

# **BÖCEK BAZLI PROTEİN KAYNAKLARI**

---

INSECT PROTEIN SOURCES

**Sedef Nehir El**



## BÖCEK BAZLI PROTEİN KAYNAKLARI

**Prof. Dr. Sedef Nehir EL**

*Ege Üniversitesi*

### Özet

Dünya nüfusunun artma hızı ve gezegenimizin kaynaklarındaki azalmalar bugün ve gelecekte insanların sağlık ve refahını sağlayabilecek düzeyde, gıda ve protein gereksiniminin karşılanamayacağını ortaya koymaktadır. Bu problemin çözümüne katkı sağlayacak yaklaşım ise proteinin asıl kaynağı olan büyük baş hayvan eti tüketiminin, sağlıklı ve düşük çevresel etkilere sahip sürdürülebilir protein kaynakları ile yer değiştirmesi olarak görülmektedir. Hayvansal proteinler gibi geleneksel proteinlere kıyasla, bitkisel proteinler hem çevresel hem de üretim maliyeti yönünden fayda sağlayabilen kaynaklar olmasına rağmen bazı aminoasitler açısından kısıtlıdır ve sindirilirlikleri de daha düşüktür. Böcek, mikroalg ve bakteri proteinleri ise hayvansal kaynaklar gibi yüksek protein ve zorunlu aminoasitleri içermelerinin yanı sıra protein sindirilirlikleri de yüksek olduğundan kaliteli protein kaynakları olarak anılabilirler. Yenilebilir böcekler Afrika, Asya ve Güney Amerika'da uzun yıllardır tüketilmelerine bağlı olarak besleyici değeri yüksek geleneksel gıdalar olarak değerlendirilirken, Avrupa ülkelerinde, tüketiciler böceklerin gıda olarak tüketilmesine karşı olumsuz tutum sergilemektedir. Yenilebilir böcekler, geleneksel hayvansal protein kaynaklarına kıyasla yetiştirme alanı, su, enerji ve yem gibi kaynakları daha az tüketmelerinin yanı sıra daha düşük sera gazı üretimleri, ekolojik sistemin sürdürülebilir özellikleri açısından önemlidir. Sürdürülebilir protein ve diğer önemli besin öğeleri, biyoaktif bileşiklerin kaynakları açısından cazip olan yenilebilir böceklerin protein ve zorunlu aminoasit içeriklerinin ve sindirilirliklerinin incelenmesi ve entomofaji olmayan toplumlarda tüketiminin yaygınlaştırabilmesi için öncelikle güvenilirlik, alerjenite, toksisite ve sağlık etkileri üzerinde çalışmalar yapılmalıdır.

### **Anahtar Kelimeler**

*Entomofaji, Yenilebilir Böcekler, Protein Kaynağı, Besleyici Özellikler*

## **INSECT PROTEIN SOURCES**

***Prof. Dr. Sedef Nehir EL***

*Ege University*

### **Abstract**

The rate of increase in the world population and the decrease of the resources of our planet reveal that the need for food and protein cannot be met at a level that can ensure the health and well-being of people today and in the future. The approach that will contribute to the solution of this problem is seen as replacing the consumption of bovine meat, which is the main source of protein, with sustainable protein sources that are healthy and have low environmental impacts. Compared to plant proteins to animal proteins, although plant proteins are sources that can provide benefits both in terms of environmental and production costs, they are limited in some amino acids and their digestibility is lower. Insect, microalgae and bacterial proteins can be referred to as quality protein sources because they contain high protein and essential amino acids like animal sources, as well as high protein digestibility. While edible insects are considered traditional foods with high nutritional value due to their consumption for many years in Africa, Asia and South America, consumers in European countries have a negative attitude towards consuming insects as food. Edible insects consume less resources such as growing space, water, energy, and feed compared to traditional animal protein sources, and their low greenhouse gas production is important for the sustainable characteristics of the ecological system. In order to examine the protein and essential amino acid contents and digestibility of edible insects, which are attractive in terms of sources of sustainable protein and other important nutrients and bioactive compounds, and to expand their consumption in societies without entomophagy, additional studies should be carried out on their safety, allergenicity, toxicity and health effects.

### ***Keywords***

*Entomophagy, Edible Insects, Protein Source, Nutritional Values*

## **GİRİŞ**

Birleşmiş Milletler 2022 küresel nüfus istatistiklerine göre, dünya nüfusunun önümüzdeki yirmi yılda 1,18 milyar artışla, 2030 yılında 8,5 milyara ulaşacağını ve bu rakamın 2050 itibarıyla 9,7 milyar olacağını göstermektedir. Bu veriler, ortalama doğurganlık oranının 1950’de kadın başına yaklaşık 5 doğumdan, 2021’de 2,3 doğuma düşmesine rağmen, küresel nüfus artış hızının pozitif kaldığını göstermektedir. Nedenleri sağlık sektöründeki spesifik müdahaleler ve tıbbi altyapıdaki gelişmelerle bağlantılı olarak ömrün uzaması ile ölüm oranlarındaki düşüş olarak açıklanmaktadır. 1965 ile 1970 yılları arasında dünya nüfusunda yıllık ortalama %2,1’lik bir artış yaşanmıştır; bu, büyüme oranının zirvesini temsil etmektedir. Ancak takip eden yıllarda büyüme hızı kademeli olarak yavaşlayarak, 2015’ten 2020’ye kadar olan zamanda %1,1’in altına düşmüştür (UN, 2022). Projeksiyonlara göre küresel nüfusun büyümesinin önümüzdeki yıllarda düşük bir hız ile ancak artarak süreceği öngörülmektedir. Bu durum küresel nüfustaki büyük artışa bağlı olarak gıda arzının daha da büyük bir artışla karşılanması gerektiğini ortaya koymaktadır. Gıda üretiminin %70 oranında artırılması için ekim yapılan alanların en az Hindistan’ın iki katı büyüklüğünde artması gerekirken, daha az toprak kullanılarak daha fazla gıda üretilmesinin planlanmasının gerekliliği önem kazanmaktadır. Sağlıklı ve besleyici gıdanın önemi önümüzdeki yıllarda daha da artarken, önem, su ve enerji gıda üretiminde sınırlayıcı unsurlar olacaktır. Sera gazı emisyonlarında artış, ekolojik ve iklimsel değişikliklerinde dikkate alındığı sürdürülebilir bir gıda sisteminde planlama gerektiği çok açıktır (UN, 2022; FAO, 2018; FAO, 2019; Baş-Aksoy & El, 2021).

## **PROTEİN GEREKSİNİMİ**

Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından dünya çapında et üretiminin 2050 yılına kadar iki katına çıkması ve yeni gıda kaynaklarının alternatif kaynaklara dönüştürülmesinin birinci öncelik olması gerektiği bildirilmektedir. Süt ürünleri ve kırmızı et gibi hayvansal kaynaklar insanlar tarafından tüketilen popüler protein kaynakları olmakla birlikte artan dünya nüfusuna bağlı olarak hayvansal protein tüketiminin 2050 yılı itibarıyla bugüne oranla yaklaşık 2 kat artacağı bildirilmektedir. Protein tüketiminin, orta ve düşük gelirli ülkelerde 2030 yılında kişi başı 54 g, 2050 yılında 57 g, yine bu ülkelerde hayvansal kaynaklı protein tüketiminin ise 2030 yılında 22 g, 2050 yılında 25 g olacağı öngörülmektedir. Veriler, 2050 yılına gelindiğinde sığır, tavuk ve balık gibi hayvansal kaynakların insanların protein ihtiyacını karşılamaya yetmeyeceğini, ayrıca bu kaynakların da gelecekte soyu tükenme ihtimallerine karşı yenilikçi çözümlerin üretilmediğini göstermektedir. Oysa bu kaynakların büyük ekolojik ayak izine ve düşük dönüşüm verimliliğine sahip olmaları, artan talebe karşın, sürdürülebilirliklerinin düşük olmasına neden olmaktadır.

