tüketmemeleri durumunda un haline getirilerek veya proteinleri ekstrüde edildikten sonra bazı gıdalara ilave edilerek tüketmeleri önemli olabilir. Böcek proteinlerinin güvenliğiyle ilgili yapılan araştırma sonuçları henüz doyurucu seviyede değildir. Bu nedenle risk analizlerinin yapılmasına ve yasal düzenlemelerin oluşturulmasına ihtiyaç bulunmaktadır. Ayrıca dini ve etik kaygıları giderecek tedbirlerin alınması sayesinde bunların tüketiciler nezdinde benimsenmeleri ve böcek proteininin günlük diyetine dâhil edebilmesi önemli bir adım olacaktır. Bu amaçla gerekli bilimsel araştırma ve teknolojik yatırımların yapılması ve pazarlama stratejilerinin geliştirilmesine ihtiyaç vardır.

## Kaynakça

- Adegboye ARA, Bawa M., Keith R., Twefik S., & Tewfik I. (2021). Edible Insects: Sustainable nutrient-rich foods to tackle food insecurity and malnutrition. *World Nutr J*, 12(4): 176-189.
- Candoğan PDK., & Özdemir G. (2021). Sürdürülebilir Et Üretimi İçin Yenilikçi Yaklaşımlar. *Gıda*, 46(2): 408-427.
- Conti MV, Kalmipourtzidou A, Lambiase S, De Giuseppe R., & Cena H. (2021). Novel Foods and Sustainability as Means to Counteract Malnutrition in Madagascar. *Molecules*, 26 (8): 2142.
- De Castro RJS, Ohara A., dos Santos Aguilar J.G., & Domingues MAF. (2018). Nutritional, functional and biological properties of insect proteins: Processes for obtaining, consumption and future challenges. *Trends Food Sci Technol*, 76: 82-89.
- Demirci M., & Yetim H. (2021). İnsan gıdası olarak böcek proteinleri tüketimi ve getirdiği sorunlar. *Helal ve Etik Araşt. Derg*, 3(2): 11-22.
- Dobermann D, Swift J.A., & Field L.M. (2017). Opportunities and hurdles of edible insects for food and feed. *Nutr Bull*, 42(4): 293-308.
- EFSA. 2015. Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. *EFSA Journal*, 13(10): 4257.
- Elhassan M, Wendin K, Olsson V., & Langton M. (2019). Quality aspects of insects as food nutritional, sensory, and related concepts. *Foods*, 8(3): 95.
- Gere A. (2017). Insect Based Foods a Nutritional Point of View. *Nutri Food Sci Int J*, 4(2): 555638.
- Gravel A., & Doyen A. (2020). The use of edible insect proteins in food: Challenges and issues related to their functional properties. *Innov Food Sci Emerg Technol.*, 59: 102272.
- Güneş E., Sormaz Ü., & Nizamhoğlu H.F. (2017). Gıda ve Turizm Sektöründe Böceklere Yer Var mı? *Uluslar Türk Dünya Turizm Araşt Derg*, 2(1): 63-75.
- Hadi J., & Brightwell G. (2021). Safety of Alternative Proteins: Technological, Environmental and Regulatory Aspects of Cultured Meat, Plant-Based Meat, Insect Protein and Single-Cell Protein. *Foods*, 10(6): 1226.
- Henchion M., Hayes M., Mullen A.M., Fenelon M., & Tiwari B. (2017). Future protein supply and demand: strategies and factors influencing a sustainable equilibrium. *Foods*, 6(7): 53.
- Hoffmann-Sommergruber K. (2021). Rare food allergens. *Allergologie Select*, 5: 29.
- Ignaczak A., & Kowalska H. (2021). Nutritional value of edible insects in relation to consumer acceptance. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 1: 130-140.
- Imathiu S. (2020). Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects. *NFS Journal*, 18: 1-11.
- Jansson A., & Berggren A. (2015). Insects as food-something for the future? Swedish University of Agricultural Science. Erişim [https://pub.epsilon.slu.se/12935/7/jansson\\_a\\_berggren\\_a\\_151230.pdf](https://pub.epsilon.slu.se/12935/7/jansson_a_berggren_a_151230.pdf)
- Karaman R., & Girgin G.K. (2020). Yenilebilir Böcekler Kapsamında Çekirge ve Karides. *J Global Tourism Technol Res*, 1(1): 1-11.
- Kaymaz E., & Ulema Ş. (2020). Yenilebilir Böceklerin Menülerde Kullanılması Üzerine Bir Araştırma- Kapadokya Örneği. *J Travel Res*, 14: 46-63.
- Kibar S. (2017). Böcek Yemenin Nesi Yanlışı?. *Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 8(1): 96-113.
- Kim T.K., Yong H.I., Kim Y.B., Kim H.W., & Choi Y.S. (2019). Edible insects as a protein source: a review of public perception, processing technology, and research trends. *Food Sci Anim Resour*, 39(4): 521.
- Lange K.W., & Nakamura Y. (2021). Edible insects as future food: chances and challenges. *J Funct Foods*, 1(1): 38-46.
- Lange K., & Nakamura Y. (2021). Edible insects as a source of food bioactives and their potential health effects. *J Food Bioact*, 14: 4-9.
- Manditsera F.A., Luning P.A., Fogliano V., & Lakemond C.M. (2019). The contribution of wild harvested edible insects (Eulepida mashona and Henicus whellani) to nutrition security in Zimbabwe. *J Food Compost Anal*, 75: 17-25.
- Muslu M. (2020). Sağlığın Geliştirilmesi Ve Sürdürülebilir Beslenme İçin Alternatif Bir Kaynak: Yenilebilir Böcekler. *Gıda*, 45(5): 1009-1018.
- Mwangi M.N., Ooninx DGAB, Stouten T., Veenenbos M., Melse-Boonstra A., & Dicke M, van Loon JJA. (2018). Insects as sources of iron and zinc in human nutrition. *Nutr Res Rev*, 31(2): 248-255.
- Nongonierma A.B., & FitzGerald R.J. (2017). Unlocking the biological potential of proteins from edible insects through enzymatic hydrolysis: A review. *Innov Food Sci Emerg Technol*, 43: 239-252.
- Nyberg M., Olsson V., & Wendin K. (2020). Reasons for eating insects? Responses and reflections among Swedish consumers. *Int J Gastron Food Sci*, 22: 100268.

