



Yenilebilir Böceklerin Alternatif Gıda Potansiyeli Üzerine Çok Boyutlu Bir İnceleme / A Multidimensional Review of the Alternative Food Potential of Edible Insects

Altan Berk BAYRAM, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Gastronomi ve Mutfak Sanatları, Sakarya, Türkiye.
altanberkbayram@gmail.com, ORCID: 0009-0005-4820-7865

Öz

Bu çalışma, artan dünya nüfusu, gıda güvenliği sorunları ve çevresel sürdürülebilirlik gibi küresel krizler karşısında alternatif bir gıda kaynağı olarak öne çıkan yenilebilir böcekleri çeşitli yönleriyle incelemektedir. Araştırmada; yenilebilir böceklerin tarihsel süreçteki kullanımı, besin değerleri, türlerine göre sınıflandırılması, sağlık üzerindeki etkileri, kültürel tabular ve tüketici davranışları gibi başlıklar ele alınmıştır. Ayrıca böcek tüketiminin gıda neofobisi ve neofili gibi psikolojik etmenlerle ilişkisi de değerlendirilmiştir. Araştırmanın sonucunda yenilebilir böceklerin yüksek besin değeri ve çevreye olumlu etkileri sayesinde gelecekte insanlar için önemli bir gıda kaynağı olabileceği düşünülmektedir. Ek olarak kültürel algılar, yasal düzenlemeler ve sosyal normlar gibi unsurların da bu sürecin geleceğinde belirleyici olduğu sonucuna varılmıştır. Bu çalışma hem gastronomi hem de sürdürülebilir gıda sistemleri açısından literatüre katkı sunmayı ve gelecekteki araştırmalara kaynak olmayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yenilebilir böcekler, alternatif gıda, entomofaji.

Abstract

This study examines edible insects emerging as an alternative food source in the face of global crises such as a growing world population, food security issues, and environmental sustainability from various perspectives. The research addresses topics including the historical use of edible insects, their nutritional values, classification by species, effects on health, cultural taboos, and consumer behaviors. It also evaluates the relationship between insect consumption and psychological factors such as food neophobia and neophilia. The study concludes that, due to their high nutritional value and positive environmental impacts, edible insects could become an important food source for people in the future. Additionally, it finds that factors such as cultural perceptions, legal regulations, and social norms will be decisive in shaping that future. This study aims to contribute to the literature in both gastronomy and sustainable food systems and to serve as a resource for future research.

Keywords: Edible insects, alternative food, entomophagy.

Geliş Tarihi: 13.12.2025

Kabul Tarihi: 21.12.2025

Yayın Tarihi: 26.12.2025

GİRİŞ

21. yüzyılda artan dünya nüfusu, gıda israfı ve tarımsal faaliyetlerin zorlukları gibi etkenler insanoğlunu daha sürdürülebilir kaynak arayışına sevk etmiştir. Sürdürülebilirliğin yanı sıra çevre dostu ve sağlıklı beslenme anlayışının da benimsendiği modern çağda birçok yeni beslenme trendi ortaya çıkmaktadır. Kaynakların yetersiz kalması gibi sebeplerden ötürü güncel trendler arasında alternatif gıda kaynağı arayışı da popüler hale gelmektedir. Geleneksel gıda üretim sisteminden farklı olarak genelde daha sürdürülebilir, ekonomik, çevreye ve doğaya saygılı aynı zamanda besleyicilik özellikleri olan gıda kaynaklarının tanımı olan alternatif gıda kavramı; yenilebilir böceklerin de içinde olduğu birkaç farklı ögeyi kapsamaktadır (Yılmaz & Kaçar, 2022). Bu ögeler arasında kültür eti olarak bilinen laboratuvar ortamında üretilen etler, mikro algler, sentetik süt ürünleri, mikrobiyal proteinler gibi yiyecek kaynakları yer almaktadır (Kadioğlu & Tazeoğlu, 2022). Bahsi geçen alternatif gıda kaynaklarının üretim aşamasında su kaynaklarının korunması ve sera gazı salınımının düşük olması gibi önemli çevresel faktörler geleneksel yöntemlere göre daha avantajlı görülmektedir (Muslu, 2022). Laboratuvarda üretilen etler ve deniz yosunları gibi alternatif kaynaklarının yanı sıra insanlığın tarih boyunca tükettiği ve gıda kaynağı olarak önemli bir potansiyeli olması sebebiyle yenilebilir böcekler bu çalışmanın ana konusu olarak belirlenmiştir. Yenilebilir böceklerin besin değerleri, kullanım alanları ve insan sağlığına etkisi gibi açılardan ele alınacağı bu çalışmanın amaçları arasında yüksek potansiyelli bir alternatif gıda olduğu düşünülen yenilebilir böcekler farklı boyutlarıyla ele alınarak; literatüre katkıda bulunmak ve bu alanda yapılacak yeni çalışmalara ışık tutmak yer almaktadır.