Bu şu demektir; global nüfus artışı dikkate alındığında geleneksel gıda kaynaklarının yanı sıra alternatif tarım sisteminin geliştirilmesine ihtiyaç var ise hayvancılıktan elde edilen proteinin en az %25'inin diğer daha sürdürülebilir proteinlerle değiştirilmesi gerekmektedir. Bu aynı zamanda tarım arazilerinin yenilenmesi ve tarımsal alanların sera gazları (GHG) %4 veya daha fazlasının azaltılmasını sağlar ki, bu yılda 23 milyon metrik tona eşdeğerdir (FAO 2019; Aksoy & EL, 2021).

Kısaca nüfus artışıyla birlikte geleneksel protein kaynaklarının yeterli olmayacağı açıktır ve bu küresel sorunu çözmek, kıtlıkla karşı karşıya kalmamak amacıyla alternatif sürdürülebilir protein kaynaklarına ve üretim yöntemlerine ihtiyaç vardır. Alternatif sürdürülebilir protein kaynakları olarak, tahıllar (buğday), tohumlar (chia), yapraklar (moringa), baklagiller (fasulye, mercimek, bezelye), mikroalgler, mantarlar (mikoproteinler) ve böcekler gün geçtikçe önem kazanmaktadır (FAO, 2013).

## **SÜRDÜRÜLEBİLİR PROTEİN KAYNAĞI OLARAK BÖCEKLER**

Bitkilerden elde edilen proteinlerin bazı zorunlu amino asitlerden yoksun olması ve hayvansal kaynaklı proteinlerle karşılaştırıldığında insan vücudundaki sindirilme oranlarının daha düşük olması, tam ve besleyici bir diyet için yeterli değildir, çeşitli bitki bazlı kaynakların birlikte kullanılması ile protein kalitesinin artırılması gerekir. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), çevre dostu üreme koşullarına sahip olmalarının yanı sıra besleyici değerlerinin yüksek olması nedeniyle yenilebilir böceklerin alternatif gıda kaynakları olarak tüketilmelerini önermektedir (FAO, 2013). Aynı zamanda böcek yetiştiriciliğinin Birleşmiş Milletler tarafından 2015 yılında açıklanan 17 Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinin sekizini (1,2,3,6,7,8,9,12) doğrudan, dokuz tanesini (4,5,10,11,13,14,15,16,17) ise dolaylı olarak karşılayabileceği düşünülmektedir (Lin vd., 2023; Ravi vd., 2020). Yenilebilir böcekler, geleneksel hayvansal gıdalara alternatif olarak artan bir ilgi ile yüksek kaliteli proteinlerin yeni bir kaynağını temsil etmektedir. Çekirge, cırcır böceği, termit ve un kurdu gibi böceklerden elde edilen proteinler; büyükbaş ve kümes hayvanları gibi protein kaynaklarına göre pratik ve uygun maliyetli bir alternatif olarak popüler hale gelmeye başlamıştır (de Castro vd., 2018; Nissen vd., 2020).

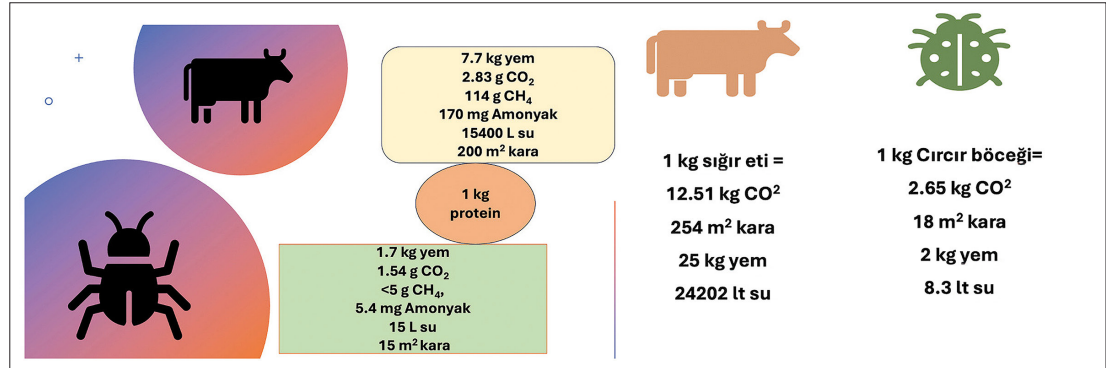
Böcekler *Phylum Arthropoda* şubesine ait omurgasız hayvanlardır. Biyokütleleri hayvanlar aleminin %95'ini oluşturan çok geniş bir biyolojik çeşitlilik göstermektedirler. Yenilebilir böcekler 1 kg protein veya 1 kg kütle bazında, geleneksel hayvan kaynaklı protein kaynaklarına kıyasla karbondioksit, metan gazı ve amonyak üretimi, su ve yetiştirme için kara yüzeyinin kullanımı açısından daha az olumsuz çevresel etkilere sahiptirler (Şekil 1). Üretim döngüsü açısından böcekler diğer protein kaynaklarına göre daha kısa bir üretim döngüsüne sahiptir (Lange & Nakamuar, 2021).

Örneğin *B. mori* larvalarının oluşması 20-24 gün sürerken, bir kg sığır etinin üretilmesi 243 gün kadar sürmektedir. *B. mori*'nin sığır etinin %92'sini üretmesi ondan fazla üretim döngüsü (%520 protein eşdeğeri) gerektirir; bu da sığır proteini üretmeyi sığır etinden daha sürdürülebilir kılmaktadır (Liceaga 2022; Lin vd., 2023; Siddiqui vd., 2023). Ayrıca böceklerin yemlerinin endüstriyel yan ürünler ve tarımsal atık ve artıklardan elde edilmesi yüksek yem dönüşüm verimliliğine karşılık gelmektedir.

Böcek yetiştiriciliği (yetiştirme), sürdürülebilir beslenme yaklaşımı için yeni ortaya çıkan bir “mini hayvancılık” olarak isimlendirilmektedir. Şu anda çoğunluğu endüstriyel ölçekte yenilebilir böcek çiftlikleri Avrupa’da (örneğin, Fransa ve Hollanda) ve Kuzey Amerika’da (örn. Kanada ve ABD) bulunmaktadır. Bu dikey, sürdürülebilir çiftliklerde çoğunlukla cırcır böcekleri (*Acheta Domesticus*) ve sarı un kurtları (*Tenebrio molitor*) üretilmektedir. Sisteme hastalık girmesini önlemek için kendi çoğaltmalarını yapmaktadırlar. Çiftlikte yetiştirilen böceklerin bir diğer önemli avantajı da mevcut tarım uygulamaları sırasında böcek ve haşerelere kullanılan antibiyotikler, steroidler, hormonlar pestisitler veya sıklıkla kullanılan diğer sentetik kimyasal maddelerin kullanılmamasıdır (Lin vd., 2023).

### Şekil 1.

Protein ve kütle bazında büyük baş hayvanların ve böceklerin çevresel etkileri (Liceaga, 2022'den uyarlanmıştır).



## ENTOMOFAJİ: BÖCEK TÜKETİMİ

Tarihsel izlerin incelenmesi ile elde edilen bulgulara dayanarak paleoantropologlar, böceklerin ilk insanların beslenmesinde önemli bir rol oynadığına inanmaktadırlar. Yunan, Roma, Aztek tarihlerinde böcek tüketildiğine dair çok açık kanıtlar vardır. Günümüze dünya çapında yaklaşık 2,5 milyar insan kültürlerinin önemli bir parçası olarak böcek tüketmektedirler. Tayland, Çin, Afrika, Meksika, Kolombiya gibi 100'den fazla ülkenin ve 3.000'den fazla etnik grubun beslenmesinin bir parçası durumundadır. Literatürde çoğu tropikal ülkelerde olmak üzere 1900'den fazla böcek türünün yenilebilir olduğu belgelenmiştir (van Huis vd., 2013).

