



ALTERNATİF PROTEİN KAYNAĞI OLARAK YENİLEBİLİR BÖCEKLER VE TÜKETİCİ KABULÜ

Harun Reşit Özdal^{1*}, Emine Nakilcioğlu²

¹ Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü İzmir/ Türkiye

² Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İzmir/ Türkiye

Geliş /Received 06.02.2024; Kabul /Accepted: 09.05.2024; Online baskı /Published online: 27.05.2024

Özdal, H.R., Nakilcioğlu, E. (2024). Alternatif protein kaynağı olarak yenilebilir böcekler ve tüketici kabulü. GIDA (2024) 49 (3) 567-579 doi: 10.15237/ gida.GD24023

Özdal, H.R., Nakilcioğlu, E. (2024). Edible insects as alternative protein sources and consumer acceptance. GIDA (2024) 49 (3) 567-579 doi: 10.15237/ gida.GD24023

ÖZ

Böcekler antik çağlardan beri birçok kültürde yerel mutfağın bir parçası olmuştur. Dünyanın birçok bölgesinde hali hazırda tüketilmekte olan böceklerin besin içeriği, onların alternatif protein kaynağı olarak da dikkat çekmesine sebep olmuştur. Dünya nüfusunun yaklaşık %10'u gıdaya erişim konusunda problem yaşamakta, neredeyse 1 milyar insan yetersiz beslenmeye bağlı hastalıklarla karşı karşıya gelmektedir. Artan nüfusun gıda talebini karşılamak için mevcut gıda üretim modeli yetersiz kaldığı gibi, nüfusa bağlı olarak artan tarımsal üretim de atmosfere daha fazla sera gazı salınımına sebep olarak küresel ısınmayı hızlandırmaktadır. Böcekler yüksek protein içerikleri sayesinde nüfusun protein ihtiyacını karşılamak için geleneksel hayvan proteinlerinin yerini alabilecek potansiyele sahiptir. Ancak bu hususta yetkili otoritelerin gıda güvenliği endişeleri olduğu gibi, tüketici kabulünde de zorluklar bulunmaktadır. Üretim modelleri ve ileri işleme teknikleri ile gıda güvenliği endişelerinin, farklı pazarlama ve market stratejileri ile de tüketici kabulünde yaşanan zorlukların üstesinden gelmek mümkündür. Bu derlemede alternatif protein kaynağı olarak yenilebilir böceklerin potansiyeli ve yenilebilir böceklerle olan tüketici tutumu değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Yenilebilir böcekler, alternatif protein kaynakları, tüketici kabulü

EDIBLE INSECTS AS ALTERNATIVE PROTEIN SOURCES AND CONSUMER ACCEPTANCE

ABSTRACT

Insects have been a part of local cuisine in many cultures since ancient times. The nutritional content of insects, which are currently consumed in many parts of the world, has attracted attention as an alternative protein source. Approximately 10% of the world's population has problems accessing food, and almost 1 billion people face diseases related to malnutrition. Just as the current food production model is insufficient to meet the food demand of the increasing population, increasing agricultural production in conjunction with population growth accelerates global warming by causing more greenhouse gas emissions into the atmosphere. Insects have the potential to replace traditional animal proteins to supply the protein requirements of the population because of their high protein content. However, in this regard, the competent authorities have food safety concerns, as well as

* Sorumlu yazar/ Corresponding author:

✉:harunresit.ozdal@tarimorman.gov.tr

☎: (+90) 232 846 1331

Harun Reşit Özdal; ORCID no: 0009-0005-5844-7221

Emine Nakilcioğlu; ORCID no: 0000-0003-4334-2900

difficulties in consumer acceptance. It is possible to overcome food safety concerns with production models and advanced processing techniques as well as the difficulties experienced in consumer acceptance with different marketing and market strategies. In this review, the potential of edible insects as an alternative protein source and consumer attitude towards edible insects were evaluated. **Keywords:** Edible insects, alternative protein sources, consumer acceptance

GİRİŞ

Dünya insan gözünden, her ne kadar büyük bir gezegen gibi görünse de sınırlı kaynaklara sahiptir. Tarıma elverişli toprakların azlığı, gün geçtikçe artan kuraklık ve iklim değişikliği gibi sıkıntılar artan nüfusun gıda güvenliğini tehdit etmektedir (Rezvi vd., 2023). Günümüzde dünya 8 milyardan fazla insana ev sahipliği yapmakta ve nüfusun 2100 yılı itibarı ile 10 milyarın üzerinde olacağı öngörülmektedir (Ritchie, 2023). Nüfusu beslemek için gıda üretim zincirinin büyümesi ve tarımsal faaliyetlerin artması sera gazı salınımında %31'lik bir oranda artışa neden olarak ekosisteme, biyolojik çeşitliliğe büyük zarar vermiş, asit yağmurları sel, kuraklık ve toprak kayması gibi çevresel felaketlere yol açmıştır (Kusmayadi vd., 2021). Artan üretime rağmen dünya nüfusunun %10'u yetersiz beslenme ve gıdaya erişim problemi ile karşı karşıyadır (Qu vd., 2023). Neredeyse 1 milyar insan yeterli protein ve ihtiyaç duyduğu kaloriye erişemediği için kas ve immün sistem zayıflığı, büyüme geriliği gibi yetersiz beslenmeye bağlı hastalıklarla yüz yüze gelmektedir (Doğan ve Özalın, 2022). Artan popülasyon ile sürdürülebilir bir gıda üretim sistemi yaratmak gün geçtikçe daha da zorlaşırken, önümüzdeki on yıllarda gıda üretiminin nüfusa bağlı olarak dramatik bir şekilde artış göstermesi gerektiği düşünülmektedir (Berners-Lee vd., 2018).

Modern dünyada bitki ve hayvan kaynaklarını kullanarak var olan nüfusun ihtiyacı olan proteini üretmek sürdürülebilir olmadığı gibi, geleneksel yöntemlerle ihtiyacın karşılanması için verimli ve büyük tarım arazileri, temiz ve içilebilir su gibi uygulamalara ihtiyaç vardır. Giderek artan nüfus ve nüfusu etkileyen gıda kıtlığı düşünüldüğünde geleneksel kaynaklara alternatif protein kaynakları bulmak özellikle gelişmekte olan ülkeler için çözülmesi gereken bir problem haline gelmiştir (Cardoso Alves vd., 2023).