KAVRAMSAL ÇERÇEVE

İlgili literatür incelendiğinde yenilebilir böceklerin alternatif bir gıda kaynağı olabileceğine ve potansiyelini inceleyen çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalar arasında gıda güvenliği, sağlık ve besleyicilik gibi alanlarda farklı araştırmalar olduğu görülmektedir. Örneğin Aksoy ve El'in (2021) yaptığı araştırmada yenilebilir böceklerin besin değerleri, sürdürülebilirliği ve gıda güvenliğini incelediği araştırma dikkat çekicidir. Yine Muslu'nun (2020) yaptığı çalışmada yenilebilir böceklerin tüketilmesindeki riskler ve böceklerin tat profilleri gibi hususlar aktarılmaktadır. Akademik çalışmalarda öngörülen, 2050 yılında nüfusunun 9 milyarı aşacağı teorisi ise yenilebilir böceklerin hayvansal protein ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla toplumlar için önemli olduğu fikrini güçlendirmektedir (Gencal & Selçuk, 2024). Yenilebilir böceklerin üretim ve tüketiminin ekonomik olarak özellikle gelişmekte olan ülkelere fayda sağlayacağı da ilgili literatürde yer alan başlıca düşüncelerden biridir. Yenilebilir böceklerin tüketici kabulü de kültürel tabular ve neofobi gibi sebepler dolayısıyla zor olsa da entomofaji kavramının küresel ölçekte modern toplumların ilgisini çeken bir konu olduğu bilinmektedir. Bu ilgiye rağmen böcek tüketiminin bir statü belirleyici olması, böcek tüketimine karşı negatif düşünceyi tetikleyen unsurlardan biri olarak görülmektedir (Andaç & Tuncel, 2023). İlgili literatürde bazı çelişkiler ve görüş ayrılıkları olduğu da gözlemlenmiştir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde; alerjen durumlar, kitin etkileri ve yenilebilir böceklerin insan diyetlerindeki sürdürülebilirliği konularında fikir ayrılıkları gözlemlenmek mümkündür. Örneğin Jansson ve Berggren'e (2015) göre kitin alımının insan diyetine etkileri tam olarak çözümlenebilmiş değildir. Bu alanda olumlu ve olumsuz belgelerin mevcut olduğunu ve "kitinaz" enziminin sindirilebilirliğinin net olmadığı, belirtilmektedir. Buna karşın Imathiu'nun (2020) çalışmasında kurutulmuş böceklerin vücut ağırlıklarının en az %10'unu oluşturan yüksek kitin içeriğinin insan diyetleri için iyi bir lif kaynağı olacağı görüşü dikkat çekmektedir. Sağlık etkileri üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde Lenge ve Nakamura'nın (2021) yaptığı çalışmada böcek tüketiminin kardiyovasküler hastalıklara enzimatik faydaları olduğunu, bu sebeple sağlığa pozitif etkileri olabileceği fikri öne sürülmüştür fakat Van Huis ve arkadaşlarının (2016) böceklerin bağırsak mikrobiyotasının toplam vücut ağırlığına oranla %10'a kadar çıkabildiğini ve böcekler

tüketilmeden önce bu mikrobiyotayı yok etmenin mümkün olmadığını öne sürmüş, bu sebeple sağlığa ne derece olumlu etkileri olduğunun tartışılabilir olduğunu aktarmıştır. Payne ve Van Itterbeeck'in (2017) çalışmasında da diyet ve sağlık açısından ele alınan yenilebilir böcekler; doymuş yağ oranlarının yüksek olması sebebiyle insan diyetlerinde zararlı etkilerinin görülebileceği fikrini öne sürmektedir. Genel anlamda literatürde fikir birliği oluşmamasının temel sebebi yenilebilir böceklerin araştırmacılar tarafından çok boyutlu şekilde ele alınmamasıdır. Entomofaji kavramını ekonomi, besleyicilik, sağlık ve tabular gibi farklı boyutlarıyla ele alan bu çalışmanın alana önemli bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

YÖNTEM

Bu makale, yenilebilir böceklerin alternatif gıda potansiyelini mevcut literatürü sistematik ve eleştirel bir bakış açısıyla analiz etmek amacıyla, literatür taraması yöntemi kullanılarak yürütülmüştür. Bu yaklaşım, literatürde yer alan bilgileri bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirmek ve mevcut boşlukları tespit etmek amacıyla benimsenmiştir. İlgili alana dair taramalar güncel bilgilere erişebilmek adına, 2015 Ocak ve 2025 Ocak tarihleri arasında yayınlanmış çalışmaları kapsamakta olup; tarama süreci 2025 Mart-2025 Eylül aralığında gerçekleştirilmiş ve literatürün sentezi yapılmıştır. Tarama kapsamında birincil veri tabanları olarak Web of Science, Scopus ve YÖK Tez Merkezi kullanılmıştır.

BULGULAR

Yenilebilir Böcek Kavramı

Entomofaji olarak bilinen yenilebilir böcek kavramı temelde insanların doğrudan ya da işleyerek tükettiği böcek türlerini kapsamaktadır ve böceklerin gıda olarak tüketilmesi anlamına gelmektedir (Özkan& Güneş, 2020). Global gıda talebinin artışı, kentleşme ve et üretiminin yetersiz kalması gibi sebeplerle 2010'lu yılların ortalarından itibaren sıklıkla gündeme gelen bir kavram olan entomofaji, hayvansal protein ihtiyacını karşılamak amacıyla geleceğin önemli gıda kaynaklarından biri olarak görülmektedir (Gencal& Selçuk, 2024). Afrika ve Asya gibi bölgelerde uzun yıllardır tüketilen böcekler global anlamda da giderek popüler hale gelmiştir ve 21. Yüzyıl itibarıyla 2000'den fazla yenilebilir böcek türü olduğu düşünülmektedir (Kouřimská & Adámková, 2016; Karaman& Girgin, 2020) Buna karşın bu sayının net olmadığı ve yanlış sınıflandırmaların yapıldığını vurgulayan çalışmaları görmek de mümkündür (Van Itterbeeck & Pelozuelo, 2022) Eklem bacaklılar gibi türlerin böcek kategorisinde yer almaması gerektiği ve güncel listede 1600 kadar yenilebilir böcek olduğunu savunan bazı çalışmalar mevcut olsa da henüz genel kabul görmemektedir. Sayısı konusunda görüş ayrılıkları yaşansa da bu böceklerin mineral, yağ ve protein gibi etkenler açısından zengin bir gıda kaynağı olduğu da yapılan araştırmalar ile ortaya konmuştur (Tekiner vd., 2022).

Tarihsel süreçte yenilebilir böcekler

Yeni trendlerden biri olması sebebiyle yenilebilir böcek kavramının yeni bir fikir olduğu düşünülse de böceklerin yenmesi tarih boyunca yaşamış pek çok medeniyette kabul görmüş bir kavram olarak bilinmektedir (Karakaş vd., 2024). Tarih boyunca farklı medeniyetler tarafından farklı şekillerde tüketildiği bilinen böceklerin birçok örneği bulunmaktadır örneğin; Ortadoğu'da kraliyet ziyafetlerinde şişlere dizilmiş çekirgelerin yenildiği ya da Osmanlı'da nevrüz zamanında yapılan bir macuna renk vermesi amacıyla larva kullanıldığı bilinmektedir (Doğan & Çekal, 2025). Söz konusu böceklerin pek çok farklı amaçla yendiği bilinmektedir. Göç ve savaş gibi durumlarda da insanlar için bir yiyecek kaynağı olarak böcekler karşımıza çıkmaktadır. Örneğin 16. Yüzyılda Arabistan ve Libya bölgelerinde göçmenlerin çekirgeleri güneşte kurutup un haline getirdiği ve ardından tükettiği ya da Alman askerlerinin savaş döneminde ipek böceklerini kızartarak yediği de tarihte bilinen böcek tüketimlerinden

bazılarıdır (Gencal & Selçuk, 2024). 21. Yüzyıla gelindiğinde ise Afrika ve Uzakdoğu ülkelerinde göl sineklerinin ya da kara sinek kurtçuklarının günlük diyetlerde tüketildiği bilinmektedir (Gencal & Selçuk, 2024; Okutan, 2024)