Ancak bazı bölgelerde, özellikle de batı ülkelerinde, tüketiciler hâlâ sürdürülebilir bir kaynak olarak yenilebilir böcekleri ve böceklere benzeyen omurgasızları geçerli gıda seçenekleri olarak kabul etmekte zorlanmaktadır (Ordoñez-Araque ve Egas-Montenegro, 2021; Zielińska ve Pankiewicz, 2020). Bugüne kadar kataloglanmış 2000'e yakın yenilebilir böcek türü bulunmaktadır ve 8 ana takım içinde sınıflandırılmıştır. Bunlar; *Blattodea* (hamamböceği ve termitler), *Coleoptera* (böcekler), *Diptera* (sinekler), *Hemiptera* (ağustosböcekleri, pis kokulu böcekler), *Hymenoptera* (arılar, eşekarı, karıncalar), *Lepidoptera* (kelebekler, güveler), *Odonata* (yusufluklar), *Orthoptera* (cırcır böceği, pırpır, çekirge) (FAO, 2013).

Dünyanın birçok ülkesinde böcekler bütün olarak yemeğe eklenerek veya zenginleştirici öge olarak kullanılırken, Avrupalı tüketiciler larva veya böcekleri yemeyi benimsememektedirler (Van Huis, 2013). Bu nedenle, tüketici tarafından kabul edilirliliğini ve tüketimini arttırma yöntemlerinden biri, böceklerin öğütülerek un halinde kullanılması olarak görülmektedir. Böceklerin yaşam döngülerinin yumurta, larva, pupa ve yetişkin olmak üzere her aşamasında tüketilme şekilleri vardır. Tüketici kabulü açısından görünür veya bütün halde ve görünmez (un, toz, püre, protein izolatu, protein hidrolizatu) şekilleri farklılık göstermektedir. Ancak “Böcek unu” gibi terimler kafa karışıklığına neden olarak, fırın ürünlerindeki tahıl unları ile aynı özelliklere sahip olacağı düşünülmektedir. Oysa böcek unlarında temel bileşen protein daha sonra yağ ve lif iken, örneğin buğday ununda öncelikle nişasta (%65-70) ve protein (%12-13) daha sonra kısmen mineral madde/kül (%0,3) gelmektedir.

## **YASAL DÜZENLEMELER**

FAO tarafından 2013 yılında, “Yenilebilir Böcekler: Gıda ve Yem Güvenliği için Gelecek Beklentileri” adlı raporda yenilebilir böceklerin gelecekte sürdürülebilir bir gıda kaynağı olacağı bildirilmiştir.

Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA), 2015 yılında bir risk değerlendirme raporu yayınladı. Bu raporda böceklerin yetişmesi için izin verilen yem içerikleri ve üretim sürecinin tamamını göz önünde bulundurarak, böceklerden elde edilen ürünlerle ilişkili potansiyel tehlikeleri, geleneksel hayvansal protein kaynaklarıyla karşılaştırıldığında daha yüksek bir mikrobiyolojik tehlike riski oluşturmadığını açıkladı.

Ocak 2018’de Avrupa Birliği ülkelerinde yürürlüğe sokulan (AB) 2015/2283 sayılı “Yenilikçi Gıda Yönetmeliği” ile böcek bazlı gıdaların insan ve hayvan tüketimine uygun olduğuna dair izin verilerek, AB’ye üye ülkelerde yasal olarak satılabilir hale geldi.



Daha ayrıntılı olarak, yakın zamanda birkaç böcek türüne insan tüketimi için izin verilmiştir:

- *Acheta Domesticus*, Cırcır böceği (dondurulmuş, kurutulmuş ve toz haline getirilmiş veya kısmen yağı alınmış toz halinde) (AB) 2022/188 sayılı Yönetmelik ve (AB) 2023 sayılı Yönetmeliğe göre)
- *Tenebrio molitor*, Un kurdu (dondurulmuş, kurutulmuş veya toz haline getirilmiş) (Yönetmelik (AB) 2022/169 ve Yönetmelik (AB) 2021/882),
- *Alphitobius bezii*, Siyah un kurdu (dondurulmuş, püre halinde, kurutulmuş veya toz haline getirilmiş) (Yönetmelik (AB) 2023/58)
- *Locusta migratoria*, Çekirge (dondurulmuş, kurutulmuş veya toz haline getirilmiş) (Yönetmelik (AB) 2021/1975) (EFSA, 2021a,b)

Bu konudaki yasal düzenlemeler ile Avrupa Birliği ülkelerinde patentli ürünler listesi gün geçtikçe gelişmektedir. Bu listede ön plana çıkan gıdalar; kurabiyeler, enerji barları, çorba, makarna, salata sosları, ekmek ve atıştırmalıklardır.

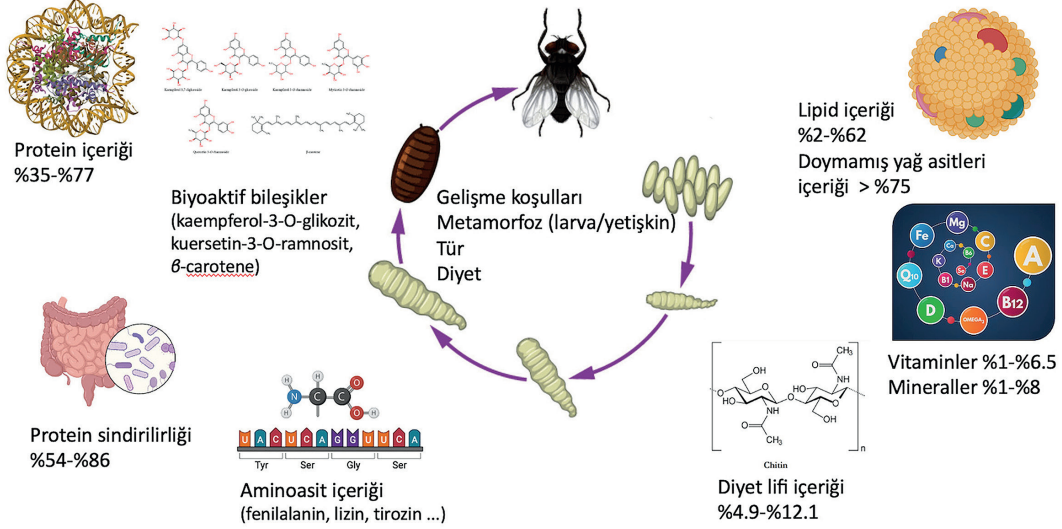
## BÖCEKLERİN BESİN ÖĞELERİ VE PROTEİN ÖZELLİKLERİ

Böcekler genel olarak protein, tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri ve lif bakımından zengin oldukları için besleyici değerleri açısından önemli bir yere sahiptirler (Şekil 2). Yenilebilir böceklerin besleyici değerleri göz önüne alındığında, örneğin 100 g tırtıl böceği tüketimi ile, günlük protein gereksiniminin %76'sı sağlanmaktayken, 3 tane ipekböceği pupası besleyicilik açısından 1 adet tavuk yumurtasına karşılık gelmektedir ve bileşiminde yaklaşık %50 protein ile %30 lipit bulunmaktadır (Bessa vd., 2020; Jantzen da Silva Lucas vd., 2020).

Yenilebilir böceklerin besleyici özellikleri oldukça değişkendir. Aynı böcek türünde böceğin metamorfik aşamasına (yumurta, larva, pupa ve yetişkin) ve yaşam alanları ile diyetlerine bağlı olarak farklılık gösterebilir (Bessa vd., 2020). Türler arasında protein içeriklerindeki farklılığın, yetiştirme koşulları, farklı diyetler veya hasat aşamalarından da kaynaklanabileceği bildirilmiştir (Boulos vd., 2020; Jonas-Levi ve Martinez, 2017) (Tablo 1). Böceklerin küresel protein gereksiniminin karşılanması ile ilgili sorunu çözmek için en umut verici alternatif kaynaklardan biri olmasının sebepleri diğer protein kaynaklarına göre yüksek protein içeriğine, amino asit bileşimine ve düşük çevresel üretim maliyetine sahip olmasıdır (Jantzen da Silva Lucas vd., 2020).