Ülkelerin gelişmişlik düzeylerinin ölçütlerinden biri de hayvansal protein tüketimidir. Gelişmiş ülkelerde hayvansal protein tüketimi daha fazla iken gelişmekte olan ülkelerde hayvansal protein tüketim miktarı halen istenen düzeylerde değildir (Terin ve Bilgic, 2018). Dünya genelinde kişi başına düşen günlük protein tüketimi ortalaması 83 gram iken, bunun yaklaşık %40'ını hayvansal proteinler oluşturmaktadır (Ergün Bayram, 2021). Ancak giderek artan akademik çalışmalar geleneksel hayvansal protein üretiminin çevreye ve iklim değişikliğine etkileri konusuna işaret etmektedir (Sanchez-Sabate ve Sabaté, 2019; González vd., 2020). Günümüzdeki gıda üretim modeli atmosfere salınan sera gazının 1/3'ünden sorumlu tutulmaktadır (Crippa vd., 2021). Nüfusun artışı ile birlikte gelen talebi karşılamak için üretimin de iki katına çıkacağı ve bu geleneksel üretim modelinin atmosfere saldığı sera gazında da üretime paralel olarak artış olacağı öngörülmektedir (van Zanten vd., 2016). Bu endişelere ek olarak et ve işlenmiş et ürünlerinin tüketiminin kanser, diyabet ve kardiyovasküler hastalıklar gibi kronik hastalık riskini artırdığını işaret eden çalışmalar vardır (Almeida vd., 2023).

Alternatif protein kaynağı olarak bitkiler, algler, funguslar, mikroorganizmalar ve böcekler kullanılabildiği gibi kültür etini de alternatif protein kaynağı olarak değerlendirmek mümkündür (Grossmann vd., 2021). Bu alternatif protein kaynakları birbirleri arasında içerdikleri protein miktarı, protein kalitesi ve proteinlerin aminoasit profili gibi faktörler ile karşılaştırılmaktadır. Besinsel içeriği haricinde aynı zamanda bu alternatif protein kaynaklarının çevreye olan etkisi, karbon ayak izi, su ve arazi kullanımı gibi faktörler de birbirlerine karşı avantajları ve dezavantajları bakımından irdelenmektedir.

**GELENEKSEL HAYVANSAL
PROTEİNLER İLE YENİLEBİLİR
BÖCEKLERİN BESİN DEĞERLERİ**

Geleneksel hayvansal protein üretiminin yarattığı bu sorunlara ve endişelere çözüm için; böceklerin alternatif protein kaynağı olarak kullanımı

önerilen yaklaşımlardan biridir (McClements, 2020). Tüketilebilir bir çok böcek türü makro ve mikro besinler yönünden zengindir (Nowak vd., 2016). Çizelge 1’de yenilebilir bazı böcek türleri ile geleneksel hayvansal gıdaların karşılaştırılması bulunmaktadır.

Çizelge 1. Yenilebilir bazı böcek türleri ile bazı hayvan kaynaklarının besin içerikleri (Orkusz, 2021)

Besin Kaynağı	Enerji (kcal/100 g)	Protein (g/100 g)	Yağ (g/100 g)	Lif (g/100 g)
<i>Acheta domesticus</i> Y	153	20.5	5.06	4.6
<i>Acheta domesticus</i> L	137.5	15.4-17.5	4.4-7.9	2.3
<i>Tenebrio molitor</i> Y	178	24.13	6.14	7.4
<i>Tenebrio molitor</i> L	247	25	12.91	3.52
<i>Gonimbrasia belina</i> L	161	35.2	15.2	-
<i>Pyralidae</i> L	274.7	16.1	24.9	2.1-3.4
Koyun budu	196.56	15.12	15.12	-
Dana budu	85.32	15.72	2.45	-
Kaz eti	140.63	5.78	13.04	-
Ördek eti	199.04	8.64	18.30	-
Tavuk budu	125	17.8	6	-

Y: Yetişkin L: Larva

Yenilebilir 2000’in üzerinde bilinen böcek türü bulunmakta (Okyere, 2023) ve *Tenebrionidae* familyasının böcekleri (sarı un kurdu *Tenebrio molitor*, daha küçük un kurdu *Alphitobius Diainus* ve süper kurt *Zophobas morio*); cırcır böcekleri gibi bazı ortopteranlar (ev cırcır böceği *Acheta domesticus*; tropikal ev cırcır böceği *Grylodes sigillatus*) ve iki benekli cırcır böceği *Gryllus bimaculatus* veya göçmen çekirge *Locusta migratoria* gibi çekirgeler ile büyük balmumu güvesi *Galleria mellonella* gibi bazı *Lepidopteran* türleri ve *Bombyx mori* gibi ipekböcekleri yenilebilir bu böcek türleri arasındadır (Huis vd., 2020). Yenilebilir böcekler

protein, yağ, polisakaritler ile vitamin ve mineralleri ihtiva etmektedir. Böcekler sadece besin değerleri yönünden değil ayrıca esansiyel aminoasitler ve doymamış yağ asitleri bakımından da zengin bir kaynaktır (Orkusz, 2021). Çizelge 2’de esansiyel aminoasitler bakımından geleneksel hayvansal protein kaynakları ile böcekler arasında karşılaştırma yapılmıştır. İçerdikleri yüksek B12 vitamini, demir, çinko gibi mineraller, lif, esansiyel aminoasitler, omega-3, omega-6 ve antioksidanlar sayesinde sağlık üzerinde de olumlu etkileri bulunmaktadır (Nowakowski vd., 2022).

Çizelge 2 Alternatif protein kaynaklarından elde edilen proteinlerin ve tavuk yumurtası proteininin aminoasit profili (g/100 g) (Sobczak vd., 2023)

Protein Kaynağı	Alg	Bakteri	Mantar	Kril	Böcekler	Tavuk Yumurtası Proteini
İzolösin	4.7	3.3	1.8	2.5	3.8	5.9
Lösin	8.6	5.4	2.9	4	6.5	8.41
Valin	6.2	4.2	2.2	2.6	5.2	7.25
Lizin	6.3	4.3	3	4.4	5.1	5.95
Fenilalanin+ trozin	9	5.8	3.1	5	9.7	9.97
Metiyonin+ sistein	3.1	2.2	1	2.4	3.5	6.16
Triptofan	0.9	0.8	0.3	0.7	1.2	1.48
Treonin	5.4	3.3	2	2.2	3.7	4.30

YENİLEBİLİR BÖCEKLERİN SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ

Yenilebilir böceklerin sağlık üzerine etkileri konusunda birçok çalışma bulunmaktadır. İçerdikleri kitin, yağ asitleri ve glikozaminoglikan gibi birçok besin maddesi potansiyel olarak insan sağlığı için yararlıdır. Yapılan çalışmalar yenilebilir böceklerin bağırsak florasında bulunan probiyotik bakterilerin gelişimini destekleyerek diyare, şişkinlik, antibiyotik yan etkileri gibi gastrointestinal rahatsızlıkları giderdiğini göstermiştir (Vangsoe vd., 2018). Gökkuşuğu alabalıkları üzerinde yapılan bir çalışmada kara asker sineği larvaları ile beslenen alabalıkların bağırsak floralarındaki mikroorganizma çeşitliliğinin arttığı gözlenmiş, floradaki bu çeşitlilik fırsatçı patojenlerin bakterilerle rekabetine yol açarak hastalıklara karşı dayanıklılığı artırdığı görülmüştür (Bruni vd., 2018). Cırcır böceklerinde bulunan glikozaminoglikan anti-inflamatuvar etki göstererek kronik artrit hastalıklarına karşı etki göstermektedir (Ahn vd., 2014).