Bazı Yenilebilir Böcek Türleri

2005 yılında Ramos ve Elorduy tarafından yapılmış bir çalışmada 1600'ün üzerinde yenilebilir böcek olduğu listelenmiş olup ilerleyen süreçte bu sayının 2000'in üstüne çıktığı bilinmektedir. 25 farklı sınıf altında listelenen yenilebilir böcekler düşük doymuş yağ oranı, yüksek protein, aminoasitler ve mineraller açısından oldukça zengin gıda kaynakları olarak bilinmektedir (Seyhan & Nakilcioğlu, 2022). Yenilebilir böcek familyalarından yaygın olarak bilinenler ve en çok tüketilenler aşağıda listelenmiştir.

Coleoptera: Kın kanatlılar olarak da bilinen bu familya, su ve gübre böcekleri ya da larva türleri gibi böceklerin ait olduğu bir familyadır. Genel olarak larvalarının yenilebilir olduğu bu böcek grubunda probiyotik faydalarıyla bilinen palmye böceği ve protein açısından zengin bir tür olan un kurdu en çok bilinen böcek türleri arasında yer almaktadır (Erdoğan vd., 2021; Çalışırlar, 2017).

Lepidoptera: Pul kanatlılar olarak da bilinen lepidoptera familyası kelebek, tırtıl ve güvelerin ait olduğu grup olarak bilinmektedir (Muslu, 2021). Erişkin oldukları süreçte tüylü bir yapıya geçen bu familya genellikle larva oldukları süreçte tüketilse de erişkin oldukları evrede de tüketildiği bilinmektedir (Sarı & Karaçeper, 2024; Gencal & Selçuk, 2024). Afrika'da güvelerin konserve olarak, tırtılların ise tıtsüleme ve kurutma gibi tekniklerle yendiği bilinmektedir (Kaymaz & Ulema, 2020)

Hymenoptera: Zar kanatlılar olarak bilinen Hymenoptera familyasında temel olarak arılar ve karıncalar yer almaktadır. Genellikle larva halindeyken tüketilen bu böcek türleri Asya ülkelerinde oldukça popülerdir (Özer, 2018). Protein ve mineral açısından zengin olan böceklerin özellikle larva döneminde yağ açısından en zengin oldukları dönemi geçirdikleri de bilinmektedir (Muslu, 2020). Avusturalya, Hindistan ve Meksika gibi ülkelerde de karıncaların erişkin oldukları evrede tüketildiği ve şurup yapımı gibi amaçlarla kullanıldığı görülmektedir (Sarı & Karaçeper, 2024).

Orthoptera: Düz kanatlılar ismiyle de anılan bu familya çekirge ve cırcır böceği gibi türlerin yer aldığı bir sınıf olarak bilinmektedir (Araç & Sakarya, 2024). Genellikle erişkin oldukları dönemde kanat ve bacaklarının ayırılması ve ardından kızartma ya da kurutma gibi tekniklerle tüketildiği bilinen bu familya Afrika, Uzakdoğu ve bazı Ortadoğu ülkelerinde tüketildiği görülmektedir. Bahsi geçen böcek türlerinin Irak'ta suda haşlanıp pilav eşliğinde ya da Japonya'da şeker ile kaplanarak yendiği bilinmektedir (Kaymaz & Ulema, 2020).

Tablo 1: Bazı yenilebilir böcek türleri ve enerji miktarları (kcal/100g)

Tür	Böcek Tipleri	Enerji Miktarı (kcal/100g)
Coleoptera (Kın Kanatlılar)	Uğur böceği, kum böceği	126-574
Hymenoptera (Zar Kanatlılar)	Karıncalar, arılar	234-593
Lepidoptera (Pul Kanatlılar)	Güveler, kelebekler	126-762
Orthoptera (Düz Kanatlılar)	Çekirgeler, cırcır böcekleri	117-436

Kaynak: Halloran vd., 2018.

Tablo 1'de yaygın olarak bilinen böcek türleri ve türlere ait olan böcek tipleri arasından en bilinenler kcal/100g cinsinden verilmiştir. Halloran ve arkadaşlarının 2018 yılında yaptığı çalışmaya göre, enerji miktarındaki referans değerleri böceğin türü ve erişkinlik evresine göre değişkenlik göstermektedir.

Besleyicilik ve Sağlık Açısından Yenilebilir Böcekler

Besleyicilik açısından zengin bir gıda alternatifi olan yenilebilir böcekler pek çok makro ve mikro besin ögesi içerdiği bilinmektedir (Aksoy& El, 2021). Lif, demir, çinko, B12, yağ ve protein açısından zengin olduğu bilinen yenilebilir böceklerin besin içerikleri beslenme şekli, tür ve erişkinlik seviyesi gibi etkenlere göre değişiklik gösterse de özellikle sindirilebilir protein miktarının minimum %10-15 seviyelerinde seyrettiği bilinmektedir (Özek, 2016).

Tablo 2. Bazı yenilebilir böceklerin tüketim evresine göre yağ ve lif içerikleri

Böcek Türü	Tüketim Evresi	Yağ İçeriği (%)	Lif İçeriği (%)
İpek Böceği	Pupa	29	14
Batı Bal Arısı	Kuluçka	31	11
Afrika Göçmen Çekirgesi	Yarı Yetişkin	13	27
Balmumu Güvesi	Tırtıl	57	21
Kriket	Yarı Yetişkin	34	8
Sarı Un Kurdu	Larva	36	18
Dev Un Kurdu	Larva	40	17

Kaynak: Kouřimská & Adámková, 2016.