## Şekil 2.

Yenilebilir böceklerin besleyici özellikleri (Rivas-Navia vd., 2023'den uyarlanmıştır).



Protein kalitesi, beslenme konusunda protein gereksiniminin karşılanması açısından büyük önem taşımaktadır. Gıdadaki proteinin amino asitlerinin sindirilip, emildikten sonra kullanım için hücreye ulaşması kısaca vücut tarafından kullanılması ve yeniden vücut proteinine dönüşümünde sadece miktar ve amino asit bileşimi yeterli değildir, sindirilme ve emilme oranları da önemlidir. Bu özelliklere göre sınıflandırmada, tam kaliteli protein gıdanın içerdiği proteinin yapısında bulunan tüm amino asitlerin insan gereksinimine uygun miktarlarda olması şeklinde tanımlanmakta ve genellikle hayvansal kaynaklı proteinler et, süt, yumurta tam kaliteli proteinlere örnek verilmektedir. Bitkisel kaynaklı proteinler ise değişkendir. Yarı kaliteli pek çok bitkisel kaynak karışık ve bir arada tüketildiği zaman tam kaliteli proteine yakın değerde olurlar. Yüksek kaliteli protein ise kolaylıkla sindirilebilen tam kaliteli proteindir. Böcek proteinleri zorunlu amino asit (EAA) profilleri dikkate alındığında tam kaliteli protein kaynağıdır. Böceklerin EAA bileşimi türlere bağlı olarak değişmekle birlikte, çoğu böcek proteini lizin açısından zengindir ve metiyonin, treonin ve triptofan gibi diğer EAA'ların iyi seviyelerine sahiptir (Oibiokpa vd., 2018; Rumpold ve Schlüter, 2013). Böcek proteinlerinin sindirilirliğinin (Dong vd., 2017; Oonincx vd., 2015) ve zorunlu amino asit bileşiminin araştırıldığı çalışmalarda, örneğin cırcır böceği ununda triptofan aminoasidi sınırlı amino asit olmasına rağmen Aminoasit Skoru 0.85 ve *in vitro* protein sindirilirliği %76.2 olarak bulunmuştur (Payne vd., 2016). Böcek proteinlerinin sindirilirliği hayvansal proteinlere göre daha düşük olmakla birlikte bitkisel proteinlere göre yüksektir. Örneğin, karşılaştırma yapılan çalışmalarda cırcır böceği ve un kurdu proteinlerinin, sığır eti proteinine benzer bir sindirilirlik gösterdiğini, cırcır böceği

proteininin, un kurdu proteininden daha iyi sindirildiğini (Ojha vd. 2021; Stull vd., 2018) çekirge proteininin ipekböceği proteininden daha sindirilebilir olduğunu göstermiştir (Yang vd., 2012). Sindirilirlik böceğin türüne ve yaşam evresine bağlı olarak değişkenlik göstermekle birlikte, böcekler EAA bileşimi ve yüksek sindirilirlik değerleri ile yüksek protein kalitesindeki hayvansal kaynaklara potansiyel bir alternatif olabilirler. Böceklerde bulunan kitin proteinlerin sindirilirliğini etkileyen önemli bir bileşendir. Böceklerin dış iskeletini oluşturan bu polisakkarit yapısının protein sindirilirliği üzerine potansiyel olumsuz etkileri vardır. Kitin lif açısından yüksektir ve genellikle insanlar tarafından sindirilemez. Bununla birlikte, insan gastrointestinal kanaldaki bakteriler tarafından kitinolitik enzimlerin üretildiği kanıtlanmış olmasına rağmen, bu enzim yalnızca böcek tüketimine alışkın kişilerde aktiftir. Aynı zamanda kitinin antioksidan antitümör ve antimikrobiyal özellikleri de karakterize edilmiştir. Böceklerden yenilebilir ürünlerin geliştirilmesi için uygulanan en önemli yöntemlerden biri proteinin böceğin dış iskeletinden ayırmaya dayanır (Baiano, 2020).

**Tablo 1.**

Bazı Böcek Türlerinin Protein İçerikleri

| Tür                              | Yaygın isim            | Protein içeriği (%) | Kaynak                        |
|----------------------------------|------------------------|---------------------|-------------------------------|
| <i>Gryllosides sigillatus</i>    | Şeritli cırcır         | 70.00               | (Zielińska vd., 2015)         |
| <i>Acheta domesticus</i>         | Ev cırcır böceği       | 55.00–70.75         | (Rumpold ve Schlüter, 2013)   |
| <i>Schistocerca gregaria</i>     | Çöl çekirgesi          | 76.00               | (Zielińska vd., 2015)         |
| <i>Ruspolia differens</i>        | Çekirge                | 43.10–44.30         | (Rumpold ve Schlüter, 2013)   |
| <i>Tenebrio molitor</i>          | Sarı un kurdu          | 47.18–60.20         | (Rumpold ve Schlüter, 2013)   |
| <i>Zophobas morio</i>            | Büyük solucan          | 43.13–46.79         | (Rumpold ve Schlüter, 2013)   |
| <i>Alphitobius diaperinus</i>    | Küçük un kurdu         | 58.03               | (Yi vd., 2013)                |
| <i>Bombycidae mori</i>           | İpekböceği             | 48.70–69.84         | (Rumpold ve Schlüter, 2013)   |
| <i>Samia ricini</i>              | Eri ipekböceği         | 54.00–54.80         | (Rumpold ve Schlüter, 2013)   |
| <i>Blaptica dubia</i>            | Arjantin hamamböceği   | 59.2                | (Yi vd., 2013)                |
| <i>Gromphadorhina portentosa</i> | Madagaskar hamamböceği | 62.52–63.35         | (Oonincx ve Dierenfeld, 2012) |
| <i>Macrotermes subhyllanus</i>   | Termit                 | 39.34               | (Kinyuru vd., 2013)           |

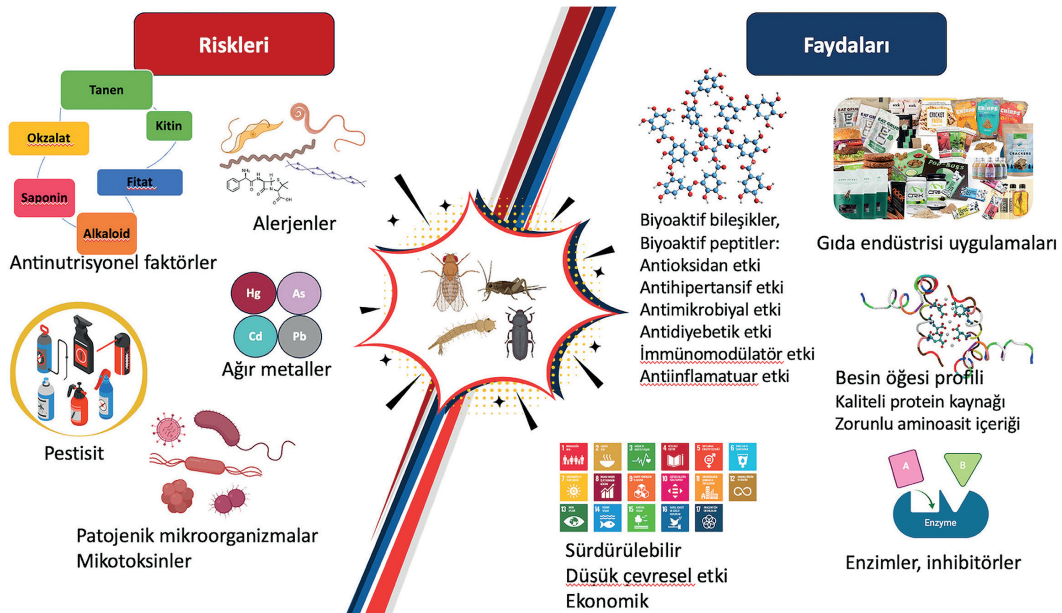
Cunha vd. (2023) insan randomize kontrollü çalışmalarını ve alerjenite değerlendirmelerini dayanarak alarak sürdürülebilir ve besleyici bir gıda kaynağı olarak böcek tüketiminin insan sağlığı üzerindeki etkisini sistematik olarak incelemişlerdir. Son 10 yılda yayınlanan bin altmış üç referans, dokuz randomize kontrollü çalışma ve beş alerjenite çalışması analiz edildiğinde, böcek proteini tüketimi sonrasında kan amino asit seviyelerinin arttığı, diğer protein kaynaklarıyla kıyaslandığında farklılık

