



TÜRKİYE BİLİMLER AKADEMİSİ
TURKISH ACADEMY OF SCIENCES

ALTERNATİF GIDA KAYNAKLARI

Editör

Prof. Dr. Kazim ŞAHİN



Ankara - 2024



TÜRKİYE BİLİMLER AKADEMİSİ
TURKISH ACADEMY OF SCIENCES

ALTERNATİF GIDA KAYNAKLARI

Editör

Prof. Dr. Kazim ŞAHİN

Ankara, 2024



TÜRKİYE BİLİMLER AKADEMİSİ
TURKISH ACADEMY OF SCIENCES

ALTERNATIVE FOOD SOURCES

Editor

Prof. Dr. Kazim ŞAHİN

Ankara, 2024

Alternatif Gıda Kaynakları / *Alternative Food Sources*

© Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları, 2024 / © *Turkish Academy of Sciences Publications*, 2024
TÜBA Raporlar No: 52 / *TÜBA Reports No: 52*

ISBN: 978-625-6110-00-7

DOI: 10.53478/TUBA. 978-625-6110-00-7

Editör / *Editor*

Prof. Dr. Kazım Şahin

Sekreteryä / *Secretariat*

Gökçen ORAL

Büşra SÖZEN

Bu kitapta yer alan tüm yazıların dil, bilim, etik ve hukuk açısından bilimsel sorumluluğu yazarlarına aittir. Editörlerin ve Türkiye Bilimler Akademisi'nin sorumluluğu bulunmamaktadır.
The scientific responsibility for the language, scientific, ethical and legal aspects of all the articles included in the book belongs to the authors. Turkish Academy of Sciences and the editors have no responsibility.

Türkiye Bilimler Akademisi / *Turkish Academy of Sciences*

Vedat Dalokay Cad. No: 112 06670 Çankaya - Ankara

Tel: +90 312 442 29 03 • www.tuba.gov.tr

Grafik Tasarım / *Graphic Design*

Ali Buğra ERGİN

Birinci Baskı / *1st. Edition*

500 Adet / pcs.

Baskı Yeri, Tarihi/ *Publication Place and Date*

Ankara Basım Yayın Hizmetleri (Mustafa Sakalsız)

Başak Mah. 1704. Sokak No:2/9 Mamak/Ankara / 2024

Alternatif Gıda Kaynakları / ed. Kazım Şahin. --- Ankara : Türkiye Bilimler Akademisi, 2024.

253 s. : res. ; 20 x 26 cm. – (TÜBA Raporları No: 52)

Bibliyografya var.

ISBN 978-625-6110-00-7

1. Gıda sürdürülebilirlik. 2. Food sustainability. 3. Gıda maddeleri. 4. Foodstuffs. 5. Beslenme. 6. Nutrition. 7. Alternatif gıda. 8. Alternative food. 9. Sağlık. 10. Health.

HD9015 A48 2024

641.1

İçindekiler

Table of Contents

Takdim

Foreword

Muzaffer ŞEKER

VII

Önsöz

Preface

Kazim ŞAHİN

IX

Alternatif Gıda Kaynakları: Beslenme ve Sağlık Gerekçeleri

Alternative Food Sources: Nutritional and Health Reasons

Muazzez GARİPAĞAOĞLU - Melike Şeyma DENİZ

15

Ekosistem ve Sürdürülebilirlik Gerekçeleri

Ecosystem and Sustainability Reasons

Sezai ERCİŞLİ

33

Alternatif Protein Kaynaklarına İlişkin Gelişmeler, Mevzuat ve Denetim

Developments, Legislation and Control of Alternative Protein Sources

İrfan EROL - Nilay DEMİR

47

Bitki Bazlı Protein Kaynakları

Plant-Based Protein Sources

Ali Adnan HAYALOĞLU

79

Hücre Kültürü Bazlı Protein Kaynakları: Yapay Et

Cell Culture Based Protein Sources: Artificial Meat

Halit CANATAN

107

Tek Hücre-Mikroorganizma Bazlı Protein Kaynakları

Single Cell Protein Sources

Berat Zeki HAZNEDAROĞLU

129

Böcek Bazlı Protein Kaynakları

Insect Protein Sources

Sedef Nehir EL

143

**Alternatif Protein Kaynaklı Beslenmenin
Toplum Sağlığı Açısından Yararları ve Riskleri**

*Benefits and Risks of Alternative
Protein-Sourced Nutrition in Terms of Public Health*

Eda KÖKSAL

165

**Alternatif Protein Kaynaklarının Toplu Beslenme Sistemlerinde
Kullanım Alanları: Sürdürülebilirlik Bakış Açısı**

*Applications of Alternative Protein Sources in
Food Service Systems: A Sustainability Perspective*

Ashhan ÖZDEMİR - Zehra BÜYÜKTUNCER DEMİREL

183

**Alternatif Gıda Kaynakları: Tüketici Kabulü ve
Duyusal Yönden Değerlendirme – Dünyadan ve Ülkemizden Örnekler**

*Alternative Food Sources: Consumer Acceptance and
Sensory Evaluation – Global And Local Examples*

Senem KAMILOĞLU BEŞTEPE

205

**Etik ve Moral Değerler Açısından Alternatif Gıda Kaynakları
-Helal Ekseninde Bir Değerlendirme-**

*Alternative Food Sources in Terms of Ethical and Moral Values
-An Evaluation On The Axis Of Halal-*

Murat ŞİMŞEK

233

Dizin

Index

251

TAKDİM

Değerli Okuyucular,

Gıda güvenliği ve sürdürülebilirlik, insanlık tarihi boyunca her dönemde hayati önem taşımış ve toplumların gelişiminde belirleyici bir rol oynamıştır. Bugün, artan dünya nüfusu ve iklim değişiklikleri gibi faktörler, gıda güvenliği konusunu daha da kritik hale getirmiştir. Türkiye Bilimler Akademisi (TÜBA) tarafından hazırlanan “Alternatif Gıda Kaynakları” kitabını sizlere sunmaktan büyük bir mutluluk duyuyorum.

Geleneksel gıda kaynaklarının sınırlı olduğu, tarım alanlarının daraldığı ve doğal kaynakların hızla tükendiği günümüzde, alternatif gıda kaynaklarına yönelik bilimsel çalışmalar ve yenilikçi çözümler büyük önem arz etmektedir. Bu kitap, bilimsel araştırmaların ışığında alternatif gıda kaynaklarını kapsamlı bir şekilde ele almakta ve bu kaynakların kullanımının teşvik edilmesi için stratejik çözüm önerileri sunmaktadır.

Kitabımız, bitki ve hücre bazlı proteinler, böcek bazlı proteinler, deniz yosunları ve mikroalgler, laboratuvar ortamında üretilen et gibi yenilikçi protein kaynaklarını detaylı bir şekilde incelemektedir. Her bir bölümde, bu alternatif gıda kaynaklarının beslenme açısından yararları, potansiyel riskleri, üretim süreçleri ve tüketici kabulü gibi konular uzman görüşleriyle ele alınmıştır. Ayrıca, sürdürülebilir gıda sistemleri için bu kaynakların nasıl entegre edilebileceği ve uygulanabilirliği üzerine stratejik çözüm önerileri sunulmaktadır.

COVID-19 pandemisi sırasında ve sonrasında dünya piyasasında yaşanan gıda krizi, her ülkenin tarım ve hayvancılık alanında kendi kendine yetme çabasının önemini bir kez daha gözler önüne sermiştir. Tarımsal üretim yapılırken biyoçeşitliliğe zarar vermeden, doğal kaynakları sorumsuzca tüketmeden, üretimde verimliliği artırmak adına ekosisteme zarar veren kimyasal ilaçların kullanımından kaçınarak ve iklim değişikliğinin zorlayıcı etkileri nedeniyle önlemler alarak uygun üretim tekniklerinin kullanılması, günümüzde sürdürülebilir tarım ve hayvancılık faaliyetlerinin temel unsurları haline gelmek zorundadır. Bu doğrultuda, geleceğin gıda güvenliği için sorumlu ve bilinçli tarımsal uygulamaların benimsenmesi büyük önem taşımaktadır.

Bu kapsamlı eser, yalnızca akademik ve bilimsel çevreler için değil, aynı zamanda gıda endüstrisi profesyonelleri, politika yapımcılar, sürdürülebilirlik uzmanları ve alternatif gıda kaynaklarına ilgi duyan herkes için değerli bir rehber niteliğindedir. Kitap, sürdürülebilir bir geleceğe giden yolda gıda güvenliği konusunda yeni perspektifler kazandırmayı amaçlamaktadır.

“Alternatif Gıda Kaynakları” kitabının hazırlanmasında emeği geçen tüm bilim insanlarına, araştırmacılara ve yazarlara en içten teşekkürlerimi sunarım. Bu değerli çalışmanın, siz değerli okuyucularımıza bilgi dolu, ilham verici ve yol gösterici bir okuma deneyimi sunmasını temenni ediyorum.

Prof. Dr. Muzaffer şEKER
TÜBA Başkanı

FOREWORD

Dear Readers,

Food security and sustainability have been of vital importance throughout human history and have played a decisive role in the development of societies. Today, factors such as the growing world population and climate change have made the issue of food security even more critical. I am very pleased to present the book “Alternatif Gıda Kaynakları” prepared by the Turkish Academy of Sciences (TÜBA).

Today, when traditional food sources are limited, agricultural areas are shrinking and natural resources are rapidly depleting, scientific studies and innovative solutions for alternative food sources are of great importance. This book provides a comprehensive review of alternative food sources in the light of scientific research and offers strategic solutions to promote the use of these sources.

The book examines in detail innovative protein sources such as plant and cell-based proteins, insect-based proteins, seaweeds and microalgae, and laboratory-produced meat. In each chapter, the nutritional benefits, potential risks, production processes and consumer acceptance of these alternative food sources are discussed with expert insights. It also offers strategic solutions on how to integrate these sources and their viability for sustainable food systems.

The food crisis in the world market during and after the COVID-19 pandemic has once again demonstrated the importance of each country’s efforts to be self-sufficient in agriculture and animal husbandry. The use of appropriate production techniques without harming biodiversity, without irresponsibly consuming natural resources, avoiding the use of chemical pesticides that harm the ecosystem in order to increase production efficiency, and taking precautions due to the challenging effects of climate change must become the basic elements of sustainable agriculture and animal husbandry activities today. Accordingly, the adoption of responsible and conscious agricultural practices is of great importance for future food security.

This comprehensive work is a valuable guide not only for academic and scientific circles, but also for food industry professionals, policy makers, sustainability experts and anyone interested in alternative food sources. The book aims to provide new perspectives on food security on the road to a sustainable future.

I would like to extend my sincere thanks to all the scientists, researchers and authors who contributed to the preparation of “Alternatif Gıda Kaynakları”. I hope that this valuable work will provide you, our valuable readers, with an informative, inspiring and guiding reading experience.

Prof. Dr. Muzaffer ŞEKER
President of TÜBA

ÖNSÖZ

Türkiye Bilimler Akademisi (TÜBA) olarak, insanlık tarihi boyunca en temel konular arasında yer alan gıda güvenliği ve sürdürülebilirliği kapsamında, “Alternatif Gıda Kaynakları” konusunu ele almamız, bu temel meseleye duyduğumuz derin ilginin ve çözüm arayışının bir göstergesidir. Bu çalışmada, bilimsel araştırmaların ışığında alternatif gıda kaynakları tartışılmış, bu kaynakların kullanımının teşvik edilmesi ve sürdürülebilir gıda sistemleri için stratejik çözüm önerileri ele alınmıştır. Bu bağlamda, bitki ve hücre bazlı proteinler, böcek bazlı proteinler, deniz yosunları ve mikroalgler, laboratuvar ortamında üretilen et, alternatif protein kaynaklarının beslenme açısından yararları ve riskleri gibi konular uzmanlar tarafından değerlendirilmiştir.

Ülkemizin alternatif gıda stratejisi hem ülkenin kendi gıda güvenliğini sağlamalı hem de dünya gıda pazarında rekabetçi olabilmelidir. Bu kapsamda, gıda üretiminde kullanılan yöntemlerin çevre dostu ve sürdürülebilir olması, toprağın, suyun ve diğer doğal kaynakların korunmasına yönelik uygulamaların benimsenmesi, yerel ve endemik bitki türlerinin korunması ve kullanılması, genetik çeşitliliğin korunması, organik ve ekolojik tarım uygulamalarının artırılması, yeni protein kaynakları (örneğin, böcek bazlı proteinler veya bitki bazlı et alternatifleri), su yosunu gibi deniz ürünleri ve superfood olarak adlandırılan besin değeri yüksek ürünler gibi yenilikçi gıda kaynakları üzerine odaklanılması, gıda israfının azaltılması Ar-Ge ve inovasyon çalışmalarının artması, tarım teknolojileri ve yapay zeka uygulamalarının tarıma entegre edilmesi, alternatif gıda kaynaklarına yapılan yatırımların artırılması, çiftçilerin, üreticilerin ve tüketicilerin alternatif gıda kaynakları ve sürdürülebilir tarım yöntemleri konusunda bilinçlendirilmesi, iklim değişikliğine adaptasyon stratejilerini geliştirmeli ve uygulanması gerekmektedir.

Geleneksel hayvancılığa kıyasla daha az su ve arazi kullanımı gerektirebilir ve sera gazı emisyonlarını önemli ölçüde azaltabilir, hayvan refahını olumlu yönde etkileyebilir, kontaminasyon ve gıda kaynaklı hastalıkların yayılmasını azaltabilir, geleneksel hayvancılık yöntemlerinin sürdürülebilir olmadığı alanlarda bir alternatif sunabilir. Ancak, geleneksel çiftçilik ve hayvancılık sektörlerini ekonomik olarak olumsuz etkileyebilir, tüketiciler tarafından “doğal olmayan” bir ürün olarak algılanabilir ve bu nedenle geniş çaplı kabul görmede zorluklar yaşayabilir, geleneksel etin sağlık yararlarını taklit edebilecek kadar besleyici olmayabilir ve uzun vadede insan sağlığı üzerindeki etkileri tam olarak anlaşılmamış olabilir, yapay etin üretim maliyetleri yüksektir, etik veya dini nedenlerle kabul edilmeyebilir

Eserin hazırlanmasında katkıda bulunan T  BA Başkanımız Sayın Muzaffer şeker'e, Boğaziçi Rekt  r  Prof. Dr. Mehmet Naci İnci'ye, T  BA Gıda ve Beslenme  alışma Grubu  yelerine, esere yazıları ile katkıda bulunan bilim insanlarına en i ten ş kranlarımı sunuyorum. Eserin topluma ilham vermesini ve umut vadeden   z mlerle dolu verimli ge mesini dilerim.

Prof. Dr. Kazim şAHİN
T  BA-Gıda ve Beslenme  alışma
Grubu Y r t c s 

PREFACE

As the Turkish Academy of Sciences (TÜBA), the fact that we, as the Turkish Academy of Sciences (TÜBA), are addressing the issue of “Alternative Food Sources” within the scope of food security and sustainability, which has been among the most fundamental issues throughout human history, is an indication of our deep interest in this fundamental issue and the search for solutions. In this study, alternative food sources are discussed in the light of scientific research, and strategic solutions for promoting the use of these sources and sustainable food systems are discussed. In this context, topics such as plant and cell-based proteins, insect-based proteins, seaweeds and microalgae, laboratory-produced meat, nutritional benefits and risks of alternative protein sources were evaluated by experts.

Türkiye’s alternative food strategy should both ensure the country’s own food security and be competitive in the world food market. In this context, the methods used in food production should be environmentally friendly and sustainable, adoption of practices for the conservation of soil, water and other natural resources, protection and utilization of local and endemic plant species, protection of genetic diversity, increasing organic and ecological agriculture practices, focusing on innovative food sources such as new protein sources (e.g. insect-based proteins or plant-based meat alternatives), seafood such as seaweed and products with high nutritional value known as superfoods, reducing food waste, increasing R&D and innovation efforts, integrating agricultural technologies and artificial intelligence applications into agriculture, increasing investments in alternative food sources, raising awareness of farmers, producers and consumers on alternative food sources and sustainable agricultural methods, developing and implementing climate change adaptation strategies.