Diyabetik farelerde yapılan çalışmada glikozaminoglikan takviyesini içeren bir diyetle tedavi alan diyabetik farelerin, kan şekeri ve LDL-kolesterol seviyelerinde bir azalma ve antioksidan enzimlerin (katalaz, süperoksit dismutaz ve glutatyon peroksidaz) aktivitesinde bir artış gösterdiği bulunmuştur (Ahn vd., 2020). Yumurta tavukları üzerinde yapılan bir çalışmada kara asker sineği larvalarıyla beslenen tavukların daha düşük kolesterol ve trigliserit seviyesi gösterdikleri, kandaki kalsiyum değerlerinin de yükseldiği görülmüştür (Marono vd., 2017). Yenilebilir böcekler zengin vitamin ve mineral içeriğiyle hastalıkların önlenmesi konusunda potansiyel bir öneme de sahiptir. Cırcır böceğinin zengin B12 vitamini içeriği özellikle yaşlı bireylerde vitamin eksikliğine bağlı olarak gelişen bilişsel gerilemenin ve kemik kırılmalarının önlenmesi hususunda yardımcı olabilir, kardiyovasküler hastalıklarla ilişkilendirilen kan plazma proteini homosistein konsantrasyonunu azaltarak kardiyovasküler hastalık riskini de azaltabilir (D'Antonio vd., 2023).

İnsanlar üzerinde sağlık etkilerini inceleyen kapsamlı bir çalışma bulunmamakla birlikte yapılan bazı çalışmalardan olumlu sağlık sonuçları alınmıştır. Ji ve ark. (2022) ipek böceği (*Bombyx mori*) larvaları proteinlerinin kolon kanseri hücrelerinin kontrolsüz çoğalmasına etkisini inceledikleri çalışmada, ipek böceği larvaları proteininin kolon kanseri hücrelerinde oksidasyona sebebiyet verdiğini ve hücre apoptozunu artırdığını tespit etmişlerdir. 2008 yılında yine ipek böceği larvaları ile yapılan bir çalışma (Li vd., 2018) larvadan elde edilen protein izolatlarının hücre apoptozunu artırarak mide kanseri üzerinde etkili olabileceğini göstermiştir. Kim ve ark. (2010) kırlangıçkuysuklu kelebekler (*Papilio xuthus*) ile yaptıkları çalışmada izole ettikleri papain peptitlerinin mantarlara, Gram negatif ve Gram pozitif bakterilere karşı etki gösterdiğini ve insan kırmızı kan hücrelerine karşı ise hemolitik bir aktivite göstermediğini tespit etmişlerdir. Kan basıncını, kan şekeri ve kandaki lipid konsantrasyonunu düzenlediğini gösteren çeşitli çalışmalar da vardır (Wang vd., 2011; Wang vd., 2014; Aznar-Cervantes vd., 2021). Yenilebilir böceklerin insan diyetinin bir parçası olması yaygınlaştıkça alanda yapılan çalışmalar artacağı düşünülmektedir (Stull, 2021).

GIDA GÜVENİLİRLİĞİ

Biyolojik ve kimyasal riskler

Sağlık yararları ve besin değerleri düşünüldüğünde böceklerin tüketimi sağlıklı gibi gözükse de çevreden kaynaklı toksinler, böceklerin kendi zararlı metabolitleri ve pestisit kalıntılarının varlığı, ağır metal birikimleri ve patojen mikroorganizmaların varlığı gıda güvenirliliği endişelerinin başlıca kaynağıdır (Murefu vd., 2019; Henderson, 2022). Yapılan bir çalışmada un kurdu ve cırcır böceklerinde sporlu bakteriler ve *Enterobacter* spp. tanımlanmıştır (Klunder vd., 2012). Bir derlemede, incelenen bazı yenilebilir böceklerde tanımlanan bakterilerin çoğunluğunu *Bacillus* ve *Staphylococcus* cinslerinin oluşturduğu belirtilmiştir (Amedi vd., 2016). Poma ve ark. (2017) bazı yenilebilir böcek türleri ile yaptıkları çalışmada böceklerdeki ağır metaller ve dioksin, poliklorlu bifeniller (PCB), diklorodifeniltrikloroetan (DDT) ve pestisit kalıntılarının seviyesi ölçmüş, söz konusu kalıntı

miktarlarının yaygın olarak tüketilen hayvansal ürünlerden daha düşük seviyede olduğunu tespit etmişlerdir. Çizelge 3’de yenilebilir böceklerde

gıda güvenilirliğini tehdit eden potansiyel tehlikeler listelenmiştir.

Çizelge 3 Yenilebilir böceklerde gıda güvenilirliğini tehdit eden potansiyel tehlikeler (Banach vd., 2022)

Tehlike		Tehlike	
Alerjenler	x	Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAHs)	-
Mikroplastikler ve nanoplastikler	-	İşleme kontaminantları	x*
KİMYASAL TEHLİKE		Veteriner ilaç kalıntıları	
Antinutrientler	x*	MİKROBİYEL TEHLİKE	
Bromlu alev geciktiriciler	-	Bakteriyel toksinler	-
Dioksinler ve poliklorlu bifeniller	x	GDO	-
Ağır metaller	x	Parazitler	x
Deniz biyotoksinleri	-	Prionlar	x
Mikotoksinler	x*	Sporlu bakteriler	x
Bitki koruma ürünleri ve biyositler	x	Vejetatif bakteriler	x
Bitki toksinleri	-	Virüsler	x

“-” Potansiyel risk bulunmamaktadır. “x” risk vardır. “x*” risk vardır ve bilgi eksikliği mevcuttur.

Avrupa Birliği sınırları içerisinde insan tüketimine sunulacak yenilebilir böcekler için herhangi bir gıda güvenilirliği riskinin bulunmaması, doğru bilgilendirmenin ve etiketlemenin yapılması, beslenme açısından bir dezavantaj bulundurmaması koşulu aranmaktadır (Anonymous, 2015b). Yeni gıda ürünlerinin değerlendirilmesinde Avrupa Gıda Güvenliği Ajansı (EFSA) aktif rol almakta ve riskin değerlendirilmesinde söz konusu gıdanın tanımlanması, karakterize edilmesi, üretim ve işleme sırasında oluşabilecek risklerin göz önünde bulundurulması amaçlanmaktadır (Turck vd., 2021).

Kimyasal ve çevresel riskleri elemine etmek için böceklerin yaban hayattan toplanması yerine kapalı ve kontrollü bir ortamda tarımının yapılması çevresel bulaşanları engellemek için bir çözüm yolu oluştururken, böceklerin belirli bir diyetle beslenmeleri, kendi metabolitlerinden gelen toksisiteyi engellemeye yardımcı olacaktır. Uygun işleme metotları ile muamele edilmesi, mikrobiyolojik riskler elemine ederek, yenilebilir böcekler için yeterli gıda güvenilirliği sağlayacaktır (Murefu vd., 2019; Baiano, 2020; Imathiu, 2020).