olmadığı, lösinin sığır proteinine kıyasla süt ve soya proteinlerine benzer olarak daha yüksek olduğu, bu durumda böcek proteininin kas proteini sentezini için uygun bir alternatif olabileceği rapor edilmiştir. Böcek bazlı ürünlerde kitinin bulunması, sindirim hızının yavaşlamasına ve amino asitlerin salınımının gecikmesine neden olmaktadır. Böcek bazlı ürünlerin tüketiminden sonra glikoz düzeyleri farklılık göstermezken, insülin seviyelerinin daha düşük olduğu, alerjenite değerlendirmeleri ile böcek alerjenleri ve bilinen alerjenler arasında bir duyarlılık ve çapraz reaktivite olduğu ve termal işlem yoluyla çapraz alerjenitede kısmi bir azalma gözlemlendiği ortaya konmuştur.

Böcek tüketiminin ekonomiklik ve çevresel sürdürülebilirlik açısından sunduğu fırsatlar üzerine ve gıda güvenliği ve tüketici kabulü açısından zorluklarını değerlendiren pek çok yaklaşıma ve araştırmaya gereksinim vardır. Bunu yanı sıra, besleyici özellikleri, kaliteli protein kaynağı olmaları, bu proteinlerden elde edilen biyoaktif peptitlerin sağlık üzerine olumlu etkileri gibi faydaları ile içerdikleri fitatlar, taninler, saponinler, oksalatlar gibi antinutrisyonel öğeler, pestisit kalıntıları, alerjen öğeler, ağır metaller ve patojenler önemli riskler olarak değerlendirilmektedir. Şekil 3'te özetlenen tüm bu özelliklerin yenilebilir böcek çeşitleri için araştırılmasına gereksinim vardır (Rivas-Navia vd., 2023).

### Şekil 3.

Yenilebilir böceklerin fayda ve riskleri (Rivas-Navia vd., 2023'dan uyarlanmıştır)



## BİYOAKTİF PEPTİT KAYNAKLARI OLARAK BÖCEK PROTEİNLERİ

Biyoaktif peptitler gıdadaki ana protein dizisi içinde inaktif halde bulunan, 3-20 amino asitten oluşan özellikte protein parçalarıdır ve vücutta birçok metabolik fonksiyonu düzenleyici etki gösterebilmektedirler. Kaynakları genellikle süt, yumurta, et ve balık gibi hayvansal kaynaklı gıdalar, soya, kurubaklagiller ve buğday gibi bitki kaynaklı gıdalar ve böceklerdir. Biyoaktif peptitler gıda işleme etkisiyle (ısı, ısı olmayan işlemler ve fermentasyon), proteolitik mikroorganizmalar tarafından hidroliz yoluyla, mikroorganizma veya bitkilerden salınan proteolitik enzimlerin etkisiyle, proteinlerde yapısal modifikasyonların etkisi ile ve sindirim sırasında enzimlerin hidrolizi ile ortaya çıkabilirler. Ancak, peptitlerin hepsi biyolojik aktiviteye sahip değildir. Aktivitelerini etkileyen özellikleri, aminoasit dizini N ve C-terminal, aminoasitin türü, peptit zincirinin uzunluğu, peptiti oluşturan aminoasitlerin yük ve polaritesidir. Vücuttaki başlıca biyolojik aktiviteleri ise, antioksidan, antimikrobiyal, antihipertansif, antidiyabetik, antiinflamatuvar etkiler olarak tanımlanmaktadır (Nongonierma vd., 2017). Protein kaynağı olarak yenilebilir böceklerden elde edilen biyoaktif peptitlerin biyoaktif potansiyeli, diğer yaygın gıda proteinlerine benzer veya daha yüksek saptanmaktadır. Antioksidan, antimikrobiyal, antiinflamatuvar, antidiyabetik ve antihipertansif özelliklere sahip bu peptitlerin klinik çalışmalar ile araştırılması gerekmektedir (Nongonierma ve FitzGerald, 2017). Böceklerden elde edilen biyoaktif peptitler üzerine ilk çalışma yenilebilir bir böcek olan *Spodoptera littoralis*'ten (Lepidoptera- Pamuk yaprak kurdu) üzerinedir ve *in vitro* ACE (Anjiyotensin dönüştürücü enzim) inhibisyon aktivitesine sahip peptitler tanımlamıştır (Vercruysse vd., 2005, Vercruysse vd., 2009). Daha sonra bu peptitler saflaştırılarak, hipertansif sıçanlarda *in vivo* antihipertansif aktivitesi incelenmiştir ve anlamlı sonuçlar elde edilmiştir. Daha sonraki pek çok çalışmada termolizin, alkalaz gibi enzimlerle elde edilen hidrolizatlarda, böcek proteinlerinin ACE inhibitörü ve antioksidan aktivite kapasiteleri simüle edilmiş gastrointestinal sindirim veya mukozal enzimler kullanılan model sindirim sistemleri ile ve *in silico* analizlerle saptanmıştır. Çalışmada ayrıca peptit aktiviteleri C vitamini ile karşılaştırıldığında hepsi için nispeten düşük olan benzer bir antioksidan aktivite gösterilmiştir. Sonuç olarak böcek proteininin hem ACE inhibitörü hem de antioksidan aktivite sergileyen peptitler üretmek için kullanılabileceğini ve fonksiyonel gıdalara çok işlevli bileşen olarak dahil edilebileceğini ve eczacılıkta da kullanılabileceğini göstermiştir (Vercruysse vd. 2008, Vercruysse vd., 2010). *Tenebrio molitor* larva unu petrol eteri ile yağı alınmış ve alkalaz kullanılarak hidrolize edilmiştir. En yüksek ACE inhibitör aktivitesi %20'lik bir hidroliz derecesi (%75 veya IC50=0.39/ mL) ile elde edilmiştir. Daha sonra hidrolizat fraksiyonlara ayrılmış ve ACE aktivitesine karşı en güçlü inhibisyonu (IC50=0.23mg/mL) sunan fraksiyonlar (180 ile 500Da arasındaki moleküler ağırlıklar) saflaştırılmıştır. Saflaştırılmış peptit Tyr-Ala-Asn'nin, hipertansif sıçanlarda sistolik kan basıncını anlamlı şekilde azaltması ile antihipertansif etkisi değerlendirilmiştir (Dai vd., 2013). Zielińska vd. (2017), Dubia hamamböceği,

Madagaskar tıslayan hamamböceği, çekirge, süper kurt ve cırcır böceğinin *in vitro* gastrointestinal sindirimi ile elde edilen peptitlerin antioksidan aktiviteleri, iyon şelatlama aktiviteleri ve indirgeme gücünü araştırmıştır. *Amphiacusta annulipes* hidrolizatları, DPPH radikaline (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) karşı antiradikal aktivite ( $IC_{50}=19.11\text{lg/mL}$ ),  $Fe^{2+}$  şelasyon kabiliyeti (%58.82) ve indirgeme gücü (0.652) ile ölçülen yüksek bir antioksidan aktivite sergilenmiştir. *Zophobas morio* hidrolizatları, ABTS radikaline (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) karşı antiradikal ( $IC_{50}=4.6\text{lg/mL}$ ) aktivite göstermiştir. En yüksek  $Cu^{2+}$  şelatlama yeteneği *Locusta migratoria* peptitleri için gözlenmiştir (%86.05). Bu çalışmada, sindirimden sonra yüksek bir peptit konsantrasyonu olduğu gözlemlenmiştir. Antioksidan özelliklerin belirlenmesi, yenilebilir böcek hidrolizatlarının, antioksidan aktiviteye sahip iyi bir peptit kaynağı olabileceğini göstermiştir.