Tablo 2’de bazı yenilebilir böceklerin tüketime en uygun evreleri ve bu evrelerde barındırdığı yağ ve lif içerikleri verilmiştir. 21. Yüzyılda bazı topluluklarda tüketilen ve küresel açıdan tam anlamıyla kabul görmemiş olan yenilebilir böceklerin, 2050 yılı itibariyle insan nüfusunun 9 milyar bandına ulaşacağı ve insanlığın küresel gıda krizi ile karşı karşıya kalacağı öngörüsü baz alındığında hayvansal kaynaklı protein, yağ ve lif ihtiyacını gidermek için önemli bir rolü olacağı düşünülmektedir (Karaman, 2019; Mankan, 2017). Yağ ve lif içeriği dışında protein ve mineraller açısından da önemli bir gıda kaynağı olan yenilebilir böceklerin karbonhidrat değerlerinin genelde kitin formatında bulunduğu ve düşük olduğu bilinmektedir (De Carvalho vd., 2020). Tablo 3’te yenilebilir böcek türlerinden bazılarının besin ögesi içerikleri verilmiştir.

Tablo 3. Yaygın yenilebilir böcekler türlerinin besin ögesi içerikleri

Tür	Protein (g/100g)	Karbonhidrat (g/100g)	Mineral(g/100g)
Coleoptera (<i>Kın Kanatlılar</i>)	3.7-54	12-34	1-2
Hymenoptera (<i>Zar Kanatlılar</i>)	1-81	5-94	0-6
Lepidoptera (<i>Pul Kanatlılar</i>)	13.2-69.6	3-41	2-8
Orthoptera (<i>Düz Kanatlılar</i>)	13-77	16-30	2-27

Kaynak: Karakaş vd., 2024.

Mikro besin ve vitaminler açısından da zengin içerikli olan yenilebilir böcekler mevcuttur örneğin tırtıllar B1, B2 ve B6 vitaminleri açısından zengin gıda alternatifi olarak görülmekteyken arıların pupa evresinde A ve D vitamini açısından zengin olduğu bilinmektedir (Hacıhasanoğlu, 2022). Ek olarak magnezyum, fosfor, potasyum ve sodyum gibi mikro besinlerin de böcek türleri ve gelişim evrelerine göre değişiklik göstermekle birlikte yenilebilir böceklerde bulunan mikro besinler olduğu bilinmektedir (Seyhan & Nakilcioğlu, 2022). Mikro besinler açısından en bilinen yenilebilir böceklerden olan un kurdu ve çekirgenin önemi oldukça fazladır. Örneğin; un kurtları her 100 gramda 5-10 mg demir ve 10-15 mg aralığında çinko barındırırken çekirgeler 8-20 aralığında demir, 15-20 mg aralığında çinko barındırmaktadır her iki böcek türünde de protein ve B12 Vitamini yüksek miktarda bulunduğu bilinmektedir (Işık & Kırkpınar, 2016; Güney vd., 2024).

Alerjen Durumlar ve Gıda Güvenliği

Yenilebilir böcek tüketiminde gerçekleşen alerji vakalarının genellikle eklembacaklılar familyasına ait böceklerden kaynaklandığı bilinmektedir (Andaç & Tuncel, 2023). Bazı insanların kabuklu canlılardan alınan proteinlere karşı duyarlı olması söz konusu alerjik

reaksiyonları tetikleyen sebeplerin başında gelmektedir (FAO, 2021). Yenilebilir böceklerin anafilaksi adı verilen ve ölüme yol açabilen bir alerjik reaksiyona da sebep olduğu bilinmektedir (Tekiner vd., 2022). Anafilaksi ya da anafilaktik şok adı verilen bu alerjik reaksiyon ile ilgili kayda geçen raporlar incelendiğinde Çin’de 1980 ve 2007 yılları arasında gerçekleşen vakaların %17,6’sının böcek tüketiminden kaynaklandığı belirlenmiştir (Kaldırım & Keser, 2023). Uzakdoğu ülkelerinde yüzyıllardır tüketilmekte olan yenilebilir böceklerin Avrupa için yeni bir gıda kaynağı olması sebebiyle gıda güvenliği açısından bazı yasal düzenlemeler getirildiği bilinmektedir (FAO 2021). Avrupa’da herhangi bir ürünün pazarda yer alması için Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi olan EFSA tarafından onaylanması gerekmektedir (Haydardedeoğlu, 2017). 2025 yılı itibariyle EFSA onayından geçen sadece 2 yenilebilir böcek türü bulunmakta olup bunlar; göçmen çekirge ve kurutulmuş un kurdudur (Andaç & Tuncel, 2023)

Sürdürülebilirlik ve Yenilebilir Böcekler

21. Yüzyılın popüler gastronomi trendlerinden biri olan sürdürülebilirlik ve çevre dostu uygulamalar gastronomiyle ilgili çoğu alanda olduğu gibi yenilebilir böcekler konusunda da öne çıkmaktadır. FAO tarafından da çevre dostu bir uygulama olması sebebiyle böcek çiftliklerinin kurulmasının önerildiği bilinmektedir (Kibar, 2017). Yenilebilir böceklerin geleneksel çiftlik hayvanlarına göre sera gazı ve atık konusunda daha faydalı olduğu daha düşük miktarda enerji ve toprak gereksinimi gibi sebeplerle sürdürülebilirlik açısından daha faydalı olduğu öne çıkmaktadır (Muslu, 2020). Bu bilgiler genel kabul görse de ekosisteme faydalı olduğu düşünülen yenilebilir böceklerin iklim değişikliğine yansıtacak etkileri, kaynak kullanımının ölçeklere göre değişkenlik göstermesi ve insan sağlığı üzerinde oluşturabileceği olumsuz durumların da henüz netleşmediği belirtilmekte olup, araştırılması gereken önemli bir sorun olarak görülmektedir (Nikkah vd., 2021).