Alerjenler

Gıda alerjisi vücudumuzun zararsız gıdalara ve gıda bileşenlerine gösterdiği savunma sisteminin

bir yan etkisidir. Alerjik reaksiyon savunma sisteminin gıdada bulunan spesifik protein ve proteinlere vermiş olduğu anormal cevap olarak düşünülmektedir (de Gier ve Verhoeckx, 2018). Yenilebilir böceklerin gıda olarak kullanılması besin içerikleri ve sahip oldukları biyoaktif bileşenler nedeniyle avantajlı bulunmasına rağmen yenilebilir böcek tüketimine bağlı olarak potansiyel alerjik reaksiyonların ortaya çıkması da olasıdır (Jantzen vd., 2019).

Birçok böcek proteini alerjen olarak tanımlanmış ve gıda alerjisi, EFSA tarafından yenilebilir olarak kabul edilen ilk böcek türü olan *Tenebrio molitor* dahil birçok böcek türünde ortaya konmuştur (Cunha vd., 2023). Yang ve ark. (2023)’nin yaptığı derlemede yenilebilir böceklerde en yaygın gıda alerjisi olarak tropomyosin (TM) ve arjinin kinazdan (AK) bahsedilmektedir.

Yenilebilir böcek proteinleri tüketime bağlı olarak kendi başına gıda alerjisine sebep olduğu gibi, diğer gıda alerjenleri ile çapraz reaksiyon göstererek alerjiye de sebep olmaktadır. TM ve AK’nin farelerde yapılan çalışmada serumdaki histamin ve IgE seviyesini artırdığı görülmüştür (Han vd., 2018). Çizelge 4’ de yenilebilir bazı böcek türleri ve raporlanan vaka sayıları verilmiştir.

Çizelge 4 Bazı böcek türleri ve tüketime bağlı olarak raporlanan vaka sayıları (de Gier Verhoeckx, 2018)

Böcek türü	Tüketilebilir kısmın % olarak	
	ifadesi	Raporlanan vaka sayısı
<i>Coleoptera</i> (kın kanatlılar)	%31	3
<i>Lepidoptera</i> (pul kanatlılar)	%18	12
<i>Hymenoptera</i> (zar kanatlılar)	%14	2
<i>Orthoptera</i> (düz kanatlılar)	%13	2
<i>Hemiptera</i> (yarım kanatlılar)	%10	11
<i>İsoptera</i> (termit)	%3	0
<i>Odonata</i> (kız böcekleri)	%3	0
<i>Diptera</i> (sinek)	%2	0
Diğer	%5	0

YASAL DÜZENLEMELER

Yenilebilir böceklerin gıda olarak insan tüketimine sunulması henüz dünya çapında tartışılan bir konu olduğu için birçok ülke mevzuatında bu konuda boşluklar bulunmaktadır. Literatür aramalarında böceklerin insan diyetinin bir parçası olması konusunda dünya çapında kabul görmüş bir yasal düzenleme olmamakla birlikte yenilebilir böceklerin işlenmesi ve pazarlanması ile ilgili bazı ülkelerde yasal düzenlemeler mevcuttur (Lähteenmäki-Uutela vd., 2021).

Asya ülkelerinde yenilebilir böceklerin tüketimi yaygın olmasına rağmen konuya özel bir yasal düzenleme bulunmamaktadır. Tayland'da festivallerde özellikle tercih edilen seyyar restoranlar yenilebilir birçok böcek türünü insan tüketime sunarken, Tayland Gıda ve İlaç İdaresi bu gıda ürünlerini Gıda ve Tarım Örgütü(FAO)'nün B.E.2522 (1979) yasasına dayandırarak diğer gıda olarak değerlendirmektedir (Halloran vd., 2015). Çin'de ise yenilebilir böceklerin tüketimi çok yaygın olsa da bu konuda özellikle bir yasal düzenleme bulunmamaktadır. Ancak zehirli ve nesli tükenmekte olan böceklerin tüketimi yasalarla engellenmektedir (Wang vd., 2020).

Kanada'da yenilebilir böceklerin insan tüketimine sunulabilmesi için böcek türüne spesifik başvurunun yerel otoritelerce onaylanması gerekmektedir. Amerika'da böcekler Gıda ve İlaç Dairesi tarafından gıda katkı maddesi sınıfında değerlendirilmekte, böcek bazlı gıda ürünlerinin satışına henüz izin verilmemektedir (Pressman vd., 2017). Yeni Zelanda ve Avustralya'da ise

yenilebilir böcekler özel bir atıfta bulunan bir yönetmelik bulunmamaktadır. Ancak yeni gıdaların üretilmesi hususu genel bir yönetmelik ile ele alınarak üretilen ürünlerin üretiminde yüksek hijyen standartlarına uyulması ve insan tüketimine uygunluğunun güvence altına alınması hususu bu yönetmelikte vurgulanmaktadır (Charlebois vd., 2014; Newsome vd., 2014).

Avrupa Parlamentosu ve Konseyinin yenilebilir böceklerle ilgili düzenlemelerinin tarihçesine bakıldığında: 2015/2283 sayılı tüzüğe göre yenilebilir böcekler ve bunların parçaları yeni bir gıda olarak kabul edilmekte ve 1 Ocak 2018 tarihinden itibaren yürürlüğe giren bu yeni yönetmelik, yenilebilir böcekler gibi yeni-yenilikçi gıdaların Avrupa Birliği pazarına sunulmasını kolaylaştırmaktadır (Anonymous, 2015a). Haziran 2021'de, *Tenebrio molitor* böceğinin larvaları olan sarı un kurdu, AB'de yeni bir gıda olarak onaylanan ilk böcek olurken göçmen çekirge *Locusta migratoria* Kasım 2021 tarihindeki bir düzenleme ile yenilebilir böcekler arasında izin verilen ikinci böcek olmuştur. Tropikal ev cırcır böceği (*Grylodes sigillatus*), küçük un kurdu (*Alphitobius diaperinus*), kara asker sineği (*Hermetia illucens*) ve bal arısı (*Apis mellifera*) için hali hazırda başvurular bulunmaktadır (Kröger vd., 2022).

Ülkemizde yenilebilir böcekler özel herhangi bir yasal düzenleme bulunmamaktadır. Böceklerden elde edilen bazı gıda katkı maddelerinin kullanımı pratikte görülse de tüketici tepkileri nedeniyle alan çalışması kısıtlıdır.

TÜKETİCİ KABULÜ VE YENİLEBİLİR BÖCEKLER

Hali hazırda batılı ülkelerdeki bazı tüketiciler yenilebilir böcekleri ve bunlardan işlenmiş gıdaları tüketirken, dünya genelinde yenilebilir böcekleri tüketen 2 milyardan fazla insan bulunmaktadır (Tao ve Li, 2018). 2020 yılında böcek proteinlerine olan talep 120 bin ton iken bunun 2030 yılı itibarı ile 500 bin tona ulaşacağı ve global market hacminin 8 milyar doları geçeceği tahmin edilmektedir (de Jong ve Nikolic, 2021; Liceaga vd., 2022).