*Tenebrio molitor*, *Phyllophaga rugosa*, *Nudaurelia melanops*, *Oecophylla smaragdina*, *Locusta migratoria* ve *Acheta domesticus* türleri üzerinde gastrointestinal sindirim ile böcek türlerinin protein profilini ve peptit salınımını değerlendirmeyi amaçlayan çalışmada böceklerin unlarından elde edilen protein SDS-PAGE ile karakterize edilmiştir. Tanımlanan proteinlerden açığa çıkan potansiyel peptitleri belirlemek için *in silico* analizi yapılmıştır. Sonuç olarak antioksidan aktivite ve DPP-IV (Dipeptidil peptidaz-4), ACE inhibitörü etkiler saptanmıştır (Rebollo-Hernanz vd., 2021). Biyoaktif peptitlerinin büyük ölçekli üretimi için multidisipliner bir yaklaşım gerekmektedir.

## GIDA UYGULAMALARI

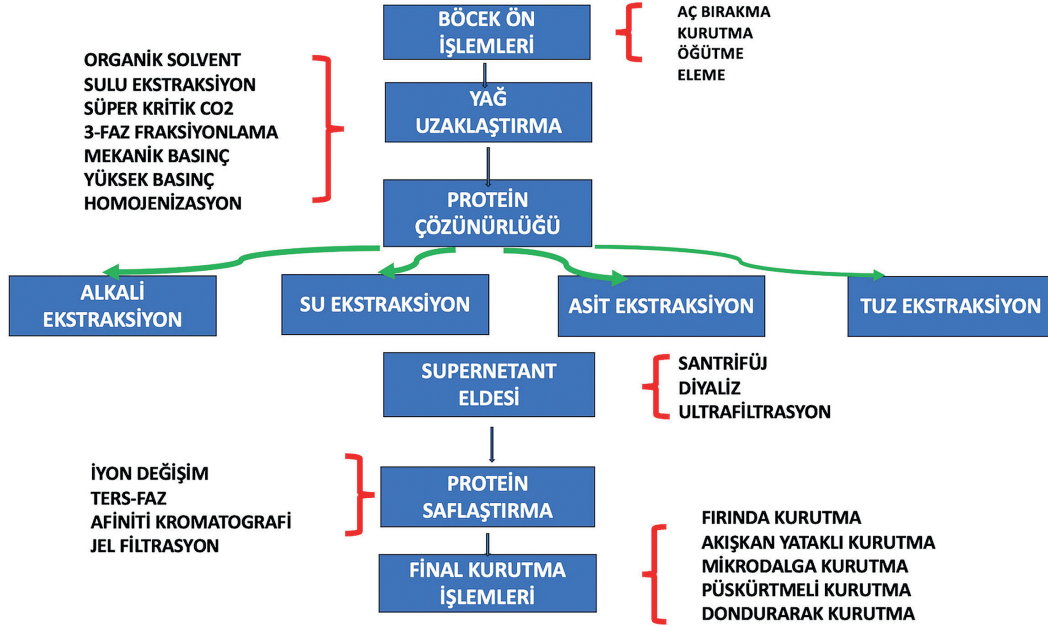
Böceklerin özellikle protein kaynakları olarak gıdaların proteince zenginleştirilerek besleyici değerinin artırılmasında kullanılmalarının yanı sıra teknolojik ve fonksiyonel özelliklerin geliştirilmesinde de uygulama alanları vardır. Bu özellikler, çözünürlük, jelleşme, köpük oluşturma, emülsiy ve kolloidal özellikler olarak sıralanabilir. Protein takviyesi olarak kullanım formlarında protein tozu, ekstraktı, izolatu ve hidrolizatı eldesi esas alınırken, izoelektrik çöktürme, enzimatik proteoliz (ticari olarak alkalaz, flavorizm ve enzimler) ilave adımlar nihai amaca göre daha eklenebilir (Rivas-Navia vd., 2023; Mannozi vd., 2023). Ancak böcek proteinlerinin miktarı, bileşimi ve fonksiyonel özellikleri başlangıçta böceğin yetiştirilme koşulları, besleme ve açlık durumlarına bağlı olarak değişebileceği unutulmamalıdır. Protein ekstraksiyon adımıyla önce, böceklerin kurutulması, öğütülmesi ön işlemleri ile iyi bir toz yapının elde edilmesi ekstraksiyon etkinliği için yüzey alanını artırır. Kurutma adımı işleminin başlangıcında ya da protein izolasyonu/saflaştırma işleminden sonra da yapılabilir (Queiroz vd., 2023) (Şekil 4). Farklı böcekler üzerinde gerçekleştirilen bir dizi kurutma işleminde, dondurarak kurutma işleminin renk, tat, koku ve fiziksel özelliklerde önemli bir değişikliğe neden olmadığını göstermiştir. Un kurduna (*Tenebrio molitor*) farklı kurutma



teknolojileri uygulandığında, mikrodalga, akışkan yatak ve vakumla kurutma işlemlerinin protein çözünürlüğünü azalttığı, dondurularak kurutulmuş örneklerde ise yüksek lipid oksidasyonu meydana geldiği belirlenmiştir. Un kurdu için mikrodalga ve vakumlu fırın geleneksel yöntemlere göre avantajlı bir alternatif olarak saptanmıştır (Mishyna vd., 2021). Geleneksel ve mikrodalga kurutma yöntemleriyle kurutulan *Hermetia illucens*'in (siyah asker sineği) mikrodalga kurutmanın amino asit bileşimini etkilediğini ve daha büyük parçacıklı daha kompakt bir ürüne ve ayrıca düşük sindirilirlik ve sindirilebilir amino asit puanına (DIAAS) neden olduğunu göstermiştir.

#### Şekil 4.

Böcek protein ekstraksiyon basamakları (Queiroz vd., 2023; Mishyna vd., 2021).



## BÖCEK PROTEİNİ ALERJENİ

Yenilebilir böceklerin besleyici potansiyelini zayıflatan alerjen taşıma riskleri bulunmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü tarafından 239 alerjen kayıt altına alınmıştır. Anafilaktik reaksiyonları da içeren alerjik ataklar, böceklerle de bağlantılı bulunmuştur. Bu reaksiyonlar tropomiyozin ve arginin kinaz, çapraz reaktif proteinler olarak tanımlanmıştır. Bu nedenle kabuklu hayvanlara ve akarlara alerjisi olan kişilerin, un kurdu larvası veya cırcır böceği içeren gıdalara da alerjik reaksiyon göstermeleri mümkündür.

Karideslerde önemli bir alerjen olan tropomiyozin, miyofibriler bir proteindir, molekül ağırlığı 35-38 kDa olan spiral bir dimerden oluşur ve cırcır böceklerinde de gibi diğer eklembacaklılar %75-85 oranında bir özdeşliğe sahiptir. Mevcut veriler tropomiyozini böceklerin sorumlu ana alerjeni olarak göstermektedir.

Tropomiyozin gastrointestinal proteazlara yüksek direnç gösterirken, gastrointestinal yol boyunca dizilmiş olan immün hücreler; asıl görevleri patojen ve enterotoksinleri tanımak iken sindirimi tamamlanmamış bu polipeptit zincirlerini tanımlayamazlar ve alerjik yanıt verirler.

Diğer alerjen proteinlerin moleküler konfigürasyonlarında ve yapılarında değişikliklere neden olan ısı işlemler antikor bağlama yeteneğini de değiştirirken, tropomiyozin proteini bütünlüğünü koruyarak ısı işleme direnç göstermektedir. Bu nedenle böceklerin hipoalerjenik hale getirilebilmesinde, alternatif işleme yöntemlerinin araştırılması gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Özellikle, darbeli ışık, yüksek hidrostatik basınç, ışınlama, soğuk plazma, ultrases dalgası, darbeli elektrik alan gibi ısısal olmayan gıda işleme yöntemlerinin (yeşil teknolojiler) protein alerjenitesi üzerine etkisinin çalışılmasına gereksinim vardır (Cunha vd., 2023).