Ekonomi Açısından Yenilebilir Böcekler

Yenilebilir böceklerin yabani ortamlardan toplanması ya da böcek çiftliklerinde yetiştirilmesi farklı ölçeklerdeki işletme ve girişimciler için bir istihdam kaynağı olarak bilinmektedir (Andaç & Tuncel, 2023). Avrupa ve Amerika’da yaklaşık 500 yenilebilir böcek işletmesi olduğu bilinmekle birlikte Asya ve Afrika ülkeleriyle 2010’lu yıllardan itibaren böcek ticaretinin geliştiği saptanmıştır (Andaç & Tuncel, 2023). FAO ‘nun 2015 yılında yayınladığı rapora göre ise Avrupa’da yenilebilir böceklerle karşı bir talep artışından söz etmek mümkündür. Son yıllarda Japonya’nın böcek ihracatının 2 katına çıktığı, Amerika’da böceklerden protein barları ya da böcek unundan yapılan kurabiyelerin satıldığı da bilinen ekonomik faaliyetler arasında yer almaktadır (Kaymaz & Ulema, 2020; Van Huis, 2016). 2020’den sonra yapılan araştırmalar neticesinde 2000’den fazla yenilebilir böcek türünün dünyada pek çok farklı toplum tarafından tüketildiği bilinmekte ve 2 milyar insanın bu tüketiciler grubunu oluşturduğu düşünülmektedir (Tekiner vd., 2022). Yenilebilir böceklerin pazar hacminin 2018 yılında 400 milyon bandında olduğu, 2023 yılı itibariyle 1,8 milyara ulaştığını ve 2026 yılı için öngörünün de 3 milyarın üzerinde olacağı düşünülmektedir (Andaç & Tuncel, 2023; Demirci & Yetim, 2021). Yenilebilir böcekler verimlilik açısından ele alındığında geleneksel hayvancılığa kıyasla daha avantajlı olduğu görülmektedir. Büyüme ve bu büyümeye kıyasla tükettikleri yem hesaplanarak elde edilen verimlilik sonuçları göz önüne alındığında, çiftlik hayvanlarına kıyasla ciddi farklar olduğu yapılan çalışmalarla sabittir (Candoğan & Özdemir, 2021). Örneğin cırcır böceklerinden elde edilen proteinin yem/verimlilik oranı sığırlardan 6 kat, koyunlardan 4 ve kanatlı kümes hayvanlarından da yaklaşık 2 kat daha olumlu sonuçlar vermektedir (Tekiner vd., 2022). Yenilebilir böceklerin üreme hızı bakımından da geleneksel yöntemlerle yetiştirilen hayvanlardan daha avantajlı olduğu bilinmektedir (Candoğan & Özdemir, 2021; Nikkah vd., 2021).

Dünyada Yenilebilir Böcekler

Afrika ve Asya ülkelerinde yaygın olmakla birlikte global anlamda pek çok bölgede yenilebilir böcek türlerinin varlığından ve tüketildiğinden söz etmek mümkündür (Kaldırım & Keser, 2023). Kültür farklılıklarına göre böceklere olan bakış açılarının değiştiği görülmekte olup bazı kültürlerde böcekler sıklıkla tercih edilirken, bazı ülkelerde de inanç sistemi ya da kültür gibi sebeplerle yemekten imtina edilen canlılar olduğu bilinmektedir (Kaymaz & Ulema, 2020; Özer, 2018). Farklı bölgelerde tüketilen bazı böcekler ve bu böcekleri tüketen ülkelere ait veriler Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Bazı yenilebilir böcekler ve tüketildikleri ülkeler

Böcek İsmi	Tüketildiği Ülkeler
Solucan	Meksika, Tayland, Güney Afrika, Çin
Hamam Böceği	Çin, Tayland, Meksika, Avusturalya
Cırcır Böceği	Tayland, Kanada, Kuzey Amerika
Arı	Doğu Afrika, Meksika, Japonya, Çin, Amerika
Sinek	Çin, Japonya, Meksika, Doğu Afrika, Kenya
Örümcek	Kamboçya, Venezuela, Endonezya
Çekirge	Vietnam, Tayland, Jamaika, Endonezya, Kore, Hindistan, Çin
Karınca	Avusturalya, Paraguay, Endonezya, Tayland, Çin
Akrep	Tayland, Endonezya, Japonya

Kaynak: Kaymaz & Ulema, 2020.

Yenilebilir böcekler ile ilgili akademik çalışmalar incelendiğinde dünya üzerinde yaygın olarak tüketilen yenilebilir böceklerin tat profilleri hakkında bilgi sahibi olmak mümkündür. İncelenen kaynaklardan elde edilen tat profilleri Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Yenilebilir böceklerin bazılarının tat profili

Böcek İsmi	Tat Profili
Karınca ve Termit	Fındık
Hamam Böceği	Mantar
Çekirge	Balık
Sarı Un Kurdu	Tam Buğday Ekmeği
Yabani Güve	Ringa Balığı
Eşek Arısı	Çam Tohumu
Su Böcekleri	Taze Balık
Ağaç Solucanı	Kızarmış domuz derisi
Tahta Kurusu	Elma

Kaynak: Muslu, 2021; Karakaş vd., 2024; Kouřimská & Adámková, 2016.

Türkiye’de Yenilebilir Böcekler

Türkiye’de ev tipi üretim yapan kişilerin olduğu tahmin edilse de resmi olarak bu işi yaptığı bilinen işletme sayısı çok düşüktür. En bilinen işletmelerden biri Antalya’da bulunan Mira Canlı Hayvancılık ve Böcekçilik isimli bir işletmedir. Bu işletmede cırcır böceği, un kurdu ve çekirge gibi böceklerin üretiminin yapıldığı görülmektedir. Genel olarak hayvan yemi amacıyla üretim yapılan işletmede, talep olduğu taktirde ise insan tüketimi için satış yaptığı belirtilse de herhangi bir sayısal veriden söz etmek mümkün değildir. (Gencal & Selçuk, 2024).