Geleneksel hayvansal proteinlere alternatif olacak kaynakların araştırılması ve talebin bu yönde karşılanması ile ilgili en önemli sorunlardan bir tanesi tüketici kabulüdür (La Barbera vd., 2023). Tüketici kabulünde etkisi bulunan neofobi ve iğrenme faktörlerinin üstesinden gelmek için böceklerin nasıl gıda ürünlerine işleneceği de araştırmaların başka bir konusu olmuştur (Mancini vd., 2019; Patel vd., 2019).

Asya ülkelerinde özellikle Doğu Asya'da yenilebilir böcekler uzun yıllardır insanların diyetlerinde yer almaktadır. Asyalı insanların uzun yıllardır yenilebilir böcekleri diyetlerinin bir parçası haline getirmesinin sebebi, böceklerin yalnızca zengin protein kaynakları olması değil ayrıca elzem bir çok besini ihtiva etmesi ve diğer kaynaklara nazaran ucuz, ulaşılabilir olmasıdır (Raheem vd., 2019). Myanmar, Laos, Tayland, Endonezya, Kamboçya gibi bazı Güneydoğu Asya ülkelerinde yenilebilir böcekler yüz yıllardır geleneksel yerel mutfakın bir parçasıdır. Bu ülkelerde tarantula, ipek böceği larvası, arı larvası, çekirge, cırcır böceği gibi böcekler ve larvalar atıştırılabilir olarak tüketilmektedir (Siddiqui vd., 2023).

Kuzey Amerika ülkelerinde son yıllarda yenilebilir böceklere ilgi giderek artarken, yapılan çalışmalar genç kuşağın yenilebilir böcekleri tüketmek konusunda daha açık fikirli olduğunu göstermektedir (Barton vd., 2020). Bu ülkelerde tüketici kabulü tüketilebilir böceklerin ne şekilde sunulduğuna bağlı olarak da değişmektedir. Örneğin cırcır böceklerinden elde edilen protein tozu ile üretilmiş protein barları hem yüksek

protein içeriği hem de sürdürülebilirliği nedeniyle kabul görürken, böceklerin bütün halde sunulduğu işlenmiş diğer ürünler pek de kabul görmemektedir (Barton vd., 2020; Ardoin ve Prinyawiwatkul, 2021).

Güney Amerika ülkelerinde yüz yıllardır geleneksel protein kaynağı olarak böcekler tüketilmektedir. Ancak gıda üretimindeki modernizasyon ve batılaşma ile yenilebilir böceklere olan ilgi azalmıştır. Çevre ve geleneksel hayvansal protein üretimi arasındaki ilişki anlaşıldıkça, yenilebilir böceklere olan ilgi de tüketici düzeyinde artmaya başlamıştır (Lucchese-Cheung vd., 2020).

Afrika ülkelerinde ise kültürün bir parçası olarak geleneksel lezzet olarak kabul gören böcekler yüksek bir tüketici kabul oranı göstermektedir. Özellikle besin kıtlığı nedeniyle yetersiz beslenmeyle karşı karşıya kalan Afrika ülkelerinde yenilebilir böcekler geleneksel hayvansal protein kaynaklarına alternatif olarak yetersiz beslenme ile ortaya çıkan hastalıklarla mücadele konusunda umut olmaktadır (Hlongwane vd., 2021).

Yenilebilir böcekler geçmişten günümüze, dünyanın birçok yerinde örn. Afrika, Asya ve Latin Amerika'da tüketilmektedir. Ancak çoğu Avrupalı için yenilebilir böcekleri tüketmek yeni ve garip bir düşünce olarak görülmektedir. Bunun sonucu olarak Avrupa ülkelerinde yenilebilir böceklerin tüketimine karşı tüketicilerin kabul oranı oldukça düşük bulunmuştur (Raheem vd., 2019). Yapılan bir çalışmada İngiltere, Hollanda, İspanya, Polonya ve Finlandiya'nın da aralarında 5 Avrupa ülkesinde 1825 katılımcının yalnızca %9'u böcekleri tüketilebilir olarak kabul etmiştir (Grasso vd., 2019). Avrupalı tüketicilerin böceklere karşı olan tutumlarında en önemli etken tiksinti ve neofobi olmuştur. Böcekler Avrupalı tüketicilerce arzu edilmez ve tiksindirici olarak nitelendirilirken, yeni bir şeylerden korkmak olarak tanımlanan neofobi yaş, cinsiyet ve eğitim durumu gibi faktörlerden etkilenmektedir (van den Heuvel vd., 2019).

Yenilebilir böceklerin hammadde olarak kullanıldığı, atıştırılabilirliklerden et ürünlerine,

yenilebilir böcek bazlı kurabiyelerden çikolatalara ve cipslere kadar geniş bir ürün yelpazesi bulunmaktadır (Acosta-Estrada vd., 2021). Bu ürünlerin üretiminde güneş altında, dondurarak, tepsili kurutucu ve mikrodalga ile kurutma gibi prosesler olduğu gibi ultrason destekli ekstraksiyon ve soğuk atmosferik basınçlı plazma ekstraksiyonu gibi yeni işleme teknikleri de kullanılmaktadır (Melgar-Lalanne vd., 2019).

Tüketici kabulünü artırmak için yenilebilir böcekleri hali hazırda tüketilen ürünlere benzer üretmek başka bir strateji olarak düşünülmektedir (Pambo vb., 2018). Bu stratejiye uygun olarak Avrupa'da market raflarında yenilebilir böcek içerikli burger, ekme, bisküvi, kraker, cips, şekerleme, içecek, pasta, pizza ve benzeri ürünleri görmek mümkündür (Dagevos, 2021).

SONUÇ VE TARTIŞMA

Yenilebilir böcekler zengin protein, vitamin ve mineral içerdikleri sayesinde alternatif protein kaynakları arasında yüksek bir potansiyele sahiptir. Geleneksel hayvansal protein üretiminin çevreye ve insan sağlığına etkileri düşünülecek olursa yenilebilir böceklere olan ilginin giderek artacağı söylenebilir. Ancak bu hususta en büyük engel tüketici kabulü olarak görülmektedir. Bir diğer engel ise yenilebilir böcekler üzerine yasal mevzuatın eksikliğidir. Yenilebilir böceklerin sağlık üzerine etkileri hususunda yeterli çalışma bulunmaması gıda güvenilirliği ve alerjisi hususlarında endişe yaratmakta, bazı böcek türlerinin yerel otoritelerce onaylanması sürecini yavaşlatmaktadır. Özellikle gıda alerjenleri hususunda yenilebilir böcekler üzerinde in vitro ve in vivo çalışmaların yapılması önem taşımaktadır.