## **SONUÇ**

Yenilebilir böceklerin potansiyel protein kaynakları olarak 2050 yılına kadar öngörülen protein talebinin karşılanmasında yararlı olabileceği düşünülmektedir. Böcek yetiştiriciliğinin çevresel etkisinin daha düşük olması, daha sürdürülebilir gıdaların geliştirilmesinde gelecek vaat etmektedir. Bu yeni kaynakların ister gıda olarak ister protein özütleri olarak ürünlere dahil edilebilir bileşenler olabilmesi büyük ölçüde tüketicilerin yenilebilir böcek içeren ürünleri anlamasına ve kabul etmesine bağlı olacaktır. Bugün bitkisel, hayvansal tüm geleneksel protein kaynaklarının tüketiciler için daha güvenilir ve lezzetli gıdaların üretiminde kullanılmasında onlarca yıldır yapılan bilimsel araştırmalar, işleme teknolojileri ve ürün geliştirme ile ilerleyen endüstriyel uygulamalarda edinilen bilgiler, deneyimler aynı şekilde böcekler içinde gıda işleme ve güvenlik konusunda karşılaşılan zorluklarının ve sınırlamaların üstesinden gelmeye yetecektir. Çünkü çalışmalar böceklerinde benzer teknolojiler kullanılarak işlenebileceğini göstermektedir. Ancak bu konuda daha fazla araştırmaya gereksinim olduğu da açıktır. COVID-19 salgını gibi salgın hastalıklar sırasındaki gıda kıtlığını öngörmek ve 2050 yılına yönelik gıda güvenirliliği endişelerine alternatif planlar üretmek bilim insanlarının ve gıda endüstrisinin sorumluluğunda ilerlemesi gereken konulardır. Böcek proteini, sağlık açısından umut verici faydaları olan yeterli bir protein kaynağıdır.



## KAYNAKLAR / REFERENCES

- Baiano, A. (2020). Edible insects: An overview on nutritional characteristics, safety, farming, production technologies, regulatory framework, and socio-economic and ethical implications. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 100, pp. 35–50). Elsevier Ltd. doi: 10.1016/j.tifs.2020.03.040.
- Baş-Aksoy, A, El, S. N. (2021). Protein Source of the Future: Edible Insects. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*. 9. 887-896. 10.24925/turjaf.v9i5.887-896.4166.
- Bessa, L. W., Pieterse, E., Sigge, G Hoffman, L. C. (2020). Insects as human food; from farm to fork. *J Sci Food Agric*, 100(14), 5017-5022. doi: 10.1002/jsfa.8860
- Boulos, S., Tännler, A Nyström, L. (2020). Nitrogen-to-Protein Conversion Factors for Edible Insects on the Swiss Market: *T. molitor*, *A. domesticus*, and *L. migratoria*. *Front Nutr*, 7(89). doi:10.3389/fnut.2020.00089
- 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), 3076.
- Dai, C., Ma, H., Luo, L., Yin, X. (2013). Angiotensin I-converting enzyme (ACE) inhibitory peptide derived from *Tenebrio molitor* (L.) larva protein hydrolysate. *European Food Research and Technology*, 236(4), 681-689.
- de Castro, R. J. S., Ohara, A., Aguilar, J. G. d. S., Domingues, M. A. F. (2018). Nutritional, functional and biological properties of insect proteins: Processes for obtaining, consumption and future challenges. *Trend Food Sci Technol*, 76, 82-89. doi:10.1016/j.tifs.2018.04.006
- ong, X., Fu, X., Dong, M., Zhan, S., Luo, L., Sun, J. and Yang, Y., (2017). Evaluation of the protein quality of two insect species, *Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens*, as a potential ingredient in dog food. *Journal of the World Aquaculture Society* 48: 727-737.
- EFSA. (2021a). “Safety of dried yellow mealworm (*Tenebrio molitor* larva) as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283”, *EFSA Journal*, 19(1), e06343.
- EFSA. (2021b). “Safety of frozen and dried formulations from whole house crickets (*Acheta domesticus*) as a Novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283”, *EFSA Journal*, 19(8), e06779.
- FAO. (2018). Transforming Food and Agriculture to Achieve the SDGs: 20 interconnected actions to guide decision-makers. Technical Reference Document. Rome. 132 pp. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- FAO. (2013). “Edible insects. Future prospects for food and feed security”, Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, <http://www.fao.org/3/i3253e/i3253e00.pdf>

- FAO, 2019. Food and Agriculture Organization of the United Nations World Health Organization, Sustainable Healthy Diets Guiding Principles, Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, <http://www.fao.org/3/ca6640en/CA6640EN.pdf>
- Jantzen da Silva Lucas, A., Menegon de Oliveira, L., da Rocha, M., Prentice, C. (2020). Edible insects: An alternative of nutritional, functional and bioactive compounds. *Food Chem*, 311, 126022. doi:10.1016/j.foodchem.2019.126022
- Jonas-Levi, A., Martinez, J.-J. I. (2017). The high level of protein content reported in insects for food and feed is overestimated. *J Food Compos Anal*, 62, 184-188. doi:10.1016/j.jfca.2017.06.004
- Kinyuru, J. N., Konyole, S. O., Roos, N., Onyango, C. A., Owino, V. O., Owuor, B. O., . . . Kenji, G. M. (2013). Nutrient composition of four species of winged termites consumed in western Kenya. *J Food Compos Anal*, 30(2), 120-124. doi:10.1016/j.jfca.2013.02.008
- Lange, K. W., & Nakamura, Y. (2021). Edible insects as future food: chances and challenges. In *Journal of Future Foods* (Vol. 1, Issue 1, pp. 38-46). Beijing Academy of Food Sciences. doi: 10.1016/j.jfutfo.2021.10.001
- Liceaga, A.M. 2022. Chapter Four - Edible insects, a valuable protein source from ancient to modern times, Editor(s): Jianping Wu, *Advances in Food and Nutrition Research*, Academic Press, Volume 101, Pages 129-152, doi.org/10.1016/bs.afnr.2022.04.002.
- Lin, X., Wang, F., Lu, Y., Wang, J., Chen, J., Yu, Y., Tao, X., Xiao, Y., & Peng, Y. (2023). A review on edible insects in China: Nutritional supply, environmental benefits, and potential applications. In *Current Research in Food Science* (Vol. 7). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100596>
- Lucas Sales Queiroz, Naaman Francisco Nogueira Silva, Flemming Jessen, Mohammad Amin Mohammadifar, Rodrigo Stephani, Antonio Fernandes de Carvalho, Ítalo Tuler Perrone, Federico Casanova. (2023). Edible insect as an alternative protein source: a review on the chemistry and functionalities of proteins under different processing methods, *Heliyon* 9, Issue 4, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14831>.
- Mannozi C., Roberta Foligni, Massimo Mozzon, Lucia Aquilanti, Cristiana Cesaro, Nunzio Isidoro, Andrea Osimani, 2023. Nonthermal technologies affecting techno-functional properties of edible insect-derived proteins, lipids, and chitin: A literature review, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 88, <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103453>.
- Mishyna, M. Julia K. Keppler, Jianshe Chen, 2021. Techno-functional properties of edible insect proteins and effects of processing, *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 56, 101508, <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2021.101508>.