- Nyberg M., Olsson V., & Wendin K. (2021). 'Would you like to eat an insect?' Children's perceptions of and thoughts about eating insects. *Int J Consum Stud*, 45(2): 248-258.
- Odabaşı F., & Yeşilbağ D. (2021). Broyler Beslemede Protein İhtiyacının Karşılmasında Yeni Bir Yaklaşım: Böcekler. *J Anatol Environ Animal Sci*, 6(2): 180-187.
- Oghenesuvwe E.E., & Paul C. (2019). Edible insects bio-actives as anti-oxidants: Current status and perspectives. *J Tradit Complement Med*, 10(2): 89-102.
- Ojha S., Bußler S., Psarianos M., Rossi G., & Schlüter O.K. (2021). Edible insect processing pathways and implementation of emerging technologies. *J Insects as Food Feed*, 7(5): 877-900.
- Onwezen M.C., Bouwman E.P., Reinders M.J., & Dagevos H. (2021). A systematic review on consumer acceptance of alternative proteins: Pulses, algae, insects, plant-based meat alternatives, and cultured meat. *Appetite*, 159: 105058.
- Orkusz A. (2021). Edible Insects versus Meat Nutritional Comparison: Knowledge of Their Composition Is the Key to Good Health. *Nutrients*, 13(4): 1207.
- Pali-Schöll I., Binder R., Moens Y., Polesny F., & Monsó S. (2019). Edible insects defining knowledge gaps in biological and ethical considerations of entomophagy. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 59(17): 2760-2771.
- Payne C.L., & Van Itterbeeck J. (2017). Ecosystem services from edible insects in agricultural systems: a review. *Insects*, 8(1): 24.
- Peksever D., Erdoğan B., Görür A., Sümer O., & El S. (2021). Sürdürülebilir Protein Kaynağı Olarak Yenilebilir Böceklerin Besleyici Özellikleri Ve Tüketici Kabulü. *Gıda*, 46(5): 1105-1116.
- Ribeiro J., Sousa-Pinto B., Fonseca J., Fonseca S.C., & Cunha L. (2021). Edible insects and food safety: allergy. *J Insects as Food Feed*, 7(5): 833-847.
- Seni A. (2017). Edible insects: Future prospects for dietary regimen. *Int J Curr Microbiol Appl Sci*, 6: 1302-1314.
- 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.
- Sogari G., Liu A., & Li J. (2019). Understanding Edible Insects as Food in Western and Eastern Societies. In D, Bogueva D, Marinova T, Raphaely K, Schmidinger (Ed.), *Environmental, Health, and Business Opportunities in the New Meat Alternatives Market* (pp. 166-181). IGI Global.
- Svanberg I., & Berggren S. (2021). Insects as past and future food in entomophobic Europe. *Food, Culture & Society*, 24(5): 624-638.
- Tang C., Yang D., Liao H., Sun H., Liu C., Wei L., & Li F. (2019). Edible insects as a food source: a review. *Food Production, Processing and Nutrition*, 1(1): 1-13.
- Tekeli A. (2014). Hayvan Beslemede Alternatif Protein Kaynağı Olarak Böceklerin Kullanımı. *Türk Tarım Doğa Bilim Derg*, 1(4): 531-538.
- Ünal Y., & Arslan D. (2020). Böcekçil Beslenme ve Bazı Büyük Memeli Yaban Hayvanı Türlerinin Besin Tercihleri. *Bilge Int J Sci Technol Res*, 4(2): 160-170.
- Van Huis A. (2016). Edible insects are the future. *Proc Nutr Soc*, 75(3): 294-305.
- Van Huis A., Rumpold B.A., Van der Fels-Klerx H.J., & Tomberlin J.K. (2021). Advancing edible insects as food and feed in a circular economy. *J Insects as Food and Feed*, 7 (5): 935-948.
- Van Huis A., van Itterbeeck J., Klunder H., Mertens E., Halloran A., Muir G., & Vantomme P. (2013). Edible insects: future prospects for food and feed security (171). FAO Forestry Paper. Erişim: <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/258042>
- Vangsoe M.T., Thogersen R., Bertram H.C., Heckmann L.H.L., & Hansen M. (2018). Ingestion of insect protein isolate enhances blood amino acid concentrations similar to soy protein in a human trial. *Nutrients*, 10(10): 1357.
- Wade M., & Hoelle J. (2020). A review of edible insect industrialization: scales of production and implications for sustainability. *Environ. Res. Lett.*, 15(12): 123013.