Gıda güvenilirliği endişelerinin ve tüketici kabulü sorunlarının çözülmesi ile yenilebilir böcek içerikli ürünlerin piyasada görünürlüğünün artacağı ve alternatif protein kaynakları arasında önemli bir yer edineceği söylenebilir. Nüfusun hızla artması, iklim değişikliği, geleneksel gıda tedarik zincirinin çevreye olan etkisi, sera gazı salınımı ve temiz su kaynaklarının azalması gibi nedenler geleneksel gıda üretimine alternatif üretim modellerine yönelime sebep olmuştur. Artan nüfusa bağlı

olarak gıda talebinin de artması, özellikle gelişmekte olan ülkeler için çözülmesi gereken bir sorun haline gelmiştir. Halihazırda sonlu kaynakların kullanıldığı mevcut gıda üretim sistemimiz daha sürdürülebilir, karbon ayak izi daha küçük, kaynaklara ve çevreye daha saygılı sistemler ile revize edilmesi gerekmektedir.

Yeni bir gıda olarak düşünüldüğünde yenilebilir böcekler ve bunlardan üretilmiş gıda ürünleri, mevzuatta var olan boşluklar, gıda güvenilirliği ve alerjisi hususundaki endişeler ve literatürdeki bilgi eksiklikleri nedeniyle gıda endüstrisinde yeni yeni yer bulmaktadır. Yeni olan çoğu şeye tüketicinin temkinli yaklaşımı, “yeni” sözcüğü ile nitelendirilen şey bir gıda ürünü olduğunda fobiye dönüşmektedir. Yenilebilir böceklerin tüketici kabulünü artırmak için ürünlerin insanların aşına olduğu ürünlere işlenmesi, toz haline getirilerek belli oranlarla ekme, makarna vb. ürünlerin hamurunda kullanılması gibi pazar stratejileri mevcuttur.

Görece yeni olan bu fikir üzerine tüketici kabulünü artıracak ve gıda güvenilirliğini sağlayacak işleme yöntemlerini konu alan çalışmalar, yenilebilir böceklere olan kamuoyu ilgisi arttıkça artacaktır. Yine tüketici davranışları konusunda yapılacak çalışmalar ürün kabul edilebilirliği üzerinde yeni pazarlama stratejilerinin geliştirilmesi konusunda sektöre ışık tutacaktır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

YAZAR KATKILARI

Makalenin derlenmesinde, yazılmasında ve yayınlanmasında tüm yazarlar katkı sağlamışlardır.

KAYNAKLAR

Acosta-Estrada, B. A., Reyes, A., Rosell, C. M., Rodrigo, D., Ibarra-Herrera, C. C. (2021). Benefits and Challenges in the Incorporation of Insects in Food Products. *Frontiers in Nutrition*, 8(June). <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.687712>

Ahn, M. Y., Han, J. W., Hwang, J. S., Yun, E. Y., Lee, B. M. (2014). Anti-inflammatory effect of

- glycosaminoglycan derived from gryllus bimaculatus (A type of cricket, insect) on adjuvant-treated chronic arthritis rat model. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 77(22–24): 1332–1345. <https://doi.org/10.1080/15287394.2014.951591>
- Ahn, M. Y., Kim, B. J., Kim, H. J., Jin, J. M., Yoon, H. J., Hwang, J. S., Lee, B. M. (2020). Anti-diabetic activity of field cricket glycosaminoglycan by ameliorating oxidative stress. *BMC complementary medicine and therapies*, 20(1): 232. <https://doi.org/10.1186/s12906-020-03027-x>
- Almeida, A., Torres, J., Rodrigues, I. (2023). The Impact of Meat Consumption on Human Health, the Environment and Animal Welfare: Perceptions and Knowledge of Pre-Service Teachers. *Societies*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/soc13060143>
- Amadi, E. N., Kiin-Kabari, D. B. (2016). Nutritional composition and microbiology of some edible insects commonly eaten in Africa, hurdles and future prospects: A critical review. *Journal of Food: Microbiology, Safety & Hygiene*, 1(1): 1000107. <http://dx.doi.org/10.4172/2476-2059.1000107>
- Anonymous. Regulation (Eu) 2015/2283 of The European Parliament And of The Council. , *The Official Journal of the European Union*, (2015).
- Anonymous. (2015b). Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. *EFSA Journal*, 13(10), 4257. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4257>
- Ardoin, R., Prinyawiwatkul, W. (2021). Consumer perceptions of insect consumption: a review of western research since 2015. *International Journal of Food Science and Technology*, 56(10): 4942–4958. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15167>
- Aznar-Cervantes, S. D., Monteagudo Santesteban, B., Cenis, J. L. (2021). Products of sericulture and their hypoglycemic action evaluated by using the silkworm, *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae), as a model. *Insects*, 12(12): 1059. <https://doi.org/10.3390/insects12121059>
- Baiano, A. (2020). Edible insects: An overview on nutritional characteristics, safety, farming, production technologies, regulatory framework, and socio-economic and ethical implications. *Trends in Food Science and Technology*, 100(03): 35–50. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.040>
- Banach, J. L., van der Berg, J. P., Kleter, G., van Bokhorst-van de Veen, H., Bastiaan-Net, S., Pouvreau, L., van Asselt, E. D. (2022). Alternative proteins for meat and dairy replacers: Food safety and future trends. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(32): 11063–11080. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2089625>
- Barton, A., Richardson, C. D., McSweeney, M. B. (2020). Consumer attitudes toward entomophagy before and after evaluating cricket (*Acheta domesticus*)-based protein powders. *Journal of Food Science*, 85(3), 781–788. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15043>
- Berners-Lee, M., Kennelly, C., Watson, R., Hewitt, C. N. (2018). Current global food production is sufficient to meet human nutritional needs in 2050 provided there is radical societal adaptation. *Elementa: Science of the Anthropocene*, 6(52). <https://doi.org/10.1525/elementa.310>
- Bruni, L., Pastorelli, R., Viti, C., Gasco, L., Parisi, G. (2018). Characterisation of the intestinal microbial communities of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed with *Hermetia illucens* (black soldier fly) partially defatted larva meal as partial dietary protein source. *Aquaculture*, 487(July): 56–63. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.01.006>
- Cardoso Alves, S., Díaz-Ruiz, E., Lisboa, B., Sharma, M., Mussatto, S. I., Thakur, V. K., Chandel, A. K. (2023). Microbial meat: A sustainable vegan protein source produced from agri-waste to feed the world. *Food Research International*, 166(February): 112596. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112596>
- Charlebois, S., Sterling, B., Haratifar, S., Naing, S. K. (2014). Comparison of Global Food Traceability Regulations and Requirements. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(5): 1104–1123. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12101>