It can require less water and land use compared to traditional livestock farming and can significantly reduce GHG emissions, positively impact animal welfare, reduce contamination and the spread of foodborne diseases, and offer an alternative in areas where traditional livestock farming methods are not sustainable. However, it may negatively impact the traditional farming and livestock sectors economically, it may be perceived by consumers as an “unnatural” product and therefore have difficulties gaining widespread acceptance, it may not be nutritious enough to mimic the health benefits of traditional meat and its long-term effects on human health may not be fully understood, artificial meat has high production costs and may not be accepted for ethical or religious reasons.

I would like to express my sincere gratitude to TÜBA President Muzaffer Şeker, Boğaziçi Rector Prof. Mehmet Naci İnci, members of the TÜBA Food and Nutrition Working Group, and the scientists who contributed to the work with their articles. I hope that the work will inspire the society and be productive with promising solutions.

Prof. Dr. Kazim ŞAHİN
*TÜBA Food and Nutrition Working
Group Executive Member*

**ALTERNATİF GIDA KAYNAKLARI:
BESLENME VE SAĞLIK GEREKÇELERİ**

ALTERNATIVE FOOD SOURCES:
NUTRITIONAL AND HEALTH RATIONALE

**Muazzez Garipağaoğlu
Melike Şeyma Deniz**

Atıf Künyesi: Garipağaoğlu, M. ve Deniz M. Ş. (2024). Alternatif Gıda Kaynakları: Beslenme ve Sağlık Gerekçeleri. Şahin, K. (Ed.), *Alternatif Gıda Kaynakları* (s. 15-32) içinde. Ankara Basım Yayın

ALTERNATİF GIDA KAYNAKLARI: BESLENME VE SAĞLIK GEREKÇELERİ

***Prof. Dr. Muazzez Garipağaoğlu
Dr. Öğr. Üyesi Melike Şeyma Deniz
Fenerbahçe Üniversitesi***

Özet

Sağlığı korumak ve kaliteli yaşam için tüketicilerin bitkisel besinlere yönelmeleri, dünyanın artan nüfusu için yeterli besinin sağlanması, ormanlar, nehirler ve su gibi doğal kaynakların tükenmesi, iklim değişikliği, vejetaryenler için daha fazla besin çeşitliliğinin sağlanması ve etik değerler gibi birçok nedenle son yıllarda besinlerin ve beslenme alışkanlıklarının/modellerinin yeniden gözden geçirilmesi konusu gündeme gelmiştir. Bu bağlamda sürdürülebilir besin ve beslenme modellerine olan ilgi de artmıştır. Hayvansal kaynaklı besinlerin, bitkisel kaynaklı besinlerle değiştirilmesi ile hem insan hem de gezegen sağlığının korunacağına işaret edilmektedir. Bu noktada az bilinen tahıllar ve baklagil türleri ile mantarlar, böcekler, su bazlı bitkiler-mikroalgler, yapay et gibi alternatif besinlere ihtiyaç duyulmaktadır. Alternatif besinlerin sürdürülebilir beslenmedeki rolleri ile insan ve gezegen sağlığı üzerine muhtemel etkileri konusunda yararlı bilgiler yanında bazı endişeler de mevcuttur. Bu derleme makalede alternatif besinlerin beslenme ve sağlık gerekçeleri irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler

Alternatif Besinler, Beslenme, İnsan Sağlığı, Sürdürülebilir Beslenme

ALTERNATIVE FOOD SOURCES: NUTRITIONAL AND HEALTH RATIONALE

Prof. Dr. Muazzez Garipağaoğlu
Asst. Prof. Dr. Melike Şeyma Deniz
Fenerbahçe University

Abstract

In recent years, food and nutrition have become increasingly popular for many reasons, such as consumers turning to plant foods to protect health and a quality life, providing sufficient food for the world's increasing population, depletion of natural resources such as forests, rivers and water, climate change, providing more nutritional diversity for vegetarians, and ethical values. The issue of reconsidering habits/models has come to the fore. In this context, interest in sustainable food and nutrition models has increased. It has been pointed out that by replacing animal-based foods with plant-based foods, both human and planetary health will be protected. At this point, alternative foods such as little-known grains and legumes, mushrooms, insects, water-based plants-microalgae, and artificial meat were needed. There is useful information, but also concerns, about the possible roles of alternative foods in sustainable nutrition and their possible effects on human and planetary health. In this review article, the nutritional and health reasons for alternative foods are examined.

Keywords

Alternative Foods, Nutrition, Human Health, Sustainable Nutrition

GİRİŞ

Son yıllarda ağırlıklı olarak bitki bazlı beslenmenin sağlıklı ve sürdürülebilir bir yaşam için önemli olduğuna işaret edilmektedir (Nicholson vd., 2023). Bu doğrultuda hızla artan dünya nüfusunun yeterli beslenmesi, sera gazlarının azaltılması, orman, arazi ve su kayıplarının önlenmesi, etik değerler, hayvan refahı, vegan-vegetaryen beslenmede çeşitlilik arayışı, biyoçeşitliliğin sürdürülmesi gibi pek çok nedenle küresel nüfusu daha az hayvansal besin, daha fazla bitki bazlı besinlere yönlendirebilecek sürdürülebilir bir beslenme sistemine ve alternatif besinlere ihtiyaç duyulmaktadır (Food and Agriculture Organization, 2019; Godfray vd., 2018; Sarıözkan & Küçükoflaz, 2020).

TARİHSEL SÜREÇTE BESLENMENİN EVRİMİ

Beslenme alışkanlıklarının insanoğlunun varoluşu ve evrimleşmesi ile değiştiği bilinmektedir. Paleolitik dönemde, günümüzden 2 milyon yıl önce, insanların anne sütü, balık türleri, böcekler, kuşlar, sürüngenler, yabani kara memelileri, bitki yaprakları, deniz yosunu ve kökleri tükettikleri, Neolitik dönemde, buğday-arpa gibi kurak iklime uyumlu tahılları, evcilleştirdikleri koyun, keçi, sığır gibi otçul türleri, ekme-biçme ile elde ettikleri tarım ürünlerini tükettikleri belirtilmektedir (Shatin, 1967).

İnsanoğlunun dünyaya olan etkisinin en üst düzeye eriştiği Sanayi Devrimi'yle (son 300 yıllık dönem) birlikte beslenmede önemli değişiklikler olmuştur (Carrera-Bastos vd., 2011). Dünya artık geri döndürülmesi çok zor bir sürece girmiştir. Bu dönemdeki değişikliklerin aşamalı olduğu, birinci aşamada: Tahıllarda çeşitlenme, anne sütü yerine hazır formüller/mamalar, kapalı alanlarda yetiştirilen etler ve kültüre edilmiş bitkisel besinlerin tüketildiği, ikinci aşamada ise rafine edilmiş tahılların, rafine edilmiş bitkisel yağların, rafine edilmiş şekerin ve alkolün yaygın bir şekilde kullanımı söz konusu olmuştur (Carrera- Bastos vd., 2011; O'Keefe & Cordain, 2004).

Modern çağda abur-cubur endüstrisinin ortaya çıkışı, yüksek fruktozlu mısır şurubunun besin saayinde yaygın olarak kullanılması, beslenmede doğallık ve dengeden uzaklaşmaya neden olmuştur (Shatin, 1967).

Beslenme alışkanlıklarındaki bu olumsuzlukların yanında fiziksel hareketin azlığı, uyku süresi ve kalitesinde azalma, kronik psikolojik stres, çevresel kirleticiler-pestisitler (hormon bozucular), güneş ışınlarına maruziyetten kaçınma (D vitamini yetersizliği) ile karakterize olan bir yaşam biçiminin sonunda, ciddi patofizyolojik sonuçlar ortaya çıkmıştır. İnsülin direnci, obezite, hipertansiyon, ateroskleroz, otoimmün hastalıklar, bazı kanser türleri, nöropsikiyatrik hastalıklar, osteoporoz modern çağın kronik hastalıklarıdır (Shatin, 1967).

Değişen beslenme alışkanlıkları ve yaşam biçiminin neden olduğu bu sorunlar, ülkelerin sağlık harcamalarını da artırmıştır. Bu süreçte «Beslenme ve Sağlık Arasındaki İlişki» dünyanın farklı ülkelerinde yapılan pek çok türde çalışmanın konusu olmuş ve 1990'lı yıllarda, sağlıklı bir yaşam için en ideal model olan “Akdeniz Diyeti” keşfedilmiştir (Davis vd., 2015; Willet vd.,1995). Antioksidan, anti-inflamatuar aktiviteye sahip besinlerin (zeytinyağı, balık, kök sebzeler vb) sık tüketildiği Akdeniz Diyeti, 2012 yılında FAO tarafından listelenmiş beslenme modelleri arasından “gezegendeki en sürdürülebilir beslenme modeli” olarak en üst sırada yerini almıştır (Moraa, 2016).

İnsan sağlığı ve çevresel sürdürülebilirlik için 2019 yılında EAT-Lancet Komisyonu tarafından önerilen bir diğer beslenme modeli, “Gezegen Sağlık Diyeti”dir. Daha çok kişiyi doyurma, iklim değişikliğine yol açan sera gazı salınımını minimize etme, türlerin yok olmasını önleme, tarım alanlarını koruma ve su tasarrufu yapma amacını taşıyan Gezegen Sağlık Diyeti bitki bazlı bir beslenme modelidir. Bu modelde tüketilen besinlerin büyük bir kısmını tam tahıllar, kuru baklagiller, sebzeler, meyveler ve yağlı tohumlar oluşturmakta, hayvansal besinlere az yer verilmektedir (The Lancet Commissions, 2019).

Akdeniz Diyetinin sağlık ve çevresel sürdürülebilirlik açısından önerileri karşıladığı bilinmekte iken; Gezegen Sağlık Diyetinin aynı önerileri karşıladığı iddia edilmektedir.

Tüm bu gelişmelere karşın temelde sağlığı korumak adına bir yandan yeterli, çeşitli, sağlıklı ve ekonomik beslenmek, diğer yandan doğayı, çevreyi korumak için arayışlar sürmektedir. Bu kapsamda gündeme gelen konulardan biri alternatif besinlerdir.

ALTERNATİF BESİNLER

Sağlık yararları, çevresel sürdürülebilirlik ve etik değerler açısından tüm dünyada ilgi duyulan, alternatif besinler, sağlıklı ve sürdürülebilir beslenmenin önemli bir bileşeni olarak düşünülmektedir (Nicholson vd., 2023). Besin değeri açısından alternatif bir besinin, sağlıklı bir besinden beklenen özellikleri taşıması gerekir (Henchion vd., 2017). Örneğin enerji ve besin öğeleri açısından dengeli, sağlık üzerine yararlı etkileri olan antioksidan, anti-inflamatuar besin bileşenlerinden zengin, renk, doku, koku, nem, aroma gibi duyuşsal özellikler açısından da standartlara uygun olması gerekir (Kumar vd., 2015).

Alternatif besinler: Az bilinen tahıllar, az bilinen ve bilinen baklagil türleri, mantarlar, böcekler, su bazlı bitkiler-mikroalgler ve yapay et olarak gruplanabilmektedir (Quintieri, 2023).

Az bilinen tahıllar: Chia, amarant, kinoa, karabuğday ve kenevir gibi az bilinen tahıllar, tüketimi giderek artan, üzerinde en çok çalışma yapılan yeni nesil tahıllardır. Protein içerikleri nispeten düşük (%15-25) olmakla birlikte amino asit çeşitliliği açısından zengin ve dengeli besinlerdir. Örneğin kinoa esansiyel olmayan amino asitlerin yanı sıra 9 esansiyel amino asitin tümü ile buğday ve diğer tahıllarda sınırlı amino asit olan lizini yüksek oranda içerir. Yağ asiti olarak tekli doymamış oleik asit (18:1) ile çoklu doymamış yağ asitlerinden linolenik asit (18:3) ve linoleik asitin (18:2) önemli kaynağı olan bu besinler, aynı zamanda antioksidatif, antihipertansif, immünmodülatör, antitümör ve antimikrobiyal etkilere sahip olan bu besinler karotenoidler, flavonoidler, tokoferoller, fenolik asitler ve biyoaktif peptitler gibi minör bileşenler açısından da zengindir (Pihlanto vd., 2017; Quintieri, 2023).

Bilinen baklagil türleri: Kuru fasulye, nohut, mercimek, barbunya, börülce, soya fasulyesi, insanlar tarafından binlerce yıldır tüketilmekte olan baklagillerdir. Protein, suda eriyen diyet lifi, demir, çinko ve magnezyum gibi minerallerden, başta folik asit olmak üzere birçok vitaminden zengin besinlerdir. İçerdikleri pek çok fitokimyasallar, saponinler ve tanenler nedeniyle kalp damar hastalıkları ve kansere karşı koruyucu etkiye sahiptirler. Glisemik indeksleri düşüktür. İlk hayvansal olmayan protein kaynağı olarak bilinen soya fasulyesi %40 oranında protein içerir (Pihlanto vd., 2017). Birleşmiş Milletler 2016 yılını “Baklagiller Yılı” olarak ilan etmiştir (United Nations, 2020).

Az bilinen baklagil türleri: Bezelye, kanatlı fasulye, acı bakla, bambara yer fıstığı, yeterince tüketilmeyen, ihmal edilmiş, önemsiz, yetim olarak ifade edilen baklagil türleridir. Dayanıklılıkları, dikkate değer besin profilleri ve özellikle zengin protein içerikleriyle umut verici potansiyel alternatif ürünlerdir (Henchion vd., 2017). Örneğin acı bakla, soya fasulyesiyle karşılaştırılabilir düzeyde (%40) protein içerir (Ramya vd., 2022).

Yenilebilir mantarlar: Su, protein, diyet lifi, kitin, vitaminler (Folat ve B₁₂) ve bazı minerallerden zengin, yağ ve sodyumdan fakir olan mantarlar, dengeli beslenmenin bir parçası olarak önerilmekte ve tüketilmektedir (Kumar vd., 2017).

Su bazlı bitkiler ve mikroalgler: Suda yaşayan yabani bitkiler, su mercimeği, yosunlar vb. çoklu doymamış yağ asitleri ve mikro besin öğelerinden zengin su altı alternatif ürünlerdir. Proteinden oldukça zengin (%50) olan algler, zengin lif (%27) içeriği ile alternatif besinler arasında öne çıkarlar (Nicholson vd., 2023; Quintieri, 2023).

Böcekler: Dünya genelinde 2 milyar insanın ortak besinidir. Büyük bir biyolojik çeşitliliğe ve biyokütleyle sahip olan böceklerin 2000’den fazla yenilebilir türü bilinmektedir. Böceklerin çoğu, iyi bir protein (%45) kaynağı olmanın yanında, potasyum, kalsiyum, demir, magnezyum ve selenyum gibi birçok önemli mikro besin ögesi açısından da zengindir (Rumpold & Schlüter, 2013).

Yeni biyoaktif peptitler üretmek için doğal kaynak olarak kabul edilen böceklerin lif içeriği %27'dir. Çeşitli çalışmalarda böcek peptidlerinin antihipertansif, antioksidan, antidiyabetik ve antimikrobiyal aktivitelere sahip olduğu belirtilmiştir (Jantzen da Silva Lucas, 2020). Yüksek protein içeriği ve besin değeri nedeniyle yenilebilir böcekler, özellikle cırcır böcekleri, dünya çapında artan protein talebine bir çözüm olarak kabul edilmektedir (Liceaga vd., 2022).

Mikoprotein: Yeni nesil bir üründür. 1960'lı yıllarda toprakta yaşayan mikromantarlardan üretilen «tek hücreli bir protein» türüdür. Genel olarak iyi tolere edilmekle birlikte, bazı alerjik reaksiyonlara neden olabildiği ortaya konmuştur. 1980'lerin ortasından beri burgerler, sosisler, filetolar, ızgaralar, kızartmalar, hazır yemekler, soğuk şarküteri gibi ürünlerde ve ev yemeklerinde kıyma olarak kullanılmaktadır (Nicholson vd., 2023; Sadler, 2004).