Yenilebilir Böceklere Yönelik Kültürel Tabular

Yenilebilir böceklere pozitif bakan ülkeler ve kültürler olduğu gibi negatif bakış açısına sahip olan medeniyetler de bulunmaktadır. Birçok toplumda yenilebilir böceklerin bir gıda kaynağı olarak görülmemesine kültürel tabular ve benzeri etkenler sebep olmaktadır (Onurlu & Aslay, 2022). Örneğin Batı toplumlarında böcekler sağlıksız ya da mide bulandırıcı bir algı

uyandırmakta olup yenilebilir böcek gibi gıdaların kültüre kabulünü zor bir hale getirmektedir (Gencal & Selçuk, 2024; Andaç & Tuncel, 2023). Herhangi bir gıdaya karşı böyle bir algı oluşması medya, sosyal çevre, kültürel değerler, inanç ve yetiştirilme tarzıyla ilgili olabileceği gibi insanların daha önce tatmadığı yiyecekler karşısında geliştirdiği bir fobi ile de ilgili olabilmektedir. Gıda neofobisi adı verilen bu fobi türü bazen bireysel bir tepki iken bazen de sosyal bir davranış olarak karşımıza çıkmaktadır (Baş & Hamurcu, 2021). Neofobinin tam tersi olan yeni ve alışılmadık şeylere karşı merak duyma ve istekli davranma eğilimine ise neofili adı verilmektedir (Çağman & Polat, 2023). Genellikle neofili bireyler yeni deneyimlere karşı heyecanlı ve istekli olduğundan dolayı yenilebilir böceklerin yaygınlaşmasında bir sakınca görmeyen ya da destekleyen kesimde yer alacağı tahmin edilebilir kişilerden oluşmaktadır (Karaman, 2019).

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada alternatif gıda kaynaklarından olan yenilebilir böceklerin insanoğlu için taşıdığı potansiyeli; besin değerleri, ekonomi, kültürel algılar ve tarihsel süreç gibi pek çok farklı boyutuyla ele alınmıştır. Elde edilen bulgular yenilebilir böceklerin ekonomik, verimlilik, çevresel etkiler ve besleyicilik açılarından geleneksel hayvancılığa kıyasla güçlü bir potansiyeli olduğunu göstermektedir. Araştırma kapsamında yenilebilir böceklerin lif, mineral, vitamin ve yağlar açısından zengin gıda kaynakları olduğu ve gelecekte önemli bir protein kaynağı olabileceği saptanmıştır.

Sağlık boyutu ele alındığında; yapılan çalışmalarda böceklerin özellikle kardiyovasküler hastalıklara karşı faydalı olabileceği görülmüş, fakat sindirilebilirliği ve alerjen durumlarının daha fazla bilimsel kanıta ihtiyaç duyduğu belirlenmiştir. Sürdürülebilirlik boyutu incelendiğinde yenilebilir böcekler verimlilik, minimum kaynak ihtiyacı ve çevresel etkileriyle geleneksel hayvancılığa kıyasla daha pozitif bir tablo çizdiği görülmüştür.

Entomofaji kavramının ekonomik anlamda da kümülatif bir büyüme gösterdiği, çalışmadaki dikkat çekici bulgulardan biridir. Bu bağlamda yeni istihdam alanları yaratmak açısından özellikte gelişmekte olan ülkeler için önemli bir kaynak oluşturduğunu söylemek mümkündür. Kültürel faktörler ve gıda neofobisinin böceklerin insan diyetine entegre olma sürecinde önemli bir etken olduğu ve toplumsal kabulün bu anlamda ciddi bir engel oluşturduğu araştırma kapsamında belirlenmiştir. Özellikle Batı toplumlarında statüyle ilişkilendirilmesi, yenilebilir böceklerle karşı oluşan direncin başlıca sebeplerinden biri olarak görülmüştür.

Sonuç olarak yenilebilir böceklerin artan dünya nüfusu ve öngörülen gıda krizi gibi küresel sorunlara karşı mücadele etmek için önemli bir potansiyele sahip olduğu; fakat bu potansiyele ulaşması için alanda yapılacak yeni çalışmalara ihtiyaç duyulduğu kanısına varılmıştır.

Çalışmanın bulguları doğrultusunda yenilebilir böceklerin alternatif gıda kaynakları açısından potansiyelinin netleştirilmesi adına gelecekte yapılacak çalışmalara yönelik bazı öneriler geliştirilmiştir. Yenilebilir böceklerin sayıları konusunda tür bazlı sınıflandırılma araştırmalarının arttırılması literatürde ortak bir paydada buluşulması adına önemlidir. Mevcut literatürde bu çalışmaların kısa sürede ya da sahadan uzak şekilde yapılmasının bu tartışmaya sebep olduğu görülmektedir. Yenilebilir böceklerin insan diyetine uygunluğu adına, özellikle kitinlerin sindirilebilirliği ve böceklerin bağırsak mikrobiyotasından arındırılması üzerine yapılacak çalışmalar literatüre sağlık ve gıda güvenliği açısından önemli katkılar sunacaktır.

Mevcut literatürde sürdürülebilirlik açısından yenilebilir böceklerin önemli bir potansiyel olduğu fikri yaygındır. Ancak bu iddiaların yer aldığı çalışmalarda genellikle küçük ölçekli üretimler ya da laboratuvar ortamları kullanılmaktadır. Söz konusu iddiaları güçlendirmek ve

fikri somutlaştırmak adına daha büyük üretim ölçeklerinde yapılacak yaşam döngüsü analizi (LCA) çalışmaları literatüre önemli bir katkı sağlayacaktır.

Böceklerin geleneksel hayvancılığa karşı daha verimli bir tablo sunduğu pek çok araştırmada yer bulsa da karşılaştırmalı analizlerin yapıldığı deneysel çalışmalar mevcut literatürün araştırmaya açık alanlarından biri olarak görülmektedir. Bu çalışmaların tüketici kabulüne pozitif etkide bulunacağı düşünülmektedir. Tüketicilerin benimsediği kültürel tabular ve gıda neofobisi gibi dirençlerin kırılması için medya ve eğitim kanallarıyla tüketici kabulüne ilişkin çalışmalar yapılabilir. Gastronomi alanında ise böceklerin modern sunumlar ve yenilikçi reçetelerle menülere eklenmesi, tüketici kabul sürecini hızlandırmak adına önemli katkılar sağlayacaktır.

Teşekkür ve Bilgi Notu: Bu çalışmanın ortaya çıkmasındaki katkıları için değerli hocam Doç. Dr. Gülçin Özbay’a teşekkürler.

Etik Onayı: Yazar bu çalışmanın hazırlanma sürecinde etik kurallara riayet edildiğini beyan eder. Aksi bir durumun tespit edilmesi halinde Journal of Gastronomía Dergisi’nin hiçbir sorumluluğu olmayıp, tüm sorumluluk makale yazarına aittir.