- Crippa, M., Solazzo, E., Guizzardi, D., Monforti-Ferrario, F., Tubiello, F. N., Leip, A. (2021). Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions. *Nature Food*, 2(3): 198–209. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00225-9>
- Cunha, N., Andrade, V., Ruivo, P., Pinto, P. (2023). Effects of Insect Consumption on Human Health: A Systematic Review of Human Studies. *Nutrients*, 15(14): 1–23. <https://doi.org/10.3390/nu15143076>
- D’Antonio, V., Battista, N., Sacchetti, G., Di Mattia, C., Serafini, M. (2023). Functional properties of edible insects: a systematic review. *Nutrition Research Reviews*, 36(1): 98–119. <https://doi.org/10.1017/S0954422421000366>
- Dagevos, H. (2021). A Literature Review of Consumer Research on Edible Insects: Recent Evidence and New Vistas from 2019 Studies. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7(3): 249–259. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0052>
- de Gier, S., Verhoeckx, K. (2018). Insect (food) allergy and allergens. *Molecular Immunology*, 100(May), 82–106. <https://doi.org/10.1016/j.molimm.2018.03.015>
- de Jong, B., Nikolik, G. (2021). No Longer Crawling: Insect Protein to Come of Age in the 2020s. Tarihinde adresinden erişildi RaboResearch website: <https://research.rabobank.com/far/en/sectors/animal-protein/insect-protein-to-come-of-age-in-the-2020s.html>
- Doğan, M., Özalın, E. (2022). Birleşmiş Milletler’in küresel beslenme ve gıda güvencesi politikalarının değerlendirilmesi. *Tourism and Recreation*, 4(2): 81–88. <https://doi.org/10.53601/tourismandrecreation.1191409>
- Ergün, O. F., Bayram, B. (2021). Türkiye’de Hayvancılık Sektöründe Yaşanan Değişimler. *Journal of Bahri Dalgas Animal Research*, 10(2): 2687–3745.
- González, N., Marquès, M., Nadal, M., Domingo, J. L. (2020). Meat consumption: Which are the current global risks? A review of recent (2010–2020) evidences. *Food Research International*, 137(April): 109341. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109341>
- Grasso, A. C., Hung, Y., Olthof, M. R., Verbeke, W., Brouwer, I. A. (2019). Older consumers’ readiness to accept alternative, more sustainable protein sources in the European Union. *Nutrients*, 11(8). <https://doi.org/10.3390/nu11081904>
- Grossmann, L., Weiss, J. (2021). Alternative protein sources as technofunctional food ingredients. *Annual Review of Food Science and Technology*, 12: 93–117. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-062520-093642>
- Halloran, A., Vantomme, P., Hanboonsong, Y., Ekesi, S. (2015). Regulating edible insects: the challenge of addressing food security, nature conservation, and the erosion of traditional food culture. *Food Security*, 7(3): 739–746. <https://doi.org/10.1007/s12571-015-0463-8>
- Han, X., Yang, H., Rao, S., Liu, G., Hu, M., Zeng, B., ... Liu, G. (2018). The Maillard Reaction Reduced the Sensitization of Tropomyosin and Arginine Kinase from *Scylla paramamosain*, Simultaneously. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(11): 2934–2943. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b05195>
- Henderson, B. (2022). Food Safety Aspects of Edible Insects. <https://www.food-safety.com/articles/8126-food-safety-aspects-of-edible-insects> (Accessed: 16 December 2023).
- Hlongwane, Z. T., Slotow, R., Munyai, T. C. (2021). Indigenous knowledge about consumption of edible insects in South Africa. *Insects*, 12(1): 1–19. <https://doi.org/10.3390/insects12010022>
- Imathiu, S. (2020). Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects. *NFS Journal*, 18(November): 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2019.11.002>
- Jantzen, A., Silva, D. A., De, L. M. (2019). Edible insects: an alternative of nutritional, functional and bioactive compounds. *Food Chemistry*, 126022. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126022>
- Ji, X., Wang, J., Ma, A., Feng, D., He, Y., Yan, W. (2022). Effects of silkworm pupa protein on

- apoptosis and energy metabolism in human colon cancer DLD-1 cells. *Food Science and Human Wellness*, 11(5): 1171-1176. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2022.04.011>
- Kim, S. R., Hong, M. Y., Park, S. W., Choi, K. H., Yun, E. Y., Goo, T. W., Hwang, J. S. (2010). Characterization and cDNA cloning of a cecropin-like antimicrobial peptide, papiliocin, from the swallowtail butterfly, *Papilio xuthus*. *Molecules and cells*, 29(4): 419-424. <https://doi.org/10.1007/s10059-010-0050-y>
- Klunder, H. C., Wolkers-Rooijackers, J., Korpela, J. M., Nout, M. R. (2012). Microbiological aspects of processing and storage of edible insects. *Food control*, 26(2): 628-631. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.02.013>
- Kröger, T., Dupont, J., Büsing, L., Fiebelkorn, F. (2022). Acceptance of Insect-Based Food Products in Western Societies: A Systematic Review. *Frontiers in Nutrition*, 8 (February): 1–26. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.759885>
- Kusmayadi, A., Leong, Y. K., Yen, H. W., Huang, C. Y., Chang, J. S. (2021). Microalgae as sustainable food and feed sources for animals and humans – Biotechnological and environmental aspects. *Chemosphere*, 271: 129800. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.129800>
- La Barbera, F., Amato, M., Verneau, F. (2023). Beyond Meat: Alternative Sources of Proteins to Feed the World. *Nutrients*, 15(13), 2–5. <https://doi.org/10.3390/nu15132899>
- Lähteenmäki-Uutela, A., Marimuthu, S. B., Meijer, N. (2021). Regulations on insects as food and feed: a global comparison. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7(5): 849–856. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0066>
- Li, X., Xie, H., Chen, Y., Lang, M., Chen, Y., Shi, L. (2018). Silkworm pupa protein hydrolysate induces mitochondria-dependent apoptosis and S phase cell cycle arrest in human gastric cancer SGC-7901 cells. *International Journal of Molecular Sciences*, 19 (4): 1013. <https://doi.org/10.3390/ijms19041013>
- Liceaga, A. M., Aguilar-Toalá, J. E., Vallejo-Cordoba, B., González-Córdova, A. F., Hernández-Mendoza, A. (2022). Insects as an Alternative Protein Source. *Annual Review of Food Science and Technology*, 13(1): 19–34. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-052720-112443>
- Lucchese-Cheung, T., Aguiar, L. K. De, Da Silva, R. F. F., Pereira, M. W. (2020). Determinants of the Intention to Consume Edible Insects in Brazil. *Journal of Food Products Marketing*, 26(4): 297–316. <https://doi.org/10.1080/10454446.2020.1766626>
- Mancini, S., Moruzzo, R., Riccioli, F., Paci, G. (2019). European consumers' readiness to adopt insects as food. A review. *Food Research International*, 122(January): 661–678. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.01.041>
- Marono, S., Loponte, R., Lombardi, P., Vassalotti, G., Pero, M. E., Russo, F., Bovera, F. (2017). Productive performance and blood profiles of laying hens fed *Hermetia illucens* larvae meal as total replacement of soybean meal from 24 to 45 weeks of age. *Poultry Science*, 96(6): 1783–1790. <https://doi.org/10.3382/ps/pew461>
- McClements, D. J. (2020). Future foods: Is it possible to design a healthier and more sustainable food supply? *Nutrition Bulletin*, 45(3): 341–354. <https://doi.org/10.1111/nbu.12457>
- Melgar-Lalanne, G., Hernández-Álvarez, A. J., Salinas-Castro, A. (2019). Edible Insects Processing: Traditional and Innovative Technologies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18: 1166–1191. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12463>
- Morrison, O. (2019). Vegan trend boosts potential for insect protein in food products. <https://www.foodnavigator.com/Article/2019/06/19/Vegan-trend-boosts-potential-for-insect-protein-in-food-products> (Accessed: 14 December 2023).
- Murefu, T. R., Macheke, L., Musundire, R., Manditsera, F. A. (2019). Safety of wild harvested and reared edible insects: A review. *Food Control*, 101(March): 209–224. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.03.003>