Yapay/ Kültür et: Et geleceğin lüks besinlerinden biridir. Laboratuvar ortamında yetiştirilen doku ve hücrelerden elde edilen in vitro et için «kültürlenmiş et», «yapay et» veya «temiz et» gibi terimler kullanılmaktadır. Bazı bilim insanları tarafından yapay etin hiçbir zaman ticarileşemeyeceği, diğer bazıları tarafından da et endüstrisinde devrim yaratacağı iddia edilmektedir (Norton vd., 2015). Fast food restoran zincirinde “hamburger köfte” olarak pazar bulan yapay et ve bu etten yapılan köftenin, dana etinden yapılan köfteye göre daha az toplam yağ, doymuş yağ ve kolesterol içerdiği, buna karşın daha fazla sodyum ve hem demiri içerdiği bildirilmektedir (Bhat vd., 2017).

Yapay et üretimi ile hayvansal üretim kaynaklı sera gazlarının azaltılması-küresel ısınmanın önlenmesine katkı sağlanması, orman ve arazi kayıplarının önlenmesi, tarım arazilerinin insanların besin gereksinimlerini karşılanması için kullanılması, birçok hayvanın kesilme gerekliliğinin ortadan kaldırılması ve artan nüfusun protein ihtiyacının sağlanması gibi faydalar sağlanacağı belirtilmektedir (Nicholson vd., 2023; Sürek & Uzun, 2020).

Bitki bazlı protein bileşenleri: Soya fasulyesi, bezelye, maş fasulyesi, su mercimeği, mısır gibi besinlerden genellikle toz formunda elde edilir. Protein yanında diyet lifi, nişasta granülleri ve çok sayıda mineral de içeren bu protein bileşenleri, besin sanayiinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin bazı bileşenler kapuçino ve krem şanti gibi ürünlere köpük oluşturmak, bazıları bitki bazlı sütlerde, yumurtalarda ve etlerde emülgatör, diğer bazıları da deniz ürünlerini, sütü, bitki bazlı yumurtayı formüle etmek için jelleşme ve katılaştırma amacıyla kullanılmaktadır (Nicholson vd., 2023).

ALTERNATİF BESİN GEREKÇELERİ

Alternatif besin arayışı ya da alternatif besinlere ihtiyaç duyma gerekçelerinin başında beslenme ve sağlık arasındaki endişeler gelmektedir. Hızla artan ve 2050 yılında 10 milyara ulaşması öngörülen dünya nüfusunun yeterli, çeşitli, emniyetli, güvenilir, çevreci ve sürdürülebilir bir şekilde beslenmesi ayrı bir endişe konusudur (Hu vd., 2019). Ormanlar, araziler, nehirler, su vb. doğal kaynakların tükenmesi, iklim değişikliği, vejetaryenler için daha fazla besin çeşitliliğinin sağlanması, etik değerler, hayvan refahı ve biyoçeşitliliğin sürdürülmesi, alternatif besin arayışına gerekçe olarak gösterilmektedir (Nicholson vd., 2023).

BESLENME VE SAĞLIK GEREKÇELERİ

Günümüzde beslenme ve sağlıkla ilgili endişelerin başında hayvansal besinler, özellikle de “kırmızı et” yer almaktadır (Hu vd., 2019). Et, besin değeri açısından zengin bir içeriğe sahiptir. Protein, yağ, demir ve B12 başta olmak üzere birçok mikro besin ögesi ve sudan oluşan bir besindir. Protein dahil içerdiği tüm besin öğelerinin biyoyararlılığı yüksektir. Kırmızı et bu içeriği ile çocuklarda büyüme-gelişmeyi sağlar, erken dönem bilişsel gelişimi destekler. Anemiyi önler. Bağışıklığı güçlendirir. Enerji metabolizmasında görev alır. Üreme için gereklidir. Antioksidan özellik taşır. Potasyum regülasyonunda rol alır (Baysal, 2018; Shalene & McNeill, 2014).

Zengin besin değeri ve olumlu işlevlerine karşın bilimsel raporlarda, rehberlerde, diyet modellerinde kırmızı ete az yer verilmektedir (Godfray vd., 2018). Fazla et tüketimi, hem insan hem de çevre sağlığı için küresel bir risk olarak görülmektedir (Gonzales vd., 2020). Bununla beraber 1980’den bu yana tüm dünyada et tüketimi dramatik bir şekilde artmaktadır. Özellikle ekonomileri hızlı gelişen Asya ve Güney Amerika’da «hızlı bir beslenme geçişinin» olduğu, paralelinde et tüketiminin arttığı bildirilmektedir (Zeng vd., 2019).

BESLENME VE SAĞLIK ARASINDAKİ İLİŞKİ

Beslenme ve sağlık arasındaki ilişki, tüm zamanların en çok araştırılan konularından biridir. Vejetaryen gruplarda hastalık ve ölüm oranlarının düşük olması, bilim insanlarının ilgi odağı olmuş ve kırmızı et başta olmak üzere, hayvansal protein tüketimi ile kronik hastalıklar arasındaki ilişki, epidemiyolojik, gözlemsel, deneysel, randomize kontrollü pek çok çalışmanın konusu olmuştur (Malik vd., 2016; Nicholson vd., 2023; Sadler, 2004).

Kırmızı etin özellikle de işlenmiş etin fazla tüketilmesinin, obezite, tip 2 diyabet, kardiyovasküler hastalıklar ve «Kolonorektal Kanseri» ile ilişkili olduğu gösterilmiştir (Domingo & Nadal, 2017). Dünya Sağlık Örgütü, Uluslararası Kanseri Araştırma Ajansı, epidemiyolojik kanıtların detaylı bir incelemesine dayanarak; kolorektal kanseri açısından işlenmiş kırmızı etleri «kanserojen», işlenmemiş olanları «olası kanserojen» olarak sınıflandırmıştır (International Agency of Research on Cancer, 2015).

İnsan sağlığı için önemli bir risk oluşturan işlenmiş et ürünlerinin, hemen tüm dünyada özellikle gençler tarafından sevilerek tüketildiği bilinmektedir (Godfray, 2018). Amerika Birleşik Devletleri'nde 1999-2016 yıllarını kapsayan bir çalışmada, pek çok endişeye rağmen, son 18 yılda işlenmiş et tüketiminde herhangi bir azalmanın olmadığı kaydedilmiştir (Zeng vd., 2019).

Üç büyük kohort çalışmayı analiz ederek, Amerikalı yetişkin kadın ve erkeklerde hayvansal protein tüketimi ile tip 2 diyabet riski arasındaki ilişkiyi inceleyen Malik ve arkadaşları, beslenme (diyet lifi, yağlar vb) ve sosyo-demografik özellikleri eşitlendikten sonra, günlük beslenmede hayvansal protein tüketiminin artmasına (%14.8-%21.6) paralel olarak «Tip 2 Diyabet riskinin» arttığını, hayvansal proteinlerden gelen enerjinin %5'inin bitkisel proteinlerle değiştirilmesi halinde, Tip 2 Diyabet riskinin %23 oranında azaldığını belirlemişlerdir (Malik vd., 2016).

ABD'de 1980-2012 yılları arasında 131.342 sağlık profesyonelinin dahil edildiği çalışmada, yaşam biçimi ve diyet risk faktörleri eşitlendikten sonra, yüksek hayvansal protein tüketiminin (>%18 enerji) en az bir yaşam biçimi risk faktörü ile birlikte, ölüm oranlarını pozitif yönde, bitkisel protein tüketiminin ise negatif yönde etkilediği bildirilmiştir (Song vd., 2016).

2019 yılında yapılan randomize kontrollü bir meta-analiz çalışmasında, kırmızı et ile değiştirilen fındık, ceviz, badem ve soya ürünlerinin, total kolesterol ile LDL kolesterol düzeylerini %5-10 oranında düşürdüğü gösterilmiştir. Bitkisel kaynaklı bu besinlerin birçok yararlı besin ögesine ilave olarak içerdikleri diyet lifi, fitosteroller, tokoferoller, polifenoller, mineraller gibi pek çok biyoaktif bileşen sayesinde, kardiyovasküler fayda yanında kan basıncını ve insülin direncini düşürdükleri, oksidasyonu ve inflamasyonu azalttıkları ortaya konmuştur (Guasch-Ferré vd., 2019).

Harvard Üniversitesi tarafından 69.949 katılımcının yer aldığı 3 büyük prospektif kohort çalışmanın değerlendirildiği araştırmada: Tam tahıllar, kuru baklagiller, sebzeler, meyveler ve yağlı tohumlardan oluşan bitkisel ağırlıklı beslenmenin, Tip 2 Diyabet gelişme riskini düşürdüğü gösterilmiştir (Satija vd., 2016).

En popüler bitkisel kaynaklardan biri olan soyanın, yüksek kalitede izoflavon içeriği ile kardiyovasküler hastalık riskini düşürmede bağımsız yarar sağladığı gösterilmiştir (Mirzavalievich vd., 2023).

Ma ve arkadaşları tarafından Amerikalı yetişkin kadın ve erkeklerin katıldığı 3 büyük kohort çalışmanın analizinde: Yüksek miktarda tüketilen izoflavonların ve soya ürünlerinin, kalp hastalıkları riskini önemli derecede düşürdüğü belirtilmiştir. Kalp damar hastalıklarını önleme açısından, daha az soya tüketen ABD popülasyonu ile daha çok soya tüketen Asya popülasyonu arasındaki farkın açık bir şekilde ortaya konduğu çalışmanın sonunda kalp damar sağlığını korumak için tofu ve diğer soya ürünlerinin «sağlıklı bitki bazlı besinler» arasına dahil edilmesi önerilmiştir (Ma vd., 2020).

Günümüzün bilinçli tüketicileri beslenme ve sağlıkla ilgili tüm bu endişelerden dolayı bitkisel kaynaklı besinlere yönelmişlerdir.

ALTERNATİF BESİNLERE İLİŞKİN ENDİŞELER

Yaşam döngüsü analizlerine dayanarak; kırmızı etin, bitki bazlı et alternatifleri ile değiştirilmesinin; sera gazı emisyonlarını, enerji kullanımını, su kullanımını, arazi kullanımını azaltma potansiyeli taşıdığı ortaya konmuştur. Bununla beraber minimal düzeyde işlenmiş besinlere dayalı beslenme modellerine üstünlüklerine ilişkin herhangi bir kanıt bulunmamaktadır (Heller vd., 2023).

Endüstriyel olarak üretilmiş bitki bazlı besinlerin, doğal ya da tam içerik yerine, saflaştırılmış bitki proteinleri içermeleri, işlenme sırasında birçok besin ögesi ve biyoaktif bileşenlerin (fitokimyasallar) kayba uğraması, kuru fasulye, nohut, mercimek ile karşılaştırıldığında, doymuş yağ içeriklerinin yüksek olması olumsuzluk olarak değerlendirilmektedir (van Vliet vd., 2020).

Alternatif besinlerden yapay etin/köftenin dana köfteden daha az toplam yağ, doymuş yağ ve kolesterol içermesine karşın, daha fazla sodyum içermesi hipertansiyon riski, daha fazla hem demiri içermesi Tip 2 Diyabet riski açısından kritik edilmektedir. Benzer şekilde yapay etin hayvansal etin amino asit dengesini özellikle metiyonin açısından sağlayamayacağı ileri sürülmektedir (Bao vd., 2012).

Beslenme ve sağlık yararları yanında, bazı et alternatiflerinin intolerans ve olası alerji riskleri bulunmaktadır (van Vliet vd., 2020).

Bitkisel besinlerdeki temel besin öğelerinin biyoyararlılıklarının düşük olduğu, çocuklar, yaşlılar ve emziren kadınlar gibi hassas gruplarda besin eksikliğine bağlı sağlık sorunlarına yol açabileceği belirtilmektedir. Bu nedenle bu gruplar için besin desteği gerekebileceği, özellikle B12 vitamininin her şekilde desteklenmesi gerektiği bildirilmektedir (van Vliet vd., 2020).

Diğer tüm besinlerde olduğu gibi alternatif besinlerin de üretim, paketlenme, taşınma, israf vb ile sera gazı ürettikleri bilinmektedir. Bu nedenle yapay etin, kırmızı et tüketimini ve sera gazı üretimini ne ölçüde azaltacağı merak konularından biridir.

Bitki bazlı et alternatif besinlerin, sağlık üzerine etkileri ve düşük karbonlu sürdürülebilir bir diyetle oynayabilecekleri rolü belirleyebilmek için, titizlikle tasarlanmış, bağımsız olarak finanse edilmiş kısa ve uzun vadeli, büyük çaplı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak hızlı gelişen teknolojiyle birlikte, ürünlerin sürekli ve yeniden formüle edilmesi, besin içeriklerinin hızla değişiyor olması, araştırma yapmayı zorlaştırmaktadır (Hu, 2019; Quintieri, 2023).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bilimsel verilere, epidemiyolojik kanıtlara dayanarak minimum düzeyde işlenmiş tam tahıllar, soya dahil kuru baklagiller, sebzeler, meyveler ve yağlı tohumların ağırlıklı olduğu bir beslenme modeli ya da alışkanlığının insan sağlığı ve çevresel sürdürülebilirlik için vazgeçilmez olduğu bilinmektedir.

Bebeklik, hamilelik, yaşlılık gibi yaşam evreleri ve beslenmenin bütünlüğü dikkate alınarak, bazı hayvansal besinlerin «esnek yaklaşım» ile bitki bazlı alternatifleriyle değiştirilmesinin, genel beslenme ve sağlığı olumsuz etkilemesi pek olası değildir.

Bu bağlamda hayvansal besinlerin yerini alacak iyi tasarlanmış ve geliştirilmiş bitki bazlı alternatif besinlerin, besleyici, sağlık yararları, uygun fiyat, erişilebilirlik ve sürdürülebilirlik ile dengelenerek tüketiciye sunulması beklenmektedir.

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Bao, W., Rong, Y., Rong, S., & Liu, L. (2012). Dietary iron intake, body iron stores, and the risk of type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *BMC medicine*, 10, 10-13.
- Baysal, A. (2018). Beslenme (17. Baskı). Hatiboğlu Yayınları.
- Bhat, Z. F., Kumar, S., & Bhat, H. F. (2017). In vitro meat: A future animal-free harvest. *Critical reviews in food science and nutrition*, 57(4), 782-789.
- Carrera-Bastos, P., Fontes-Villalba, M., O’Keefe, J. H., Lindeberg, S., & Cordain, L. (2011). The western diet and lifestyle and diseases of civilization. *Research Reports in Clinical Cardiology*, 15-35.
- da Silva Lucas, A. J., de Oliveira, L. M., Da Rocha, M., & Prentice, C. (2020). Edible insects: An alternative of nutritional, functional and bioactive compounds. *Food chemistry*, 311, 126022.
- Davis, C., Bryan, J., Hodgson, J., & Murphy, K. (2015). Definition of the Mediterranean diet: a literature review. *Nutrients*, 7(11), 9139-9153.
- Domingo, J. L., & Nadal, M. (2017). Carcinogenicity of consumption of red meat and processed meat: A review of scientific news since the IARC decision. *Food and chemical toxicology*, 105, 256-261.
- Godfray, H. C. J., Aveyard, P., Garnett, T., Hall, J. W., Key, T. J., Lorimer, J., ... & Jebb, S. A. (2018). Meat consumption, health, and the environment. *Science*, 361(6399), eaam5324.
- 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, 109341.
- Guasch-Ferré, M., Satija, A., Blondin, S. A., Janiszewski, M., Emlen, E., O’Connor, L. E., ... & Stampfer, M. J. (2019). Meta-analysis of randomized controlled trials of red meat consumption in comparison with various comparison diets on cardiovascular risk factors. *Circulation*, 139(15), 1828-1845.
- Henchion, M., Hayes, M., Mullen, A. M., Fenelon, M., & Tiwari, B. (2017). Future protein supply and demand: strategies and factors influencing a sustainable equilibrium. *Foods*, 6(7), 53.
- Hu, F. B., Otis, B. O., & McCarthy, G. (2019). Can plant-based meat alternatives be part of a healthy and sustainable diet?. *Jama*, 322(16), 1547-1548.
- Jensen, L. (2020). The sustainable development goals report. *New York: United Nations*.