- Nissen, L., Samaei, S. P., Babini, E., Gianotti, A. (2020). Gluten free sourdough bread enriched with cricket flour for protein fortification: Antioxidant improvement and volatilome characterization. *Food Chem*, 333, 127410. doi:10.1016/j.foodchem.2020.127410.
- Nongonierma, A.B. & Richard J. FitzGerald, 2017. Unlocking the biological potential of proteins from edible insects through enzymatic hydrolysis: A review, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, Volume 43, 239-252, <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.08.014>.
- Oibiokpa, F. I., Akanya, H. O., Jigam, A. A., Saidu, A. N., & Egwim, E. C. (2018). Protein quality of four indigenous edible insect species in Nigeria. *Food Science and Human Wellness*, 7(2), 175–183. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2018.05.003>
- Ojha, S., El-Din Bekhit, A., Grune, T. Schlüter, O.K. 2021 Bioavailability of nutrients from edible insects, *Current Opinion in Food Science*, Volume 41, 2021, 240-248, <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.08.003>.
- Oonincx, D. G. A. B., Dierenfeld, E. S. (2012). An investigation into the chemical composition of alternative invertebrate prey. *Zoo Biol*, 31(1), 40-54. doi:10.1002/zoo.20382
- Oonincx, D.G., de Boer, I.J. and Smetana, S., 2015. An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. *PLOS ONE* 10: e0144601.
- Ordoñez-Araque, R., Egas-Montenegro, E. (2021). Edible insects: A food alternative for the sustainable development of the planet. *Int J Gastron Food Sci*, 23, 100304. doi:10.1016/j.ijgfs.2021.100304
- ayne, C.L., Scarborough, P., Rayner, M., Nonaka, K. and Burgess, G., (2016). Health benefits and risks of cricket consumption. *Journal of Insects as Food and Feed* 2: 93-105.
- Ravi, H. K., Degrou, A., Costil, J., Trespeuch, C., Chemat, F., Vian, M. A. (2020). Larvae mediated valorization of industrial, agriculture and food wastes: biorefinery concept through bioconversion, processes, procedures, and products. *Process*, 8(7), 857. doi:10.3390/pr8070857
- Rebollo-Hernanz, M., Cañas, S., Martin-Cabrejas, M., Aguilera, Y. 2021. “In Silico Identification of Bioactive Proteins and Peptides in Insects for Human Consumption”, First Canadian Peptide and Protein Community Virtual Symposium
- Rivas-Navia, D. M., Dueñas-Rivadeneira, A. A., Dueñas-Rivadeneira, J. P., Aransiola, S. A., Maddela, N. R., & Prasad, R. (2023). Bioactive compounds of insects for food use: Potentialities and risks. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100807>

- Rumpold, B. A., Schlüter, O. K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Mol Nutr Food Res*, 57(5), 802-823. doi:10.1002/mnfr.201200735
- Siddiqui, S. A., Osei-Owusu, J., Yunusa, B. M., Rahayu, T., Fernando, I., Shah, M. A., & Centoducati, G. (2023). Prospects of edible insects as sustainable protein for food and feed—a review. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(aop), 1-27. <https://doi.org/10.1163/23524588-20230042>
- Stull, V.J., McCormack, L.A., Kristof, N.M. and Booth, S.L. (2018). Alternative proteins and food security: the protein flip. *Food Security* 10: 1203-1210. <https://doi.org/10.1007/s12571-018-0862-2>.
- Lucas Sales Queiroz, Naaman Francisco Nogueira Silva, Flemming Jessen, Mohammad Amin Mohammadifar, Rodrigo Stephani, Antonio Fernandes de Carvalho, Ítalo Tuler Perrone, Federico Casanova. (2023). Edible insect as an alternative protein source: a review on the chemistry and functionalities of proteins under different processing methods, *Heliyon* 9, Issue 4, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14831>.
- 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 (No. 171).
- United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2022). World Population Prospects 2022: Summary of Results. UN DESA/POP/2022/TR/NO. 3. ISBN: 978-92-1-148373-4 eISBN: 9789210014380.
- Vercruysse, L., Smagghe, G., Herregods, G., Van Camp, J. (2005). ACE inhibitory activity in enzymatic hydrolysates of insect protein. *J. Agric. Food Chem.* 53, 5207–5211.
- Vercruysse, L., Smagghe, G., Matsui, T., & Van Camp, J. (2008). Purification and identification of an angiotensin I converting enzyme (ACE) inhibitory peptide from the gastrointestinal hydrolysate of the cotton leafworm, *Spodoptera littoralis*. *Process Biochemistry*, 43(8), 900-904.
- Vercruysse, L., Smagghe, G., Beckers, T., & Van Camp, J. (2009). Antioxidative and ACE inhibitory activities in enzymatic hydrolysates of the cotton leafworm, *Spodoptera littoralis*. *Food Chemistry*, 114(1), 38-43.
- Vercruysse, L., Van Camp, J., Morel, N., Rougé, P., Herregods, G., & Smagghe, G. (2010). Ala-Val-Phe and Val-Phe: ACE inhibitory peptides derived from insect protein with antihypertensive activity in spontaneously hypertensive rats. *Peptides*, 31(3), 482-488.
- Yang, S., Li, Q., Zeng, Q., Zhang, J., Yu, Z. and Liu, Z. (2012). Conversion of solid organic wastes into oil via *Boettcherisca peregrine* (Diptera: Sarcophagidae) larvae and optimization of parameters for biodiesel production. *PLOS ONE* 7: e45940.

- Yi, L., Lakemond, C. M. M., Sagis, L. M. C., Eisner-Schadler, V., van Huis, A., van Boekel, M. A. J. S. (2013). Extraction and characterisation of protein fractions from five insect species. *Food Chem*, 141(4), 3341-3348. doi:10.1016/j.foodchem.2013.05.115
- Zielińska, E., Baraniak, B., Karaś, M., Rybczyńska, K., Jakubczyk, A. (2015). Selected species of edible insects as a source of nutrient composition. *Food Res Int*, 77, 460-466. doi:10.1016/j.foodres.2015.09.008
- Zielińska, E., Karaś, M., & Jakubczyk, A. (2017). Antioxidant activity of predigested protein obtained from a range of farmed edible insects. *International Journal of Food Science & Technology*, 52(2), 306-312.
- Zielińska, E., Pankiewicz, U. (2020). Nutritional, physiochemical, and antioxidative characteristics of shortcake biscuits enriched with tenebrio molitor flour. *Molecules*, 25(23), 5629. doi:10.3390/molecules25235629

## **Yazar Hakkında / About Author**

**Prof. Dr. Sedef Nehir EL | Ege Üniversitesi |**  
**sedef.el[at]ege.edu.tr | ORCID: 0000-0002-2996-0537**

Sedef Nehir El, 1981 yılında Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Schweppes Laboratuvarı'nda Kalite Kontrol Mühendisi ve Alga Çikolata A.Ş. fabrikasında Kalite Kontrol Şefi olarak çalıştı. 1985 yılında Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. 1987 yılında Beslenme Bilimleri alanında yüksek lisansını tamamlayarak, 1993 yılında Doktor, 1995 yılında Yardımcı Doçent, 1997 yılında Doçent ve 2003 yılında Profesör unvanını aldı. Sedef Nehir EL, şu anda E.Ü. Gıda Mühendisliği Bölümü Beslenme Bilimleri Anabilim Dalı'nda öğretim üyesi olarak çalışmaktadır. Uluslararası bilimsel dergilerde yayınları ve çok sayıda atıfları bulunmakta ve yurt içinde (Tübitak) ve yurt dışında Avrupa Birliği projeleri yürütmektedir. Evli ve bir kızı vardır.

**Prof. Dr. Sedef Nehir EL | Ege University |**  
**sedef.el[at]ege.edu.tr | ORCID: 0000-0002-2996-0537**

Sedef Nehir El graduated from Ege University, Department of Food Engineering in 1981. Quality Control Engineer at Schweppes Laboratory and Alga Chocolate A.Ş. She worked as Quality Control Chief in the factory. In 1985, she started working as a Research Assistant at Ege University, Department of Food Engineering. She completed her master's degree in Nutritional Sciences in 1987 and received the title of Doctor in 1993, Assistant Professor in 1995, Associate Professor in 1997 and Professor in 2003. Sedef Nehir EL is currently studying at E.Ü. She works as a faculty member in the Department of Food Engineering, Department of Nutritional Sciences. She has publications and numerous citations in international scientific journals and carries out European Union projects and Tübitak. She is married and has a daughter.