- Newsome, R., Balestrini, C. G., Baum, M. D., Corby, J., Fisher, W., Goodburn, K., Yiannas, F. (2014). Applications and perceptions of date labeling of food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(4): 745–769. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12086>
- Nowak, V., Persijn, D., Rittenschober, D., Charrondiere, U. R. (2016). Review of food composition data for edible insects. *Food Chemistry*, 193: 39–46. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.114>
- Nowakowski, A. C., Miller, A. C., Miller, M. E., Xiao, H., Wu, X. (2022). Potential health benefits of edible insects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(13): 3499–3508. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1867053>
- Okyere, A. A. (2023). Food Safety Management of Insect-Based Foods. *Food Safety Management* (ss. 223–233). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820013-1.00036-X>
- Orkusz, A. (2021). Edible insects versus meat—nutritional comparison: Knowledge of their composition is the key to good health. *Nutrients*, 13(4). <https://doi.org/10.3390/nu13041207>
- Pambo, K. O., Okello, J. J., Mbeche, R. M., Kinyuru, J. N., Alemu, M. H. (2018). The role of product information on consumer sensory evaluation, expectations, experiences and emotions of cricket-flour-containing buns. *Food Research International*, 106(October): 532–541. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.01.011>
- Patel, S., Suleria, H. A. R., Rauf, A. (2019). Edible insects as innovative foods: Nutritional and functional assessments. *Trends in Food Science and Technology*, 86(July): 352–359. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.033>
- Poma, G., Cuykx, M., Amato, E., Calaprice, C., Focant, J. F., Covaci, A. (2017). Evaluation of hazardous chemicals in edible insects and insect-based food intended for human consumption. *Food and chemical toxicology*, 100, 70–79. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2016.12.006>
- Pressman, P., Clemens, R., Hayes, W., Reddy, C. (2017). Food additive safety. *Toxicology Research and Application*, 1, 239784731772357. <https://doi.org/10.1177/2397847317723572>
- Qu, Y., Mueller-Cajar, O., Yamori, W. (2023). Improving plant heat tolerance through modification of Rubisco activase in C3 plants to secure crop yield and food security in a future warming world. *Journal of Experimental Botany*, 74(2): 591–599. <https://doi.org/10.1093/jxb/erac340>
- Raheem, D., Carrascosa, C., Oluwole, O. B., Nieuwland, M., Saraiva, A., Millán, R., Raposo, A. (2019). Traditional consumption of and rearing edible insects in Africa, Asia and Europe. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(14): 2169–2188. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1440191>
- Rezvi, H. U. A., Tahjib-Ul-Arif, M., Azim, M. A., Tumpa, T. A., Tipu, M. M. H., Najnine, F., Brestič, M. (2023). Rice and food security: Climate change implications and the future prospects for nutritional security. *Food and Energy Security*, 12(1): 1–17. <https://doi.org/10.1002/fes3.430>
- Ritchie, H. (2023). The world population is changing: For the first time there are more people over 64 than children younger than 5. https://ourworldindata.org/population-aged-65-outnumber-children?trk=public_post_comment-text (Accessed: 13 December 2023)
- Sanchez-Sabate, R., Sabaté, J. (2019). Consumer attitudes towards environmental concerns of meat consumption: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(7). <https://doi.org/10.3390/ijerph16071220>
- Siddiqui, S. A., Tettey, E., Yunusa, B. M., Ngah, N., Debrah, S. K., Yang, X., Shah, M. A. (2023). Legal situation and consumer acceptance of insects being eaten as human food in different nations across the world—A comprehensive review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 22(6): 4786–4830. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13243>
- Sobczak, P., Grochowicz, J., Łusiak, P., Żukiewicz-Sobczak, W. (2023). Development of Alternative Protein Sources in Terms of a

- Sustainable System. *Sustainability (Switzerland)*, 15(16). <https://doi.org/10.3390/su151612111>
- Stull, V. J. (2021). Impacts of insect consumption on human health. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7(5): 695–713. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0115>
- Tao, J., Li, Y. O. (2018). Edible insects as a means to address global malnutrition and food insecurity issues. *Food Quality and Safety*, 2(1): 17–26. <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyy001>
- Terin, M., Bilgic, A. (2018). Türkiye ' de Hanelerin Tavuk Eti Tüketim Harcamaları na Etki Eden Faktörlerin İkili Bağımlı Heckman Örneklem Seçicilik Modeli ile Analizi. 4. *Uluslar Arası Beyaz Et Kongresi*, 26(30): 198-206.
- Turck, D., Bresson, J., Burlingame, B., Dean, T., Fairweather-Tait, S., Heinonen, M., van Loveren, H. (2021). Guidance on the preparation and submission of an application for authorisation of a novel food in the context of Regulation (EU) 2015/22831 (Revision 1)2. *EFSA Journal*, 19(3). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6555>
- van den Heuvel, E., Newbury, A., Appleton, K. M. (2019). The psychology of nutrition with advancing age: Focus on food neophobia. *Nutrients*, 11(1): 6–8. <https://doi.org/10.3390/nu11010151>
- van Huis, A., Oonincx, D. G. A. B., Rojo, S., Tomberlin, J. K. (2020). Insects as feed : house fly or black soldier fly ?. *Journal of Insects as Food and Feed*, 6(3): 221-229. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.x003>
- van Zanten, H. H. E., Mollenhorst, H., Klootwijk, C. W., van Middelaar, C. E., de Boer, I. J. M. (2016). Global food supply: land use efficiency of livestock systems. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 21(5): 747–758. <https://doi.org/10.1007/s11367-015-0944-1>
- 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). <https://doi.org/10.3390/nu10101357>
- Wang, J., Tao, J., Chu, M. (2020). Behind the label: Chinese consumers' trust in food certification and the effect of perceived quality on purchase intention. *Food Control*, 108(April). <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.106825>
- Wang, W., Wang, N., Zhou, Y., Zhang, Y., Xu, L., Xu, J., Feng, F., He, G. (2011). Isolation of a novel peptide from silkworm pupae protein components and interaction characteristics to angiotensin I-converting enzyme. *European Food Research and Technology*, 232: 29-38. <https://doi.org/10.1007/s00217-010-1358-8>
- Wang, W., Wang, N., Zhang, Y. (2014). Antihypertensive properties on spontaneously hypertensive rats of peptide hydrolysates from silkworm pupae protein. *Food and Nutrition Sciences*, 5: 1202-1211. <https://dx.doi.org/10.4236/fns.2014.513131>
- Yang, J., Zhou, S., Kuang, H., Tang, C., Song, J. (2023). Edible insects as ingredients in food products: nutrition, functional properties, allergenicity of insect proteins, and processing modifications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 0(0), 1–23. <https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2223644>