- Keoleian, G. A., & Heller, M. C. (2018). *Beyond Meat's beyond burger life cycle assessment: a detailed comparison between a plant-based and an animal-based protein source*.
- Kumar, P., Chatli, M. K., Mehta, N., Singh, P., Malav, O. P., & Verma, A. K. (2017). Meat analogues: Health promising sustainable meat substitutes. *Critical reviews in food science and nutrition*, 57(5), 923-932.
- 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, 19-34.
- Ma, L., Liu, G., Ding, M., Zong, G., Hu, F. B., Willett, W. C., ... & Sun, Q. (2020). Isoflavone intake and the risk of coronary heart disease in US men and women: results from 3 prospective cohort studies. *Circulation*, 141(14), 1127-1137.
- Malik, V. S., Li, Y., Tobias, D. K., Pan, A., & Hu, F. B. (2016). Dietary protein intake and risk of type 2 diabetes in US men and women. *American journal of epidemiology*, 183(8), 715-728.
- McNeill, S. H. (2014). Inclusion of red meat in healthful dietary patterns. *Meat science*, 98(3), 452-460.
- Mirzavalievich, M. M., & Adashaliyevich, N. Q. (2023). Soy protein, isoflavones, and cardiovascular health. *International Journal of Scientific Trends*, 2(4), 10-18.
- Moro, E. (2016). The Mediterranean diet from Ancel Keys to the UNESCO cultural heritage. A pattern of sustainable development between myth and reality. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 223, 655-661.
- Nicholson, A. (2022). Alternative Protein Sources: Balancing Food Innovation, Sustainability, Nutrition, and Health: Proceedings of a Workshop—in Brief.
- Norton, T. (2015). From the lab to the supermarket: In vitro meat as a viable alternative to traditional meat production. *J. Food L. & Pol'y*, 11, 157.
- O'Keefe Jr, J. H., & Cordain, L. (2004, January). Cardiovascular disease resulting from a diet and lifestyle at odds with our Paleolithic genome: how to become a 21st-century hunter-gatherer. In *Mayo Clinic Proceedings* (Vol. 79, No. 1, pp. 101-108). Elsevier.
- Quintieri, L., Nitride, C., De Angelis, E., Lamonaca, A., Pilolli, R., Russo, F., & Monaci, L. (2023). Alternative protein sources and novel foods: benefits, food applications and safety issues. *Nutrients*, 15(6), 1509.
- Pihlanto, A., Mattila, P., Mäkinen, S., & Pajari, A. M. (2017). Bioactivities of alternative protein sources and their potential health benefits. *Food & function*, 8(10), 3443-3458.

- Ramya, K. R., Tripathi, K., Pandey, A., Barpete, S., Gore, P. G., Raina, A. P., ... & Sarker, A. (2022). Rediscovering the potential of multifaceted orphan legume grasspea-a sustainable resource with high nutritional values. *Frontiers in Nutrition*, 8, 826208.
- Rumpold, B. A., & Schlüter, O. K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular nutrition & food research*, 57(5), 802-823.
- Sadler, M. J. (2004). Meat alternatives—market developments and health benefits. *Trends in Food Science & Technology*, 15(5), 250-260.
- Sarıözkan, S., & Küçükoflaz, M. (2020). İklim mi Hayvancılığı Yoksa Hayvancılık mı İklimi Etkiliyor?. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17(3), 255-259.
- Satija, A., Bhupathiraju, S. N., Rimm, E. B., Spiegelman, D., Chiuve, S. E., Borgi, L., ... & Hu, F. B. (2016). Plant-based dietary patterns and incidence of type 2 diabetes in US men and women: results from three prospective cohort studies. *PLoS medicine*, 13(6), e1002039.
- Shatin, R. (1967). The transition from food-gathering to food-production in evolution and disease. *Vitalstoffe Zivilisationskrankheiten*, 12, 104-107.
- Song, M., Fung, T. T., Hu, F. B., Willett, W. C., Longo, V. D., Chan, A. T., & Giovannucci, E. L. (2016). Association of animal and plant protein intake with all-cause and cause-specific mortality. *JAMA internal medicine*, 176(10), 1453-1463.
- Süreç, E., & Uzun, P. (2020). Geleceğin alternatif protein kaynağı: Yapay et. *Akademik Gıda*, 18(2), 209-216.
- Van Vliet, S., Kronberg, S. L., & Provenza, F. D. (2020). Plant-based meats, human health, and climate change. *Frontiers in sustainable food systems*, 4, 555088.
- Willett, W. C., Sacks, F., Trichopoulou, A., Drescher, G., Ferro-Luzzi, A., Helsing, E., & Trichopoulos, D. (1995). Mediterranean diet pyramid: a cultural model for healthy eating. *The American journal of clinical nutrition*, 61(6), 1402S-1406S.
- Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., ... & Murray, C. J. (2019). Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The lancet*, 393(10170), 447-492.
- Wise, T. A. (2013). Can we feed the world in 2050. *A scoping paper to assess the evidence. Global Development and Environment Institute Working Paper*, (13-04).
- Working, I. M. (2015). Carcinogenicity of consumption of red and processed meat.
- Zeng, L., Ruan, M., Liu, J., Wilde, P., Naumova, E. N., Mozaffarian, D., & Zhang, F. F. (2019). Trends in processed meat, unprocessed red meat, poultry, and fish consumption in the United States, 1999-2016. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 119(7), 1085-1098.

Yazarlar Hakkında / About Authors

**Prof. Dr. Muazzez GARİPAĞAOĞLU | Fenerbahçe Üniversitesi |
muazzez.garipagaoglu[at]fbu.edu.tr | ORCID: 0000-0003-2172-1467**

İlköğretim ve lise eğitimini Malatya’da tamamladı. Hacettepe Üniversitesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü’nden 1980 yılında mezun oldu. 1985 yılında Yüksek Lisans, 1992 yılında Doktora eğitimini tamamladı. 1996 yılında Doçent, 2011 yılında Profesör oldu. Ekim 1980-Mart 2011 tarihleri arasında İstanbul Tıp Fakültesi Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı’nda klinik ve akademik çalışmalarını sürdürdü. 2011-2018 tarihleri arasında bir İstanbul Medipol Üniversitesi’nde, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölüm Başkanı olarak çalıştı. Çocuk beslenmesi konusunda yurtiçi ve yurtdışında yayınlanmış 150’nin üzerinde bilimsel çalışması ve 5 ödülün sahibi olan Garipagaoglu, Türkiye Bilimler Akademisi (TÜBA) Gıda ve Beslenme Çalışma Grubu Üyesidir. Prof. Dr. Muazzez Garipagaoglu Nisan 2018 tarihinden bu yana Fenerbahçe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi Dekanı, Beslenme ve Diyetetik Bölümü Öğretim Üyesi olarak idari ve akademik çalışmalarını sürdürmektedir.

**Prof. Dr. Muazzez GARİPAĞAOĞLU | Fenerbahçe University |
muazzez.garipagaoglu[at]fbu.edu.tr | ORCID: 0000-0003-2172-1467**

Prof. Dr. Muazzez Garipagaoglu completed her primary and secondary education in Malatya, before graduating from Hacettepe University Department of Nutrition and Dietetics in 1980. She continued her career at Istanbul University’s Department of Child Health and Diseases between 1980 and 2011, earning her master’s degree in 1985 and doctorate in 1992 before advancing to roles as an Associate Professor in 1996 and Professor in 2011. In 2011, she moved to Istanbul Medipol University’s Faculty of Health Sciences, where she served as Head of the Department of Nutrition and Dietetics until 2018. More than 150 of Garipagaoglu’s scientific studies on child nutrition have been published domestically and abroad, and she is the recipient of five awards. She is a Member of the Turkish Academy of Sciences (TÜBA) Food and Nutrition Working Group. Garipagaoglu has been working as the Dean of the Faculty of Health Sciences and a Lecturer in the Department of Nutrition and Dietetics at Fenerbahçe University since April 2018.

**Dr. Öğr. Üyesi Melike Şeyma DENİZ | Fenerbahçe Üniversitesi |
seyma.deniz[at]fbu.edu.tr | ORCID: 0000-0002-9679-3361**

Yeditepe Üniversitesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü'nden 2012 yılında mezun olan Melike Şeyma Deniz yüksek lisans eğitimi 2014 yılında Başkent Üniversitesi'nde tamamlamış, hemen ardından Acıbadem Mehmet Ali Aydınlar Üniversitesi'nde doktora eğitimine başlamıştır. Yüksek lisans eğitimi süresince obezite ve diyabet hastalarının takip edildiği özel bir klinikte görev yapmıştır. 2014-2022 yılları arasında Acıbadem Fulya Hastanesi'nde klinik ve poliklinikte sorumlu diyetisyen olarak çalışmıştır. 2022 yılında "Akdeniz diyetine bağlılık ve kan TMAO düzeyi arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi" konulu tezi ile doktora eğitimini tamamlamıştır. Dr. Öğretim Üyesi Melike Şeyma Deniz 2022 yılından bu yana Fenerbahçe Üniversitesi Beslenme ve Diyetetik bölümünde akademik çalışmalarını yürütmekte, Ekim 2023 tarihinden bu yana bölüm başkanı olarak görev yapmaktadır.

**Asst. Prof. Dr. Melike Şeyma DENİZ | Fenerbahçe University |
seyma.deniz[at]fbu.edu.tr | ORCID: 0000-0002-9679-3361**

Melike Şeyma Deniz graduated from Yeditepe University Department of Nutrition and Dietetics in 2012, completed her master's degree at Başkent University in 2014, and immediately started her doctoral studies at Acıbadem Mehmet Ali Aydınlar University. During her master's degree, she worked in a private clinic where obese and diabetes patients were monitored. She worked as a responsible dietitian in the clinic and outpatient clinic at Acıbadem Fulya Hospital between 2014 and 2022. She completed her doctoral education in 2022 with her thesis titled "Evaluation of the relationship between adherence to the Mediterranean diet and blood TMAO level". Assist Prof. Melike Şeyma Deniz has been carrying out her academic studies in the Department of Nutrition and Dietetics at Fenerbahçe University since 2022 and has been serving as the head of the department since October 2023.

**EKOSİSTEM
VE
SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK GEREKÇELERİ**

ECOSYSTEM
AND
SUSTAINABILITY REASONS

Sezai Ercişli

EKOSİSTEM VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK GEREKÇELERİ

Prof. Dr. Sezai ERCİŞLİ

Atatürk Üniversitesi

Özet

Yabani yenilebilir meyve türleri son yıllarda görsel ve yazılı basının gündeminde olan Bahçe Bitkileri ürünleridir. Dünyada daha çok kırsal alanlarda ve orman içlerinde bulunan yabani yenilebilir meyve türleri, kırsal yaşamın temel ve vazgeçilmez unsurlarından birisidir. Doğada kendiliğinden yetişen ve hastalık ve zararlılara karşı daha dirençli olan bu türler üzerinde bilimsel çalışmalar son yıllarda yoğunlaşmıştır. Daha çok gıda olarak ve ayrıca yüzyıllardır birtakım hastalıklara karşı ilaç olarak geleneksel tıpta yoğun kullanılan bu türler, Dünya’da meyve biyoçeşitliliğine de çok önemli katkılar sunmaktadırlar. Doğal peyzajında en önemli unsurlarından birisi olan bu türler, ekosistemde çok önemli fonksiyonlara sahiptirler. Derin kök sistemleri ile erozyon önlemede etken olan bu türler ayrıca yaban hayatı için özellikle sert geçen kışlarda barınma ve gıda kaynağı olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda bu türler üzerinde yapılan bilimsel çalışmalar, kültür akraba türleri ile karşılaştırıldığında özellikle insan sağlığını teşvik eden maddeler bakımından çok zengin olduklarını ortaya koymuştur. Bu özelliklerinden dolayı son yıllarda tablet halinde destek materyali olarak ta yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Yabani yenilebilir meyve türleri özellikle Doğu dünyasında kültürel mirasın en önemli bileşenlerinden birisi olup, geleneksel bilginin nesilden nesile aktarılmasında önemli bir işlev görmektedir. Bu türlerin diğer bir özelliği de yüksek kuru madde ve aroma içerikleri nedeniyle işleme sanayi için de çok önemli ürün gruplarını oluşturmalarıdır. İklim değişikliği senaryosu altında bu türlerin ticari üretim alanının genişletilmesi ve üretimde kullanılması, insanlar için ek bir gelir kaynağı, istihdam oluşturma ve geçim kaynaklarının iyileştirilmesini sağlayabilir.

Anahtar Kelimeler

Yabani Yenilebilir Meyveler, İnsan Sağlığı, Alternatif Gıda, Geleneksel Tıp

ECOSYSTEM AND SUSTAINABILITY REASONS

Prof. Dr. Sezai ERCİŞLİ

Atatürk University

Abstract

Wild edible fruit species are Horticulture products that have been on the agenda of visual and written media in recent years. Wild edible fruit species, found mostly in rural areas and forests in the world, are one of the basic and indispensable elements of rural life. Scientific studies on these species, which grow spontaneously in nature and are more resistant to diseases and pests, have been concentrated in recent years. These species, which have been used extensively in traditional medicine as food and also as medicine against some diseases for centuries, also make significant contributions to fruit biodiversity in the world. These species, which are one of the most important elements in the natural landscape, have very important functions in the ecosystem. These species, which are effective in preventing erosion with their deep root structures, are also used as shelter and food source for animals, especially in harsh winters. Scientific studies conducted on these species in recent years reveal that they are very rich in substances that promote human health, especially when compared to their cultural relatives. Due to these properties, it has been widely used as a support material in tablet form in recent years. Wild edible fruit species are one of the most important components of cultural heritage, especially in the Eastern world, and play an important role in transferring traditional knowledge from generation to generation. Another feature of these species is that they constitute very important product groups for the processing industry due to their high dry matter and aroma content. Expansion of the commercial area of these crops under climate change scenarios and their utilization may offer an additional source of income, employment generation, and livelihood improvement.

Keywords

Wild Edible Fruits, Human Health, Alternative Food, Traditional Medicine

EKOSİSTEM

Belirli bir alanda bulunan canlılar ile bunları saran cansız çevrelerinin karşılıklı ilişkileri ile meydana gelen ve süreklilik arz eden ekolojik sistemlerdir. Ekosistem aynı zamanda bir besin ağı ile şekillenmektedir. Ekosistemler, varlıklarını 3 temel işlevle sürdürürler. Bunlar enerji akımı, ekolojik döngüler (kimyasal madde döngüleri) ve popülasyon denetimleridir. Bu üç işlev, ekosistemin ögelerinin birbirleriyle ilişkilerini düzenler ve sistemin bir bütün olarak sürmesini sağlar (Losapio vd., 2021).

Ekosistem Farklılıkları

Sürdürülebilir ekosistemler: Bitki türü (Yabani, endemik) vs. daha az, ekosistemi oluşturan unsurlarda denge daha fazla, insan baskısı az, kırılabilirliği az.

Sürdürülemez ekosistemler: Bitki türü (Yabani, endemik) vs. daha fazla, ekosistemi oluşturan unsurlarda denge daha az, insan baskısı fazla, fazla kırılabilir.

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Daimi olma yeteneği olarak adlandırılabilir. 21. yüzyılda genel olarak biyosfer ve uygarlığın bu yeteneğine atfen kullanılır. Aynı zamanda, kaynakların sömürülmesi, yatırımların yönü, teknolojik gelişmenin yönlendirilmesi ve kurumsal değişimin uyum içinde olduğu ve insan ihtiyaçlarını ve isteklerini karşılayabilme potansiyelinin hem günümüzde hem de gelecek için korunduğu dengeli bir ortamda değişimin sağlanması olarak tanımlanabilir (Erol vd., 2009).