Kaynakça

- Aksoy, A. B., & El, S. N. (2021). Geleceğin Protein Kaynağı: Yenilebilir Böcekler. *Turkish Journal Of Agriculture-Food Science And Technology*, 9(5), 887-896.
- Andaç, A. E., & Tuncel, N. Y. (2023). Sürdürülebilir ve Yeni Bir “Gıda” Alternatifi Olarak Yenilebilir Böcekler. *Journal Of Advanced Research In Natural And Applied Sciences*, 9(1), 251-267.
- Araç, F. Ö. Ö., & Sakarya, E. (2024). Alternatif Besin Kaynaklarının Kabul Edilebilirliği ve Sürdürülebilirliği. *Beslenme Bilimleri Alanında Uluslararası Araştırmalar I*, 5.
- Baş, H., & Hamurcu, P. (2021). Gıda Neofobisinin Yetişkinlerde İncelenmesi. *Sağlık Ve Yaşam Bilimleri Dergisi*, 3(3), 165-173.
- Candoğan, K., & Özdemir, G. (2021). Sürdürülebilir et üretimi için yenilikçi yaklaşımlar. *Gıda*, 46(2), 408-427.
- Çalışlar, S. (2017). Un Kurdu Böceğinin Besin İçeriği ve Kanatlı Hayvan Beslemede Kullanım İmkânları. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6, 226-232.
- De Carvalho, N.M., Madureira, A.R., & Pintado, M.E. (2020). The potential of insects as food sources—a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(21), 3642-3652.
- Demirci, M., & Yetim, H. (2021). İnsan gıdası olarak böcek proteinleri tüketimi ve getirdiği sorunlar. *Helal ve Etik Araştırmalar Dergisi*, 3(2), 11-22.
- Doğan, E., & Çekal, N. (2025). Bireylerin yenilebilir böceklerle yönelik bakış açıları üzerine nitel bir araştırma. *Anadolu Üniversitesi Mesleki Eğitim ve Uygulama Dergisi*, 4(1), 64-84.
- Erdoğan, B., Peksever, D., Görür, A., Sümer, O., & El, S. (2021). Sürdürülebilir protein kaynağı olarak yenilebilir böceklerin besleyici özellikleri ve tüketici kabulü. *Gıda*, 46(5), 1105-1116.
- Fao, (2021), looking at edible insects from a food safety perspective. challenges and opportunities for the sector. Rome.
- Gencal, A., & Selçuk, G. N. (2024). Alternatif gıda olan yenilebilir böcekler. *Gastro-World*, 2(2), 16-27.
- Güney, S. K., Bedir, İ., & Sarial, E. (2024). Yenilebilir böcek kavramı ve unlu mamulde kullanımı: Yenilebilir çekirge (*locusta migratoria*) içeren kurabiyelerin duyu kalitesinin incelenmesi. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 12(s2), 2216-2221.
- Hacıhasanoğlu, F. E. (2022). Evaluation on techno-functional, fatty acids and in vitro antioxidant activity of edible house cricket (*acheta domesticus*) (Doktora tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye.
- Halloran, A., Flore, R., Vantomme, P., & Roos, N. (Eds.). (2018). Edible insects in sustainable food systems (Vol. 10, Pp. 978-3). Cham: Springer.

- Haydardedeoğlu, M. (2017). Avrupa Birliği gıda etiketleme mevzuatının incelenmesi ve ulusal mevzuatımızla karşılaştırılması (Yüksek lisans tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi, Türkiye.
- Imathiu S. (2020). Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects. *NFS Journal*, 18: 1-11.
- Işık, Ö., & Kırkpınar, F. (2016). Etlik Piliçlerin Beslenmesinde Alternatif Protein Kaynağı Olarak Un Kurdu (*Tenebrio molitor* L.)'nın kullanımı. *Hayvansal Üretim*, 57(1), 15-21.
- Jansson, A. and Berggren, A. (2015). Insects as Food – Something for the Future? A report from Future Agriculture. Uppsala, Swedish University of Agricultural Sciences (SLU).
- Kadioğlu, B U., & Tazeoğlu, A. (2022). *Sürdürülebilir Beslenme Modelleri*. Sağlık & Bilim 2022: Beslenme-2, 7.
- Kaldırım, Ş. N., & Keser, A. (2023). Besin kaynağı olarak yenilebilir böcekler. *Celal Bayar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(1), 54-59.
- Karakaş, D., Semint, S. & Aydın, S., (2024). Yenilebilir Böcekler. *Gastronomi ve Mutfak Sanatları Üzerine Güncel Araştırmalar* 10 153-164.
- Karaman, R. (2019). *Geçmişten günümüze gastronomi trendleri: potansiyel yerli turistlerin yenilebilir böcekler akımına yönelik algılarının ölçülmesi* (Yüksek lisans tezi), Balıkesir Üniversitesi, Türkiye.
- Karaman, R., & Girgin, G. K. (2020). Yenilebilir böcekler kapsamında çekirge ve karides. *Journal of Global Tourism And Technology Research*, 1(1), 1-11.
- Kaymaz, E., & Ulema, Ş. (2020). Yenilebilir böceklerin menülerde kullanılması üzerine bir araştırma-Kapadokya örneği. *Journal of Travel and Tourism Research*, 16(16), 46-63.
- Kibar S. (2017). Böcek yemenin nesi yanlış? *Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 8(1), 96-113
- Kouřimská, L., & Adámková, A. (2016). Nutritional and sensory quality of edible insects. *Nfs Journal*, 4, 22-26.
- Lange K.W., & Nakamura Y. (2021). Edible insects as future food: chances and challenges. *J Funct Foods*, 1(1), 38-46
- Mankan, E. (2017). Gastronomide yeni trendler-yenilebilir böcekler. *Electronic Turkish Studies*, 12(3).
- Muslu, M. (2020). Sağlığın geliştirilmesi ve sürdürülebilir beslenme için alternatif bir kaynak: Yenilebilir böcekler. *Gıda*, 45(5), 1009-1018.
- Muslu, M. (2021). Küresel iklim krizi ve beslenme sorunları karşısında geleceğin alternatif besinleri. *Climate And Health Journal*, 1(2), 74-81.
- Muslu, M. (2022). Sürdürülebilir beslenme ve protein ihtiyacı için alternatif bir kaynak: Sentetik et (Kültür Eti). *Akademik Gıda*, 20(2), 189-193.
- Nikkhah, A., Van Haute, S., Jovanovic, V., Jung, H., Dewulf, J., Cirkovic Velickovic, T., & Ghnimi, S. (2021). Life cycle assessment of edible insects (*protaetia brevitarsis seulensis* larvae) as a future protein and fat source. *Scientific Reports*, 11(1), 14030.
- Okutan, Y. A. (2024). Yeni nesil gastronomi: Yenilebilir böceklerin tüketimine ilişkin algıların ölçülmesi. *Journal of Recreation and Tourism Research*, 11(2), 81-99.
- Onurlu, Ö., & Aslay, E. Ş. (2022). Gıda neofobisi ve fonksiyonel gıdaları kullanma isteği. *Hakkâri Review*, 6(1), 14-26.
- Özek, K. (2016). Böcek kökenli protein kaynaklarının yem değeri ve kanatlıların beslenmesinde kullanılabilme olanakları. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 19(3), 272-278.
- Özer, E.Z. (2018). Yenilebilir Çiçekler ve Yenilebilir Böcekler. (Ed.: Akbaba, A & Çetinkaya, N.), Gastronomi ve Yiyecek Tarihi Ankara: Detay Yayıncılık.
- Payne, C. L., & Van Itterbeeck, J. (2017). Ecosystem services from edible insects in agricultural systems: A review. *Insects*, 8(1), 24.