YABANİ YENİLEBİLİR MEYVE TÜRLERİ (WEFs)

Kırsal alanlar, ormanlıklar ve tarla kenarlarında kendiliğinden doğal olarak yetişen ve insanlar için besin ve ilaç, doğa için estetik sunum ve yaban hayatı için gıda ve korunma alanı olarak kullanılan, kısacası meyvelerinden ve bitkisinden farklı amaçlarla yararlanılan, kültür türlerinin yakın veya uzak akraba türleridir (Blando vd., 2015; Blessymole vd., 2018).

Dünya nüfusunun yaklaşık yüzde 12'si kırsal alanda (dağlık bölgelerde) yaşamaktadır. Yabani meyve türleri bu alanlarda yoğunluk kazanmış olup, çok eski zamanlardan beri gıda olarak kullanılmaktadır. Kontrolsüz tüketim ve sömürme bu türlerin geleceği için büyük tehdit oluşturmaktadır. Bu türlerin bileşimi konusunda da yeterince bilgi bulunmamaktadır (Shende vd., 2016; Rymbai vd., 2023). Yabani meyve türlerinin birçoğu super gıda veya ekzotik meyve olarak adlandırılmaktadır. Üretimde ilaç ve gübre kullanılmadığı için doğal meyve olarak da kabul edilmekte ve verimsiz tarım dışı toprakları değerlendirme ve gıda güvenliği bakımından da önemli türler olarak bilinmektedir (Smanalieva vd., 2020; Yalcin vd., 2022).

Dünyada farklı kıtalarda ılıman, subtropik ve tropik kuşakta bulunan yabancı yenilebilir meyve türleri kırsal alanda özellikle ormanlık alanlardan toplanarak yerel halk tarafından tüketildiği gibi yerel pazarlarda da yüksek fiyatla satılmaktadır (Şekil 1). Son zamanlarda, farklı ülkelerde çeşitli devlet kurumları ve Sivil Toplum Kuruluşları tarafından yerel halka bu türler hakkında bilgi ve beceri kazandırmak amacıyla çeşitli eğitimler verilerek bu doğal kaynakların kullanımı ve girişimcilik becerilerinin geliştirilmesi sağlanmaktadır (Khomdran vd., 2014; Dasila & Singh, 2021). Yabancı meyvelerin çoğundan marmelat, reçel, sirke, jöle, turşu vb. birçok katma değerli ürün elde edilmekte ve pazarlanmaktadır. Ancak ticari üretimin zayıf olması nedeniyle piyasada katma değerli ürünlerin bulunması hala yetersizdir (Korkmaz vd., 2020).

Şekil 1.

Hindistan'da bulunan bazı yabancı meyve türleri (Ryambai vd., 2023).



Yabani yenilebilir meyve türleri kırsalda yaşayan insanların diyeti ve sağlığına önemli katkılarda bulunmuş ve yüzyıllardır onların temel geçim kaynağı olmuştur (Abbasi vd., 2013; Ryambai vd., 2016). Yerel olarak, bu türler aynı zamanda doğal pigmentlerini elde etmek için de kullanılmaktadır (Abdullah vd., 2005). Türlerin büyük bir kısmı kanser tedavisinde etnobotanik olarak ta kullanılmaktadır (Jabeen vd., 2020). Kanser dışında ateş, öksürük ve sarılık, kardiyovasküler (Janbaz vd., 2015), obezite (Chi vd., 1997) ve karaciğer yağlanması karşı da kullanılmaktadır (Alex vd., 2018).

Türkiye:

Yabani yenilebilir meyve türlerinin açık hava müzesi (>120 tür)

Ülkemizde bulunan yabani yenilebilir meyve türlerinin karakteristik özellikleri aşağıda verilmiştir.

- Ülkemizde iklim (mikroklimalar, yağış rejimi ve rakım farklılıkları) ve toprak özelliklerinin değişkenliği çok sayıda yabani meyve türünün yetişmesine olanak sağlamaktadır (Şekil 2 ve 3).
- Anadolu (Göç yolları ve medeniyetler merkezi): Yabani meyve türlerinin biyoçeşitlilik merkezi konumundadır.
- Yüzyıllık tohumla çoğaltma geleneği (açılım): Aynı tür içerisinde her yabani meyve birbirlerinden farklı özelliklere sahiptir.
- Türler arası ve tür içi zenginlik söz konusudur
- Yaban hayatı için önemli korunma alanı ve besin kaynağıdır.
- Kuşlar ile tohumla çoğaltılırlar. Kuşların sindirim yolundan geçtikten sonra tohumları daha kolay çimlenir.
- Kırsalda yaşayan insanların temel besin kaynağı konumundadırlar.
- Düşük su oranı nedeniyle işlemeye (reçel, marmelat vs.) çok uygun meyve türleridir.
- Geleneksel tıpta yüzyıllardır yoğun kullanılmaktadırlar (doğal ilaç)
- Ülkemizde yabani yenilebilir meyvelerden elde edilen geleneksel gıdalar ve derin tarihi geçmiş (kültürel miras) söz konusudur
- Yaban hayatı için önemli besin ve barınma kaynağıdır.
- Kentte yaşayanlar için erişimleri zordur (Kırsal ve ormanlık alanlarda bulundukları için)

Şekil 2.

Ülkemizde bulunan yabani meyve türleri ve doğal peyzaj.



Şekil 3.

Ülkemizde doğal florasında bulunan farklı yabani meyve türleri.



KÜLTÜR MEYVELERİ İLE YABANI YENİLEBİLİR MEYVELER ARASINDAKİ FARKLILIKLAR

Ekosistem yarayışlılığı ve sürdürülebilirlik

- Yabani meyve türleri genelde derin kök sistemi nedeniyle toprak tutucu ve dolayısıyla erozyonu önleyici özelliğe sahiptirler.
- Abiyotik ve biyotik şartlara dayanımları yüksektir
- Yaban hayatı için besin ve barınma kaynağıdır
- Fazla türle temsil edilirler. Bu durum biyoçeşitlilik bağlamında büyük önem taşır.

Morfolojik farklılıklar

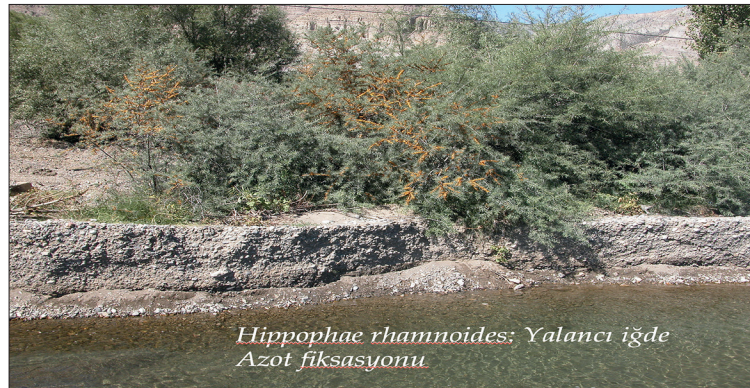
- Yabani meyveler küçük meyve ve büyük tohum oluşturmurlar
- Dikenli özelliğe sahiptirler
- Farklı zamanlarda olgunlaşma özellikleri vardır.

Kompozisyon

- Yüksek besin içeriği (vitaminler, biyoaktif maddeler vs.) nedeniyle süper gıda olarak adlandırılırlar.
- Meyvelerinde su oranı düşük olup işleme endüstrisi için avantaj sağlar. Yabani meyveler daha az tatlı olup bazıları fazla taş hücre içerirler.
- Bu türlerde olumsuz şartlar altında savunma mekanizması olarak daha fazla insan sağlığı ile ilgili madde üretimi (sekonder metabolit) söz konusudur.
- Zengin gen kombinasyonuna sahiptirler. Hastalık ve zararlılara dayanıklı genler (elma kara lekesi, ateş yanıklığı: *Malus floribunda* ve *M x robusta*) içerirler.
- Yabani yenilebilir meyvelerin organoleptik özelliği daha yüksektir.
- Bazı yabani meyve türlerinin havanın serbest azotunu bağlama özelliği vardır (iğde grubu) (Şekil 4)

Şekil 4.

Ülkemiz florasında bulunan Yalancı iğde (*Hippophae rhamnoides*).



Yabani yenilebilir meyve türleri: Güncel durum

- Bilgi eksikliği (Kullanılmayan kaynak) bulunmaktadır.
- Gıda güvenliği için önemli potansiyele sahiptirler (besin ve tıbbi kullanım)
- Ekosistem yarayışlılığı yüksektir.
- Besin eksikliği riskini azaltmak için değerli, fonksiyonel, besleyici açıdan zengin gıda ürünlerinin üretimi için değer taşırlar.
- Bakımları kolay olup daha az ilaç ve gübre kullanımı söz konusudur. *Hippophae rhamnoides*, azot fiksasyonu sağlar.
- Günümüzde yabani yenilebilir meyve türleri ile ilgili çalışmalar artan tüketici taleplerine göre şekillenmiş olup, çalışmalar insan sağlığı ve beslenme açısından son derece önemli olan yabani meyvelerin çok sayıda faydalı doğal bileşimi üzerinde yoğunlaşmıştır (Contreras-Calderón vd., 2014; Ryambai vd., 2023) (Şekil 5).
- Yabani meyve türlerindeki bu bileşiklerin çeşitliliği nedeniyle, bu bitkiler yeni terapötikler için yararlı kaynaklar ve ilaç ve gıda endüstrileri için büyük bir potansiyel haline gelmiştir.

Fonksiyonel gıda olarak önem arz ederler:

- Yabani yenilebilir meyve türleri besin öğeleri (vitaminler ve mineraller) ve biyoaktif bileşikler (pigment flavonoidler, şekerler, steroller ve yağ asitleri) açısından iyi bir kaynaktır.
- Antioksidan, antiinflamatuar, antikanserojen, antimikrobiyal, antiproliferatif, antinörodejeneratif, glisemik ve kilo kontrolü, kardiyο-koruyucu ve nöroprotektif özelliklere sahiptirler (Şekil 5)
- İnovatif ürün geliştirilmesine çok uygundurlar (Şekil 5).

Şekil 5. Yabani meyve türleri (WEFs) ve kullanım alanları.



KAYNAKLAR / REFERENCES

- Abdullah, A.T.M., Hossain, M.A. & Bhuiyan, M.K. (2005). Propagation of Latkan (*Baccaurea sapida* Muell.Arg.) by mature stem cutting. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 1, 129-134.
- Abbasi, A.M., Khan, M.A., Khan, N. & Shah, M.H. (2013). Ethnobotanical survey of medicinally important wild edible fruits species used by tribal communities of lesser Himalayas- Pakistan. *Journal of Ethnopharmacology*, 148, 528-536.
- Alex, B.K., Koshy, E.P., Thomas, G. & Sharma, N. (2018). *Haematocarpus validus* (Miers) Bakh.f.ex Forman (Khoon phal): an ethnomedicinal fruit crop rich in choline. *SSRN Electronic Journal*, 59,168-178. Doi: 10.2139/ssrn.3298649.
- Blando, F., Albano, C., Liu, Y., Nicoletti, I., Corradini, D., Tommasi, N., Gerardi, C., Mita, G. & Kitts, D.D. (2015). Polyphenolic composition and antioxidant activity of the under-utilised *Prunus mahaleb* L. fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96, 2641-2649. Doi: 10.1002/jsfa.7381
- Blessymole, A.K., Koshy, E.P. & Thomas, G. (2018). Antioxidant profile of *Haematocarpus validus* (miers) bakh. F. Ex forman (Khoonphal) leaf and fruit: A medicinally important rare ethnic fruit crop. *Plant Archives*, 18, 2031-2036.
- Chi VV. *Dictionary of medicinal plants*. Hanoi: Publishing Houses of Medicine (1997).
- Contreras-Calderón, J., Calderón-Jaimes, L., Guerra-Hernández, E. & García-Villanova, B. (2011). Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. *Food Research International*, 44, 2047-2053. Doi: 10.1016/j.foodres.2010.11.003
- Dasila, K. & Singh, S. (2021). Bioactive compounds and biological activities of *Elaeagnus latifolia* L.: An underutilized fruit of North-East Himalaya, India. *South African Journal of Botany*, 145, 177-185. Doi: 10.1016/j.sajb.2021.07.020
- Erol, I., Cakar, N., Erel, D. & Sari, R. (2009). ‘Sustainability in the Turkish retailing industry’, *Sustainable Development*, 17, 49-67.
- Jabeen, A., Sharma, A., Gupta, I., Kheraldine, H., Vranic, S., Al Farsi, H.F. & et al. Elaeagnus angustifolia plant extract inhibits epithelial-mesenchymal transition and induces apoptosis via HER2 inactivation and JNK pathway in HER2-Positive breast cancer cells. *Molecules*, 25, 4240. doi: 10.3390/molecules25184240
- Janbaz, K.H., Ahsan, M.Z., Saqib, F., Imran, I., Zia-Ul-Haq, M., Rashid, M.A., Jaafar, H.Z.E. & Moga, M. (2015). Scientific basis for use of *Pyrus pashia* Buch.- Ham. ex D. Don. fruit in gastrointestinal, respiratory and cardiovascular ailments. *PLoS One*, 10, e0118605. Doi: 10.1371/journal.pone.0118605.

- Khomdram, S., Barthakur, S. & Devi, G.S. (2014). Biochemical and molecular analysis of wild endemic fruits of the Manipur region of India. *International Journal of Fruit Sciences*, 14, 253-266. Doi: 10.1080/15538362.2013.818483.
- Korkmaz, N., Akin, M., Koc, A., Eydurhan, S.P., İlhan, G., Sağbas, H.I. & Ercisli, S. (2020). Morphological and biochemical diversity among wild-grown carob trees (*Ceratonia siliqua* L.). *Folia Horticulturae*, 32, 69-78. Doi: 10.2478/fhort-2020-0007.
- Losapio, G., Schmid, B., Bascompte, J., Michalet, R., Cerretti, P. Germann, C., Haenni, J.-P., Neumeyer, R., Ortiz-Sánchez, F.J., Pont, A. C., Rousse, P., Schmid, J., Sommaggio, D. & Schöb, C. (2021). An experimental approach to assessing the impact of ecosystem engineers on biodiversity and ecosystem functions. *Ecology*, 102, e03243. 10.1002/ecy.3243.
- Rymbai, H., Roy, A.R., Deshmukh, N.A., Jha, A.K., Shimray, W., War, G.F. & Ngachan, V. (2016). Analysis study on potential underutilized edible fruit genetic resources of the foothills track of Eastern Himalayas, India. *Genetic Resources Crop Evolution*, 63, 125-39. Doi: 10.1007/s10722-015-0342-3.
- Rymbai, H., Verma, V.K., Talang, H., Assumi, S.R., Devi, M.B., Vanlalruati, Sangma R.H.C.H., Biam, K.P., Chanu, L.J., Makdoh, B., Singh, A.R., Mawleñ, J., Hazarika, S. & Mishra, V.K. (2023) Biochemical and antioxidant activity of wild edible fruits of the eastern Himalaya, India. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1039965. Doi: 10.3389/fnut.2023.1039965.
- Shende, K.M., Singh, N.I. & Negi, P.S. (2016). Phytochemical characterization and biological activities of *Dioscorea indica* (Wall) fruit extracts. *Journal of Molecular and Genetic Medicine*, 10, 1-5. Doi:10.4172/1747-0862.1000204
- Smanalieva, J., Iskakova, J., Oskonbaeva, Z., Vichern, S. & Darr, D. (2020). Investigation of nutritional characteristics and free radical scavenging activity of wild apple, pear, rosehip, and barberry from the walnut-fruit forests of Kyrgyzstan. *European Food Research and Technology*, 246, 1095-1104. Doi:10.1007/s00217-020-03476-1.
- Yalcin, O., Bassil, N.V. & Kafkas, N.E. (2022). Wild edible small fruits in Turkey and their fruit characteristics. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences*, 76, 417-423.

Yazar Hakkında / About Author

**Prof. Dr. Sezai ERCİŞLİ | Atatürk Üniversitesi |
sercisli[at]atauni.edu.tr | ORCID: 0000-0001-5006-5687**

1989 yılında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümün’ den Fakülte 1. si olarak mezun oldu. 1989 yılında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Meyve Yetiştirme ve Islahı Anabilim Dalında Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Meyve Yetiştirme ve Islahı Anabilim Dalında 1992 yılında yüksek lisansını tamamladı. Aynı Enstitüde başladığı doktora eğitimini 1996 yılında tamamladı. 1996 yılında Yardımcı Doçent Doktor olarak atandı. 1997-1998 yılları arasında kendi imkanlarıyla 15 ay süreyle ABD Nebraska Üniversitesi Doğa Bilimleri Fakültesinde Bitki Biyoteknolojisi konusunda çalışmalarını sürdürdü. 2000 yılında Doçent, 2005 yılında Profesör ünvanlarını aldı. Bitki Biyoteknolojisi konusunda 20 adet uluslararası kongre ve sempozyuma başkanlık etti. 2014-2016 yılları arasında “Springer” tarafından yayınlanan “Biochemical Genetics” dergisinde Baş editörlük yaptı. 2014 yılından itibaren “Tübitak” tarafından yayınlanan “Turkish Journal of Agriculture and Forestry” dergisinin Baş Editörlüğünü yürütmektedir. Atatürk Üniversitesinin kurulduğu tarihten itibaren SCI dergilerde Atatürk Üniversitesi adresli en fazla yayın yapan akademisyen unvanını elinde bulundurmaktadır. Süre gelen akademik çalışmalarına yapılmış 10000’ nin üzerinde bilimsel atıf bulunmaktadır. H-index’i 56’ dır. Stanford Üniversitesinin 2021 yılı çalışmasına göre Dünyada ki en başarılı 100.000 akademisyen arasında 30.000 sırada, Türkiye’ den listeye giren akademisyenler arasında ise 78. sırada yer aldı. Avrupa Birliği Çatısı altında yer alan Avrupa Meyve Yetiştiricileri Birliği Türkiye Temsilciliği, Dünya Kayısı Birliği Başkanlığı, Çay ve Yalancı iğde konseyi Türkiye temsilciliğini yürütmektedir. 2016-2020 yılları Rektör yardımcılığı göreviyle birlikte akademik yaşamı süresinde çok sayıda idari görev üstlenmiştir. Ayrıca birçok bilimsel derneğe üyeliği ve çeşitli sivil toplum kuruluşlarında çalışmaları bulunmaktadır. Halen Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Bölüm Başkanlığının yanı sıra Rektör Danışmanlığı görevini de yürütmektedir.

**Prof. Dr. Sezai ERCİŞLİ | Atatürk University |
sercisli[at]atauni.edu.tr | ORCID: 0000-0001-5006-5687**

He graduated as the top-scoring student from the Department of Horticulture, the Faculty of Agriculture, Atatürk University, in 1989. In the same year, he started to work as a research assistant at Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Fruit Growing and Breeding. He completed his master's degree at Atatürk University, Institute of Science, Fruit Growing and Breeding Department in 1992. He completed his doctorate at the same Institute in 1996. He was appointed as Assistant Professor in 1996. Between 1997-1998, he continued his studies with his own means on Plant Biotechnology at the University of Nebraska, Faculty of Natural Sciences, USA for 15 months. He received the titles of Associate Professor in 2000 and Professor in 2005. He chaired 20 international congresses and symposiums on Plant Biotechnology. Between 2014-2016, he was the editor-in-chief of "Biochemical Genetics", published by "Springer". Since 2014, he has been the editor-in-chief of the "Turkish Journal of Agriculture and Forestry", published by "TÜBİTAK". Since the establishment of Atatürk University, he has held the title of academician with the most publications in SCI journals at Atatürk University. There are over 10.000 scientific citations to his ongoing academic studies. His H-index is 56. According to Stanford University's 2021 study, he has been ranked as 30.000 among the most successful 100,000 academicians in the world, and as 78 among the academicians from Türkiye on the list. He acts as the representative of Turkish Office of the European Fruit Growers' Association, which is under the umbrella of the European Union, as the president of the World Apricot Union, and as the representative of the Tea and Seagull Council of Türkiye. He has undertaken many administrative duties during his academic life, including the duty of vice-rector between 2016-2020. He is also a member of many scientific associations and has works in various non-governmental organizations. He is currently the head of the Department of Horticulture at the Faculty of Agriculture, as well as being the advisor to the Rector.

**ALTERNATİF PROTEİN KAYNAKLARINA İLİŞKİN
GELİŞMELER, MEVZUAT VE DENETİM**

DEVELOPMENTS, LEGISLATION AND CONTROL OF
ALTERNATIVE PROTEIN SOURCES

**İrfan Erol
Nilay Demir**

Atıf Künyesi: Erol, İ. ve Demir, N. (2024). Alternatif Protein Kaynaklarına İlişkin Gelişmeler, Mevzuat ve Denetim. Şahin, K. (Ed.), *Alternatif Gıda Kaynakları* (s. 47-77) içinde. Ankara Basım Yayın

ALTERNATİF PROTEİN KAYNAKLARINA İLİŞKİN GELİŞMELER, MEVZUAT VE DENETİM

Prof. Dr. İrfan EROL

Atılım Üniversitesi, Lokman Hekim Üniversitesi

Dr. Nilay DEMİR

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı

Özet

Küresel düzeyde artan nüfusun yeterli, dengeli ve sağlıklı beslenmesi amacıyla gıda arz güvenliğinin sağlanması, iklim değişikliği etkilerinin azaltılması ve biyoçeşitliliğin korunması için sürdürülebilir tarımsal üretim ve gıda sistemleri stratejik önem arz etmektedir. Gıda sistemini yeniden şekillendirmek için artan dünya nüfusunun protein talebini karşılayacak alternatif kaynaklara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bölümde, geleneksel gıdalara alternatif olarak sunulan ve sağlık, etik, kültürel, düşük karbon ayak izi, hayvan refahı gibi nedenlere bağlı olarak tüketimi küresel düzeyde artma eğiliminde olan, bitki bazlı süt ve et ürünleri alternatifleri ile yeni/yenilikçi gıda kategorisinde kabul edilen hücre kültürü bazlı et, biyoteknoloji ürünleri, tek hücre proteinleri, makroalgler ve yenilebilir böceklerle ilgili dünyadaki son gelişmelere ve teknolojilere değinilmiştir. Bu kapsamda alternatif protein kaynaklarına dair başta Avrupa Birliği (AB) Yeni Gıdalar Düzenlemesi ile Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ve diğer bazı ülkelerdeki mevcut politika, mevzuat düzenlemeleri ve denetim sistemleri ile özellikle tüketiciyi ilgilendiren etiketleme düzenlemeleri hakkında karşılaştırmalı bilgilere yer verilmiştir.

Anahtar Kelimeler

Alternatif Protein Kaynakları, Bitki Bazlı Et Alternatifleri, Bitki Bazlı Süt Alternatifleri, Hücre Kültürü Bazlı Gıdalar, Yeni Gıdalar Düzenlemesi, Etiketleme, Denetleme

DEVELOPMENTS, LEGISLATION AND CONTROL OF ALTERNATIVE PROTEIN SOURCES

Prof. Dr. İrfan EROL

Atılım University, Lokman Hekim University

Dr. Nilay DEMİR

Republic of Türkiye, Ministry of Agriculture and Forestry

Abstract

It has strategic importance to create sustainable agricultural and food systems to ensure food security and safety, reduce the effects of climate change and protect biodiversity at the global level. In order to reshape the food system, alternative sources are needed to meet the growing protein demand of the increasing world population. This chapter provides basic information on the developments and technologies in the world regarding plant-based dairy and meat product alternatives, which are offered as alternatives to traditional foods and those consumption tends to increase globally due to reasons such as health, ethics, culture, low carbon footprint, animal welfare, and cell-culture based meat, biotechnology products, single-cell proteins, macroalgae and edible insects, which are considered in the new/innovative food category. A literature review provided comparative information on current policy incentives, legislative regulations and control systems regarding alternative protein sources particularly in the European Union (EU) based on Novel Food Regulation, the United States (USA) and other countries.

Keywords

Alternative Protein Sources, Plant-Based Meat Alternatives, Plant-Based Milk Alternatives, Cell-Culture Based Foods, Novel Foods Regulation, Labeling, Control

GİRİŞ

Küresel düzeyde artan nüfusun yeterli, dengeli ve sağlıklı beslenmesi amacıyla gıda arz güvenliğinin sağlanması, iklim değişikliği etkilerinin azaltılması ve biyoçeşitliliğin korunması için sürdürülebilir tarım ve gıda sistemleri stratejik önem arz etmektedir. Gıda sistemini yeniden şekillendirmek için artan dünya nüfusunun protein talebini karşılayacak alternatif kaynaklara ihtiyaç duyulmaktadır. Proteinler insan beslenmesinde vazgeçilemez öneme sahip olmakla birlikte, mevcut üretme ve tüketme şekli, iklim değişikliği başta olmak üzere çevresel, ekonomik ve sosyal birçok sorunu da beraberinde getirmektedir (Swanson vd., 2023).

Birleşmiş Milletler (BM) başta olmak üzere uluslararası kuruluşlar çalışmalarını giderek artan dünya nüfusunun sürdürülebilir beslenebilmesi için gıda ve tarımın iklim değişikliğine adapte olması üzerine yoğunlaştırmaktadır. Bu çerçevede “Paris Anlaşması” (UN Paris Climate Agreement) ve “Sürdürülebilir Kalkınma için 2030 Gündemi” (UN 2030 Agenda for Sustainable Development) daha sürdürülebilir bir gelecek için atılan iki büyük adım olarak nitelendirilmektedir. Aralık 2023’de Dubai’de düzenlenen Birleşmiş Milletler İklim Zirvesinde 130’dan fazla ülke gıdayı iklim eylemine entegre etme taahhüdü olan Taraflar Konferansı (Conference of Parties) COP28’i imzalamıştır. BM Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri-2023 yılı raporunda, 2030 yılına kadar küresel ısınmayı 1.5°C’de tutmak için sera gazı emisyonlarının neredeyse yarıya düşürülmesi gerektiği bildirilmektedir (UN, 2023). Avrupa Birliği (AB) 11 Aralık 2019 tarihinde Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamında, 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarını 1990’a kıyasla en az %55 oranında azaltmayı ve 2050 yılında Avrupa’yı ilk karbon-nötr kıta yapmayı hedeflediğini açıklamıştır. AB bu hedefe ulaşmak için tüm politikalarını iklim değişikliğini esas alarak şekillendireceğini bildirmiştir (EC, 2019).

2022 yılında yayımlanan Alternatif Proteinlerde Kullanılmayan İklim Fırsatı (The Untapped Climate Opportunity in Alternative Proteins) raporuna göre; gıda sistemlerinin mevcut küresel sera gazı (GHG) emisyonlarının %26’sını oluşturduğu, gıda sistemlerindeki enterik metan kaynaklı en büyük sera gazı yayıcısı olan özellikle büyükbaş ruminant hayvan yetiştiriciliğinin küresel emisyonların %15’inden sorumlu olduğu bildirilmektedir (Morach vd., 2022).

Hayvan kaynaklı proteinlere yönelik olarak artan bir küresel talep mevcuttur. Bu durum, ekosistemler ve biyolojik çeşitlilik üzerindeki baskıyı daha da artırmaktadır. Hayvansal üretimin yoğunlaştırılması, iklim değişikliği ve halk sağlığı gibi sürdürülebilirlik hedeflerini de tehdit ederek, çevre koruma, gıda güvenliği ve hayvan refahı üzerine olumsuz etkilere neden olabilmektedir. Bu faktörler, hayvansal üretimin daha sürdürülebilir yollarını geliştirmeye yönelik araştırma

çabalarının yanı sıra, artan protein talebini karşılamak ve küresel gıda arz güvenliğini sağlamak için hayvansal protein tüketiminin en azından bir kısmının bitkiler ve mikroorganizmalar gibi alternatif kaynaklar ile değiştirilebileceği bir “protein geçişine” dayandırılması politikalarını teşvik etmektedir (FAO & WHO, 2019).

Alternatif protein kaynaklarının beslenmede kullanılmasının küresel risklerin azaltılmasında etkili olabileceği bildirilmektedir. Küresel risklerden ilki iklim değişikliğidir. Tarımsal üretim açısından küresel düzeyde ekilebilir tarım arazilerinin sınırlı olmasına karşın iklim değişikliğinden kaynaklanan tehditler giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Gıda sistemi, küresel sera gazı emisyonlarının yaklaşık %21-37’sinden, tatlı su kullanımının %70’inden ve tatlı su kirliliğinin %78’inden sorumlu tutulmaktadır (OECD, 2023; Scarborough vd., 2023). Avrupa Komisyonu’nun yaptığı araştırma da emisyonların üçte birinin arazi kullanımı ve ormansızlaşma, gıda üretimi, paketlenme ve nakliye gibi tarımsal faaliyetler nedeniyle gıda sistemleriyle bağlantılı olduğunu göstermektedir. Gıda sistemleri içerisinde özellikle hayvansal üretimin büyük bir etkisi bulunmakta ve toplam küresel sera gazı emisyonunun en az %16,5’ini oluşturmaktadır.

Küresel risklerden ikincisi nüfus artışı ve demografik değişime bağlı olarak et talebinin artmasıdır. Bu kapsamda 2031 yılına kadar küresel et tüketiminin %15 oranında artacağı tahmin edilmekte ve talepteki büyük artışın düşük ve orta gelirli ülkelerde olması beklenmektedir. Örneğin yalnızca Afrika’da et talebinin 2030 yılında 2010 yılına göre yaklaşık %80 daha yüksek olması tahmin edilmektedir. Dünya çapında üretilen tarımsal ürünlerin üçte birinden fazlası hayvan yemi için, yaşanabilir arazinin %35’i yani 37 milyon km²’si hayvancılık için kullanılmaktadır. Dolayısıyla et talebindeki artış, tarımsal genişleme ve ciddi çevresel sorunları beraberinde getirmekte ayrıca epidemi ve pandemilere neden olabilen zoonotik hastalıklar ve küresel bir tehdit olan antimikrobiyel direnç gelişimi gibi ciddi halk sağlığı sorunlarına da yol açmaktadır (Swanson vd., 2023).

İklim değişikliğiyle mücadelede kritik bir rol oynaması beklenen fermente ürünler ve hücre bazlı et de dahil olmak üzere alternatif protein kaynakları mevcut pazarın yaklaşık %2’sini oluşturmaktadır. Bu oranın, 2035’te %11’e çıkması beklenmekte, teknolojik ilerleme, maliyetin düşürülmesi, üretimin artması, pazarlama ve satışı kolaylaştıran mevzuat değişiklikleriyle et alternatiflerinin daha da hızlı büyüyerek %22’ye çıkması öngörülmektedir. 2035 yılına kadar alternatif proteinlerin %11 pay alınması halinde, CO₂ eşdeğerinde (CO₂e) 0,85 gigatonluk bir azalma beklendiği ifade edilmektedir (Morach vd., 2022).

Bitki bazlı proteinlere olan tüketici ilgisi dünya çapında arttıkça, perakendeciler ve üreticiler yeni ürünler sunmaya, stratejik ortaklıklar geliştirmeye ve yeni üretim tesisleri kurmaya yönelmektedir. GFI (The Good Food Institute, 2022a) raporuna göre; bitki bazlı et ve deniz ürünleri perakende sektörü, 2022 yılında küresel satışlardan 6,1 milyar dolar elde ederek dolar bazında %8, ağırlık bazında ise %5 artış göstermiş, bitki bazlı süt, peynir ve yoğurt üretimi ise küresel ölçekte 2021'e göre %7 artışla 21,6 milyar dolara ulaşmıştır.