Sarı, D., & Karaçeper, E. İ. (2024). Z kuşağının yenilebilir böceklere yönelik tutum ve tercihleri: Gastronomi ve mutfak sanatları öğrencileri üzerine bir inceleme. *International Journal of Social And Humanities Sciences*, 8(2), 215-245.

Seyhan, S., & Nakilcioğlu, E. (2022). Sürdürülebilir beslenme kapsamında yenilebilir böcekler. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9(2), 1166-1178.

Tekiner, İ. H., Darama, G., Özatila, B., & Yetim, H. (2022). Beslenme ve gıda teknolojisi yönünden yenilebilir böcekler. *Academic Platform Journal Of Halal Lifestyle*, 4(1), 18-29.

Van Huis, A. (2016). Edible insects are the future? *Proceedings Of The Nutrition Society*, 75(3), 294-305.

Van Itterbeeck, J., & Pelozuelo, L. (2022). How many edible insect species are there? *A Not So Simple Question. Diversity*, 14(2), 143.

Yılmaz, N., & Kaçar, M. (2022) Sürdürülebilir Beslenme Modelleri ve Alternatif Besin Kaynakları. In Congress Book (P. 581).

Extended Summary

The rapidly growing world population in the modern world, food waste, climate change, and structural problems in agricultural production have driven humanity to seek alternative and sustainable food sources. In this context, alternative foods that are environmentally friendly, economical, and nutritious are becoming increasingly important. The concept of alternative food encompasses different food sources outside traditional production systems, such as cultured meat, microalgae, synthetic dairy products, microbial proteins, and edible insects. In this study, edible insects—which, despite having been part of human diets throughout history, have been rediscovered in modern societies—are examined as a multidimensional alternative food source.

The primary aim of the study is to provide a holistic contribution to the literature by evaluating edible insects in terms of nutritional values, health effects, sustainability potential, economic dimensions, and cultural perceptions. Accordingly, the research is based on a systematic literature review of academic studies published between 2015 and 2025. Studies from the Web of Science, Scopus, and the Turkish Higher Education Council (YÖK) Thesis Center databases were analyzed and synthesized with a critical perspective.

The literature shows that insect consumption, known as entomophagy, has been widespread for centuries especially in regions such as Africa, Asia, and Latin America, while in Western societies it has remained limited due to cultural taboos and food neophobia. Historical examples reveal that insects were consumed not only in times of necessity but also for ritual, medicinal, and everyday dietary purposes. Today, increasing global food demand and the environmental costs of animal protein production have brought edible insects back into focus.

Edible insects are widely acknowledged in the literature for their high protein, mineral, vitamin, and healthy fat content. Protein ratios vary depending on the species and stage of development; they are also noted to be rich in iron, zinc, B vitamins, and some micronutrients. However, the fact that the carbohydrate content of insects is mostly in the form of chitin raises discussions about digestibility and health effects. Some studies argue that chitin could be a potential source of fiber, while others reveal that its effects on the digestive system are not yet clear.

In terms of health, it has been suggested that edible insects may have positive effects on cardiovascular diseases and some metabolic processes, but allergen risks stand out as a significant limitation. It is stated that insect consumption can lead to serious reactions, especially in individuals with shellfish allergies. In addition, the gut microbiota of insects and hygiene conditions before processing are among the elements that need to be carefully considered in terms of food safety.

In the context of sustainability, many studies emphasize that edible insects require less water, feed, and land compared to traditional livestock farming, and greenhouse gas emissions are low. With these characteristics, insect farming is said to offer an environmentally advantageous alternative. However, it is also stated in the literature that these results are mostly based on small-scale or laboratory-based studies, and data on large-scale production systems are limited.

From an economic perspective, edible insects have the potential to create new employment opportunities, especially in developing countries. The global insect market has experienced rapid growth in recent years, with increasing commercial diversification through innovative products such as protein bars, insect flour, and functional foods. However, limited consumer acceptance is considered one of the primary factors slowing down market growth.

Cultural perceptions and social acceptance play a crucial role in the widespread adoption of edible insects. In Western societies, the association of insects with low status and their perception as "disgusting" is one of the biggest obstacles to entomophagy. In contrast, it is believed that individuals with a high tendency for neophilia and modern gastronomic presentations could be effective in transforming this perception.

In conclusion, this study reveals that edible insects offer strong potential for global food security and sustainability challenges. However, it is clear that interdisciplinary and comprehensive research is needed in areas such as health, food safety, cultural acceptance, and large-scale production. The ability of edible insects to gain a place in the food systems of the future will be possible by strengthening scientific evidence and transforming social perception.