Bitki bazlı proteinlere ek olarak çiftlik hayvanları yerine doğrudan hayvan hücre kültürlerinden et elde edilmesi esasına dayalı olan hücre kültürü bazlı gıda üretimi geleneksel hayvancılık ve tarım sistemine sürdürülebilir bir alternatif olarak ortaya çıkmıştır (FAO & WHO, 2023). Hollanda'da Maastricht Üniversitesinde Prof. Mark Post tarafından 2013 yılında ilk kez hücre kültürü tekniğiyle geliştirilen hamburgerin elde edilmesinden bu yana, hayvan kesilmesini gerektirmeyen et pazarı yatırımcıların yeni ilgi alanı haline gelmiştir. Singapur, dünyada hücre bazlı etin satış ve tüketimine onay veren ilk ülke ve alternatif protein sanayi için bir merkez olmuştur. Singapur, Kasım 2022 tarihinde rendelenmiş parmesana benzeyen sarı bir toz formundaki Solein proteininin ticari satışını onaylayan ilk ülke konumundadır. Solein, bakterilerin karbondioksit, hidrojen ve oksijen gibi gazlar ve mineralleri kullanarak ürettiği mikrobiyel bir proteindir (Lu, 2022).

Haziran 2023 tarihinde, USDA' nın (Amerikan Tarım Bakanlığı, Department of Agriculture) Upside Foods ve Eat Just's Good Meat için düzenleyici onay vermesinin ardından, hücre kültürü bazlı etin ABD pazarına girmesi resmi olarak onaylanmıştır. Bu onay, sektör için bir dönüm noktası olarak kabul edilmektedir. Eat Just 2018 yılında hücre kültürü bazlı Japon wagyu ırkı sığır eti üretmek için bir Japon et üreticisi ile ortaklık kurmuştur. Rusya'da 3D baskılı hücre bazlı tavuk etlerinin (nugget) bir restoran zincirinde satılması onay beklemektedir. Deniz ürünleri için de FDA süreci olduğu bilinen şirketler bulunmaktadır. ABD'deki bu gelişmelerin, İsrail ve Japonya da dahil olmak üzere diğer ülkelerde hücre kültürü bazlı et onaylarının önünü açacağı şeklinde değerlendirilmektedir. Çin'in 2022 Beş Yıllık Tarım Planında hücre kültürü bazlı ete yer verdiği bildirilmektedir (Poinski, 2020; GFI, 2022b; Poinski, 2023).

Diğer taraftan, tüketicilerin hücre kültürü bazlı etin tam olarak ne olduğunu anlamakta güçlük çekmesi, hali hazırda bu ürünlerin yalnızca üst sınıf restoranlarda bulunması ve üretim sürecinin hala pahalı olması bu sektörde yaşanan olumsuzluklar olarak değerlendirilmektedir. ABD'de USDA-FSIS'nin (Gıda Güvenliği ve Denetim Servisi; Food Safety and Inspection Service) mevcut düzenlemeleri, hücre kültüründen elde edilen bu ürünleri hayvan kaynaklı ürünlerle aynı kategoride değerlendirmektedir. Hücre kültürü bazlı ürünlerin etiketleme kuralları açısından da sorunlar yaşanmaktadır.

USDA bu ürünlere etiket onayını hücre kültürü tavuk “*cell-cultivated chicken*” adıyla vermiştir (Poinski, 2023). Buna karşın Florida eyaletinde Kasım 2023 tarihinde hücre kültüründen elde edilen etin üretimi, satışı, bulundurulması ve dağıtımını yasaklayan kanun teklifi verilmiştir (Flood, 2023a, 2023b).

Avrupa’da ise İsviçre’de Aleph Farms, Temmuz 2023’de İsviçre Federal Gıda Güvenliği ve Veterinerlik Ofisi’ne (FSVO) onay için başvuruda bulunan ilk şirket olmuştur (Poinski, 2023). Avrupa Birliği’nde hücre kültürü bazlı et ürünlerine henüz izin verilmemiştir. Merkezi Parma’da bulunan AB Gıda Güvenliği Kurumu EFSA (European Food Safety Authority), henüz bu tür ürünler için herhangi bir başvuru almamıştır (Flood, 2023b). İtalya senatosu, Mart 2023 tarihinde insan ve hayvan tüketimi için hücre kültürü bazlı etlerin üretimini ve ticarileştirilmesini yasaklayan bir yasa tasarısını onaylamıştır (Sabelli, 2023).

Böcekler, algler, su mercimeği ve kolza tohumu gibi yeni protein kaynakları, hayvansal proteinlere alternatif olmak üzere üretilmektedir. Bununla birlikte, alternatif protein kaynaklarının gıda güvenilirliği yönleri yeterince bilinmemekte, birçok ülkede bu ürünlere yönelik tanımlama, etiketleme dahil olmak üzere mevzuat düzenlemeleri ve denetimlerde farklılıklar bulunmaktadır.

Bu bölümde, alternatif protein kaynaklarına yönelik küresel gelişmeler ile mevzuat düzenlemeleri ve denetim konularına yer verilmiştir.

ALTERNATİF PROTEİN KAYNAKLARI

Alternatif proteinler, bitkilerden veya hayvan hücrelerinden veya fermentasyon yoluyla üretilen ve geleneksel olarak üretilen proteinlerle karşılaştırıldığında toprak, su, gübre vb. daha az girdi gerektiren, sera gazı emisyonları ve kirlilik gibi çok daha az olumsuz dışsallığa neden olan gıda kaynakları olarak tanımlanmaktadır (Swanson vd., 2023).

Entomofaji veya böceklerin son zamanlarda önemli bir alternatif protein kaynağı olarak insanlar için gıda veya su ürünleri, kümes ve çiftlik hayvanları için yem maddesi olarak kullanılabileceği değerlendirilmektedir. Toplam bir milyondan fazla böcek türünden yaklaşık 2000 yenilebilir böcek türü bulunmaktadır. Böceklerden elde edilen ürünler; ekmek, kurabiye, yufka benzeri tortilla, enerji barları, soslar, makarnalar, tath ve tuzlu atıştırmalıklar, çikolata ve et ürünlerinde kullanılabilmektedir (Gürsoy, 2022).

Alternatif proteinlerin üç temel üretim yöntemi bulunmaktadır: (1) Bitki bazlı proteinler: Piyasada en yaygın olarak bulunan ve hayvansal olmayan kaynaklardan elde edilen proteinlerle yapılır ve et ürünlerinin duyusal niteliklerini ve besleyici

özelliklerini sağlamak için üretilir. (2) Fermentasyon ürünleri: Bir ürünün besinsel biyoyararlılığını artırmak amacıyla kullanılır ve genel olarak hayvansal ürünlere benzeyen alternatif proteinlere dayalıdır. Günümüzde mikoprotein (mantar bazlı proteinler) alternatif protein ürünleri piyasada bulunmaktadır. (3) Hücre kültürü bazlı ürünler: Hayvan hücre kültürlerinden elde edilen ürünlerdir (Swanson vd., 2023).

Bitki Bazlı Süt Alternatifleri

Bitki bazlı süt alternatifleri (BBSA); fındık, ceviz, Hindistan cevizi, kaju fıstığı ve badem gibi sert kabuklu meyveler; susam, keten ve kenevir gibi yağlı tohumlar; pirinç ve yulaf gibi tahıllar; soya dahil baklagillerden üretilen ve süt, yoğurt, peynir gibi süt ürünlerine benzer özellikler sunmayı amaçlayan, ancak duyuusal özellikleri bakımından farklılık gösteren ürünlerdir. BBSA'ların besin içerikleri, üretildiği kaynağa (örneğin, “badem sütü” ve “yulaf sütü”), işleme yöntemlerine, vitamin ve minerallerle zenginleştirilmesine, şeker ve yağ gibi diğer bileşenlerin eklenmesine bağlı olarak değişmektedir (FDA, 2023a).

Süt alternatiflerinin süt proteinine alerjisi olanlar veya laktozu sindirmekte zorlananlar (laktoz intoleransı) için uygun bir alternatif ve protein kaynağı olmaları, çoğunda doymuş yağ oranının düşük olması, tekli ve çoklu doymamış yağlar gibi sağlıklı yağları içermeleri, sütlerde bulunmayan bir miktar lif içermeleri ayrıca kalsiyum, D ve B12 vitamini olmak üzere mikro besin elementleri ile zenginleştirilmiş olmaları olumlu olarak değerlendirilmektedir. Buna karşın; piyasada bulunan bitki bazlı süt alternatiflerinin çoğunun zenginleştirilmemiş olması, zenginleştirilmiş olsalar bile diyetle yeterli kalsiyum, esansiyel aminoasitler ve diğer temel besinleri sağlayamamaları; inek sütünden daha pahalı olmaları; inek sütünün içermediği koruyucu maddeler, kıvam arttırıcılar, stabilizatörler ve bir çok markanın ilave şeker içermeleri olumsuzluklar arasında sayılmaktadır. Ayrıca bitki bazlı süt alternatiflerinin yeterince çevre dostu olmamaları da diğer bir olumsuzluk olarak görülmektedir (Shubbrook, 2023).

Güncel literatürde bitki bazlı süt alternatiflerinin besleyici özellikleri ve tüketici tercihlerini inceleyen çok sayıda araştırma bulunmaktadır. ABD’de 2023 yılında yayımlanan bir çalışmada, bitki bazlı süt alternatifleri magnezyum, fosfor, selenyum ve çinko gibi bazı mineraller yanında çevresel kirlenici elementler olan arsenik, kadmiyum ve kurşun açısından incelenmiştir. Bu ürünlerin arsenik ve kadmiyum elementleri de dahil olmak üzere eser miktarda çevresel bulaşan içerdiği saptanmıştır (Redan vd., 2023). Süt genellikle D vitamini ve kalsiyum mikro besin maddelerinin kaynağı olarak görüldüğünden, bitki bazlı süt alternatifleri de genel olarak sütte bulunan miktarlara uyacak şekilde mikro besinlerle yaygın olarak zenginleştirilmektedir. Bununla birlikte, bitki bazlı içeceklerin hiçbirinin süt ikamesi olarak düşünülmemesi gerektiği bildirilmektedir. Pérez-Rodríguez vd. (2023) tarafından İspanya’da yapılan ve süt alternatifi bitki bazlı içeceklerin besleyici özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada; soya bazlı içecekler hariç, diğer ürünlerin

kalsiyum ve D vitamini ile zenginleştirilmiş olmalarına rağmen, süte nazaran daha düşük protein ve kalsiyum içeriğine sahip oldukları ve bu nedenle de süte alternatif olarak değil de kendi besleyici ve fonksiyonel özellikleri ile zengin çözünür lif veya doymamış yağ asitleri içerikleriyle değerlendirilmeleri gerektiği bildirilmiştir.

Bitki Bazlı Et Alternatifleri

Bitki bazlı et alternatifleri, lifli yapıları ile geleneksel et ürünlerine benzer yapı ve duysal özelliklere sahip ürünlerdir. Taklit edilmek istenilen et ürününün türüne bağlı olarak çeşitli teknikler geliştirilmiştir. Kas-et tipi ürünleri taklit etmek için yeni teknolojilere ihtiyaç duyulurken, lifli bitki protein materyallerine yönelik farklı yapılandırma teknikleri mevcuttur. Uygulanan yöntemle kas hücreleri, miyofibriller, miyozin ve aktin proteinleri ile sarkomerler olmak üzere nano ölçekten makro ölçeğe kadar bir hiyerarşi ile kasın yapısal organizasyonu taklit edilmektedir. Bu yapısal elemanlar, hücre kültürü veya filamentli mantarların biyokütle üretimi ile oluşturulabileceği gibi, elektrospinning yöntemiyle miyofibrillere benzer büyüklükte olabilen protein fibrilleri veya lifleriyle de elde edilebilmektedir. Bu fibril veya lifler daha sonra enzimler yardımıyla çapraz bağlanarak veya yumurta proteini ve glüten gibi bağlayıcı maddelerle karıştırılarak birleştirilebilmektedir (Dekkers vd., 2018).

Et alternatifleri genel olarak; bitki bazlı (baklagil ve tahıl proteinleri), hücre kültürü bazlı (in vitro veya kültürlenmiş et), fermentasyon bazlı (mikoproteinler) olabileceği gibi mikroalgler ve böcek proteinlerinden de elde edilebilmektedir (Sha & Xiong, 2020; Xiong, 2023).

Baklagil ve Tahıl Proteinleri: Baklagiller (fasulye, bezelye ve mercimek) ve tahıllar (buğday, mısır, pirinç, yulaf vb.) zengin protein kaynaklarıdır. Alternatif ürünün, doğranmış bir et analoğu olmadıkça, kas fibrillerini taklit etmek için lifli bir forma dönüştürülmesi gerekir. Glüten polipeptitleri ise lifli şekilli, glutamin ve prolin açısından zengindir ve ürün yapısını desteklemektedir. Proteinleri izole etmek için hem ıslak ekstraksiyon hem de kuru fraksiyonlama işlemleri kullanılabilmektedir.

Mikroalg Proteinleri: Mikroalgler, yaklaşık 200,000 türü kapsayan geniş bir deniz bitkileri grubudur. Doğal ve etkili mikroalgler %40 ila %60 arasında değişen düzeyde yüksek protein içeriğine sahiptir. Alternatif protein pazarındaki iki baskın tür olan *Spirulina* ve *Chlorella* ise %77'ye varan protein içeriğine sahiptir.

Mikoproteinler: Mikrobiyel proteinler, fermentasyon yoluyla bakteri, maya ve küflerden elde edilen tek hücreli proteinlerdir. Mantar proteinleri olarak da bilinen mikoproteinler, et alternatiflerinin yapı taşı olarak başarıyla kullanılan mantarlardan elde edilir. Filamentli fermente protein, yumurta albumini veya bitki özü ile bağlanır, daha sonra buharda pişirilir ve soğutulur. Yapılandırılmış misel, kas liflerini taklit edebilmekte ve bu şekilde et benzeri ağız hissi ve dokusu verebilmektedir.

Böcek Proteinleri: Böcekler, nispeten yüksek protein içeriği (%40-70'e kadar) ve kolay üretimleri nedeniyle et alternatifi için değerli protein kaynakları olarak kabul edilir. Doğada bulunan 2000'den fazla böcek türü yenilebilir olarak kabul edilir; buna embriyo, larva ve yetişkin aşamaları dahildir. Farklı lezzetleri (tat dışı) ve tüketicilerin neofobisi nedeniyle, genellikle morfolojilerini yok etmek için toz haline getirilir ve gıdalarda katkı olarak kullanılır.

Bitki bazlı alternatiflerin üretiminde, hayvansal protein bazlı ürünlerin sahip olduğu doku, görünüm, lezzet ve ağız hissini oluşturmak ve taklit etmek için çeşitli fonksiyonel bileşenler ile termo-ekstrüzyon, kesme, eğirme ve çapraz bağlama gibi yoğun teknolojik işlemlere gereksinim vardır. Bu işlemler, proteinlerin doğal yapılarının, proteinler ve karbonhidrat polimerleri arasındaki etkileşimi teşvik etmek için katlanmamış, denatüre bir forma dönüştürülmesini sağlar. Ayrıca, et benzeri bir görünüm kazandırmak için kırmızı pigmentler eklenir ve etle karşılaştırılabilir bir besleyici seviye oluşturmak için de çeşitli vitamin ve minerallerle takviye edilir. Bu nedenle, belirli bir et ürününü taklit etmeyi amaçlayan bitki bazlı alternatifler genellikle ultra işlenmiş gıda ürünleri olarak sınıflandırılabilir (Benjamin vd., 2023).

Beslenme değeri açısından incelendiğinde; hayvan kaynaklı proteinler, insan beslenmesi için uygun tam bir esansiyel amino asit profili sağlarken, kas dışı proteinler için aynı durum geçerli değildir. Örneğin, baklagiller metiyonin yönünden, kas benzeri fibrilleri taklit etmek için kullanılan fibrinöz tahıl proteinleri de lizin bakımından düşüktür. Proteinlere ek olarak, yenilebilir bitki materyalleri genellikle ette doğal olarak bulunan çeşitli vitaminler (örneğin B vitamini) ve temel eser mineraller (demir, çinko, selenyum) açısından eksiktir. Ayrıca, bitki proteini fibrilizasyonu için kullanılan ultra yüksek işlem sıcaklıkları toksin oluşumunu (ileri glikasyon, lipid oksidasyon son ürünleri, vb.) teşvik edebilmekte ve bazı fonksiyonel katkı maddeleri de (örneğin karboksimetilselüloz ve İrlanda yosunu) bağırsak iltihabına neden olabilmektedir.

Bitki bazlı et alternatiflerinin et ve et ürünlerine göre iddia edilen avantajlarından biri beslenme ve sağlık açısından daha iyi olmasıdır. Ancak, bu tür alternatif ürünlerin çoğu yüksek oranda işlenmiş gıdalar olup, güçlü işleme şeması nedeniyle yapılarında doğal olarak bulunan veya takviye olarak eklenen bazı önemli mikro besin maddelerini kaybeder. Bitki bazlı et alternatifleri formülasyonuna eklenen inorganik minerallerin kas dokusunda doğal olarak bulunan organik demir (hem), çinko, selenyum ve diğer eser minerallere eşdeğer biyolojik etkinliğe sahip olup olmadığının bilinmemesi ve bu ürünlerin doymuş yağ ve yüksek tuz içeriği dikkate alınması gereken hususlardır. Ayrıca bu ürünler titanyum dioksit, metil selüloz ve lesitin gibi normal et ürünlerine yaygın olarak eklenmeyen koruyucular, stabilizatörler ve renklendiriciler dahil olmak üzere çok sayıda katkı maddesi içerebilmektedir (Alae-Carew vd., 2022).

Birçok böcek bazlı ve mikroalg protein ürünü için ortak gıda güvenliği endişesi, biyoaktif toksinler ve alerjenlerdir. Ayrıca, ekosistemden kaynaklanan pestisit kalıntıları ve ağır metal bulaşanları riski de bulunmaktadır (Xiong, 2023).

Hücre Kültürü Bazlı Et Alternatifleri

Hücre kültürü bazlı et (kültürlenmiş et, in vitro et, yapay et, laboratuvar eti), biyomühendislik teknolojileri kullanılarak laboratuvar şartlarında üretilen et olarak tanımlanabilir. Çiftlik hayvanları yerine doğrudan hayvan hücre kültürlerinden ürünlerin elde edilmesi esasına dayalı olan hücre bazlı gıda üretimi geleneksel hayvancılık ve tarım sistemine sürdürülebilir bir alternatif olarak ortaya çıkmıştır. Bu yöntemle sığır, domuz, kümes hayvanları, balık, karides, yengeç, istakoz ve hatta kangurulardan elde edilen kas ve yağ dokuları kullanılarak çeşitli son ürünler geliştirilebilmektedir. Hücre kültürü bazlı etin ekonomik yönden uygulanabilirliği büyük ölçüde ihtiyaç duyulan ortam ve büyüme substratlarının miktarına ve fiyatına bağlıdır. Hücre kültürleri için en iyi gelişme ortamının buzağı kanından elde edilen fetal sığır serumu (FBS) olduğu bilinmektedir. Gebe ineklerin kesimi sırasında elde edilen FBS pahalı bir üründür ve kullanımı hayvan refahı ilkelerine ters düşmektedir. Bu durumu dikkate alan araştırmacılar daha ucuz ve sentetik besiyerleri geliştirmek için çalışmaktadır.

Kültürlenmiş et veya su ürünleri üretmek için canlı hayvandan hücreler alınarak, bir biyoreaktörde çoğalmalarını sağlayan büyüme ortamı içerisinde tutulur. Hücreler, farklılaşma adı verilen bir süreçle kas ve yağ hücrelerine dönüştürülür. Hücre bazlı et üretimine ilişkin karmaşık süreç genel olarak dört aşama halinde özetlenebilir:

1. Numune Alımı ve Hücre Seçimi: Hücre kültürü bazlı et üretimi bir hayvanın dokusundan alınan kas örneğiyle başlar; bu aşama hayvanın zarar görmesini veya ölmesini gerektirmeyen bir süreçtir. Numuneden bazı hücreler seçilir, ayrılır ve daha sonra kullanılmak üzere depolanacak bir hücre “bankası” oluşturmak için geliştirilir.

2. Hücre Çoğaltılması: Hücre bankasından az sayıda hücre alınır ve uygun besin maddeleri ve diğer faktörleri sağlayarak büyümeyi ve hücresel çoğalmayı destekleyen ve sıkı bir şekilde kontrol edilen ve izlenen bir ortama (tipik olarak, artan boyutta bir dizi kapalı steril kap) yerleştirilir.

3. Hücre Farklılaşması: Hücreler milyarlarca veya trilyonlarca hücreye çoğaldıktan sonra, kontrollü ortama besin maddeleri, büyüme faktörleri, hücre bağlanması için yeni yüzeyler vb. ilave edilerek çeşitli hücre tiplerinin kas, yağ veya bağ doku hücrelerine farklılaşması sağlanır.

4. Üretim: Hücreler istenen tipte farklılaştığında, hücresel materyal kontrollü ortamdan toplanır ve geleneksel gıda işleme yöntemleri kullanılarak ürün formunda hazırlanır ve paketlenir (FDA, 2023c, Miyake vd., 2023).

Hücre bazlı et, geniş anlamda, hayvan hücreleri içeren hibrit bir üründür. Doku kültürü dışındaki diğer bileşenler, ürünün büyük kısmını formüle etmek için bitkilerden, alglerden, bakterilerden veya mantarlardan elde edilebilir. Buna ek olarak, ürünün teknolojik ve duyuşal özelliklerini geliştirmek için renklendiriciler, bağlayıcılar, lezzet verici maddeler gibi sentetik bileşenler de eklenebilir. Nihai ürün tipik olarak sosis, hamburger ve tavuk eti (nugget) üretiminde kullanılan kıymaya benzer formda şekillendirilir.

ALTERNATİF GIDALARIN MEVZUATI VE DENETİMİ

İklim değışikliğı ve ormansızlaştırma ile mücadele, artan protein ve özellikle et tüketimi talebini karşılama ihtiyacı, gıda sistemlerinin çevresel karbon ayak izinin azaltılması, mevcut bilimsel ve piyasa gelişmeleri, sağlık vb. nedenlerle değışen tüketici tercihleri, alternatif protein kaynaklarına olan ilginin artmasına sebep olmuştur. Yeni küresel politikalar, et tüketimini azaltarak tüketicileri bitkisel beslenmeye doğru yönlendirmek olsa da, bu tüketim şeklinin ve yeni gıdaların insan sağlığı üzerine potansiyel etkileri de tartışılmaktadır (FAO & WHO, 2019).

Alternatif protein kaynakları; bitki bazlı, hayvan bazlı, geleneksel olmayan, biyoteknoloji ürünleri (tek hücre proteinleri) ve hücre kültüründen türetilen gıdalar olmak üzere farklılık arz etmektedir. Dolayısıyla alternatif gıdaların mevzuat ve uygulamaları da bu doğrultuda şekillenmektedir. Bu ürünlerin mevzuat düzenlemelerindeki temel ilkeler; i) tüketiciler için güvenli olmaları, ii) tüketicileri yanıltmamak adına uygun şekilde etiketlenmiş olmaları ve iii) başka bir gıdanın yerini almasının amaçlanması halinde, yeni gıdanın tüketimi ile tüketici için beslenme açısından dezavantajlı olacak şekilde farklılık göstermemesidir.

Bitki bazlı alternatif gıdalar; soya fasulyesi, nohut, mercimek, bezelye gibi protein yönünden zengin bitkilerden üretilmiş olmaları nedeniyle genel gıda mevzuatı hükümlerine tabidir ve ek düzenlemeler etiketleme, besin içerikleri ve tüketicinin doğru bilgilendirilmesi amacıyla yapılmaktadır.

Etiketleme, tüm dünyada alternatif gıdalarla ilgili önemli bir tartışma konusu haline gelmiştir. ABD’de Gıda ve İlaç Dairesi (FDA), Şubat 2023 tarihinde, bitki bazlı süt alternatiflerinin “soya sütü” ve “badem sütü” gibi ifadelerle satışına izin veren “Bitki Bazlı Süt Alternatiflerinin Etiketlenmesi ve Gönüllü Besin Beyanları: Endüstri için Kılavuz” taslağını oluşturmıştır. Kılavuz ayrıca gönüllü besin beyanlarının kullanımına ilişkin tavsiyeleri de içermektedir.

Örneğin, FDA'ya göre ürün etiketlerinde “Süte göre daha düşük miktarda D vitamini ve kalsiyum içerir” veya “Süte oranla %50 daha fazla kalsiyum içerir” gibi olumlu ve olumsuz ifadeler yer alabilmektedir (FDA, 2023a).

ABD’de bitki bazlı süt alternatiflerinin “süt” adıyla satışlarına izin verilirken (FDA, 2023b), AB’de 1308/2013 sayılı Yönetmeliğin (AB) Ek VII’sinde belirtilen korumalı süt ürünleri terimleriyle tanımlamalarına izin verilmemektedir. AB Yönetmeliğine (1308/2013) göre süt; “herhangi bir katkı veya ekstraksiyon olmaksızın bir veya daha fazla sağımdan elde edilen normal meme salgısı” olarak tanımlanmaktadır. Avrupa Adalet Divanı’nın 2017 yılında aldığı bir karar da bu mevzuatı teyit ederek, “ürünün üzerinde hayvandan elde edilmediği ne kadar açık bir şekilde belirtilmiş olursa olsun, yine de süt ürünleri terimleriyle etiketlenemeyeceği” belirtilmiştir. ABD düzenlemelerinin aksine, Avrupa Adalet Divanı 63/17 sayılı basın açıklaması ile bitki bazlı ürünlerin “süt” ürünleri olarak tanımlanamayacağını ve bunların “bitki bazlı içecekler” olarak adlandırılması gerektiğini bildirmektedir. Avrupa Adalet Divanı 2017’de “soya sütü” ve “vegan peynir” gibi ifadeleri yasaklamış ve yoğurt, krema vb. süt ürünü olmayan tüm ürünler için süt, tereyağ, krema, yoğurt ve peynir terimlerinin kullanılmasını sona erdirmiştir (EVU, 2021; CVRIA, 2017; Food Compliance, 2023).

Süt ürünü tanımına girmeyen ürünler, yalnızca adın 2010/791/EU sayılı Komisyon Kararı kapsamında listelenmesi halinde korunan coğrafi işaretleri kullanabilmektedir. Dolayısıyla belirli bir terim bir üye devlette ve onun resmi dilinde izinli olabilirken, çevirisine diğer üye devletlerde izin otomatik olarak verilmemektedir. Örneğin, Fransa’da ‘lait d’amande’ (badem sütü) kullanımına izin verilirken, İngiltere’de İngilizce (almond milk) ‘badem sütü’ kullanımına izin verilmemektedir (Leialohilani & Boer, 2020).

Geleneksel olarak hayvan etine atıfta bulunmak için kullanılan terimler bitki bazlı ürünlerin pazarlanması için de benimsenmiş durumdadır. Bu konuda ABD veya AB düzeyinde yasal bir düzenleme ya da engel bulunmamaktadır. Ancak, ABD Ulusal Sığır Yetiştiricileri Birliği, Şubat 2018’de bitki bazlı et alternatiflerinin ve hücre kültürü bazlı etin, Federal Et Muayenesi Yasasına (FMIA) aykırı olarak “yetiştirilen ve kesilen hayvanlardan elde edilmediği” ve tüketiciyi yanlış yönlendireceği gerekçesiyle “et” adıyla satışının yasaklanması için Amerikan Tarım Bakanlığı’na (USDA) dilekçe sunmuştur. ABD’deki bazı eyaletlerde et alternatiflerinin geleneksel et ürünlerini tanımlamak için yaygın olarak kullanılan kelime ve tanımlarla etiketlenmesini yasaklayan düzenlemeler de bulunmaktadır (Diamantas & Laudon, 2022).

Fransa, tüketicileri yanlış yönlendirdiği gerekçesiyle vejetaryen gıdaların ambalajlarında “vejetaryen sosis” ve “vegan pastırma” gibi et benzeri terimlerin kullanılmasını yasaklamıştır. Fransa’da soya, bezelye veya diğer baklagillerden yapılan etsiz ikamelerin ”burger”, ”biftek”, “sosis”, “fileto”, “jambon” veya “tavuk” gibi terimler içermesine izin verilmemektedir.

Avrupa Komisyonu’nun bitki bazlı ürünler için ‘et tanımlamalarına’ yasak getirme niyetinde olmadığını defalarca belirtmesine rağmen, Almanya ve Fransa gibi üye ülkelerde vejetaryen alternatiflerin pazarlanmasını ulusal düzeyde kısıtlamaya yönelik girişimler olmuştur. Bu kapsamda Avrupa Parlamentosu’nda 2019 yılında ek bir girişim başlatılmıştır. Ortak Tarım Politikası (Common Agricultural Policy, CAP) reformuna ilişkin müzakerelerde Parlamento’nun Sorumlu Tarım Komitesi (AGRI), Ortak Pazar Organizasyonu’nda (Common Organization for Agricultural Marketing, CMO), ‘burger’ veya ‘sosis’ gibi genel terimler de dahil olmak üzere alternatif ürünler için tüm “et” isimlendirmelerini yasaklayacak bir değişiklik önerisini kabul etmiştir (Seehafer & Bartels, 2019).

Alternatif protein üretimlerinde yeni bileşenlerin (ör. leghemoglobin, maş fasulyesi) veya besin değerini değiştirebilecek yenilikçi üretim ve işleme yöntemlerinin kullanılması halinde, söz konusu ürün ”yeni gıda” olarak sınıflandırılmakta ve yetkili kurumlardan alınan onay işlemine tabi olmaktadır. Örneğin, Avrupa Birliği’nde içeriklerinin yeni olup olmadığına bakılmaksızın üretim süreçleri nedeniyle 3D baskılı gıdalar veya ışınlanmış süt vb. yeni gıda olarak kabul edilmektedir (Campden BRI, 2021).

Avrupa Birliği

Avrupa Birliği, “Yeni gıdalar” (Novel Foods) mevzuatı kapsamında düzenleme yapmaktadır. AB’de Yeni gıdalar bu ilkelere uygun bir değerlendirme temelinde piyasa öncesi izne tabidir. Yeni gıdalar, 15 Mayıs 1997’den önce AB sınırları içerisinde önemli ölçüde insan tüketimi için kullanılmamış herhangi bir gıda veya madde olarak tanımlanmaktadır. Bu tanım, yeni geliştirilen, yenilikçi gıdalar veya yeni teknolojiler ve üretim süreçleri kullanılarak üretilen gıdaların yanı sıra geleneksel olarak AB sınırları dışında tüketilen gıdaları kapsamaktadır.

Yeni Gıda Yönetmeliği (EU) 2015/2283, 11.12.2015 tarihinde AB’nin Resmi Gazetesinde yayımlanmış, Yönetmelik hükümleri 1 Ocak 2018 tarihinden itibaren geçerli kılınmış, 27.03.2021 tarihinde revize edilmiştir. Bu yönetmelik, yeni ve yenilikçi gıdaların üretimleri ve AB pazarına girişte beş yıl geçerli olan onay işlemlerini düzenlemektedir. Düzenleme tarihinden itibaren, AB tarafından kullanım için onay talebi olan 90’dan fazla yeni gıdaya izin verilmiştir.

AB’de Yeni Gıdaların temelinde yatan ilkeler;

- i. tüketiciler için güvenilir olması,
- ii. tüketicilerin yanıltılmaması için uygun şekilde etiketlenmiş olması,
- iii. başka bir gıdanın yerini almasının amaçlanması halinde yeni gıdanın tüketimi ile tüketici için beslenme açısından dezavantajlı olacak şekilde farklılık göstermemesidir.

AB’de Yeni Gıdalar aynı zamanda (EU) 1169/2011 sayılı Yönetmelikte belirtilen genel etiketleme gerekliliklerine de tabidir. Tüketicinin uygun şekilde bilgilendirilmesi için gerekli olması halinde, yeni bir gıdanın etiketlenmesi için özel ek gereklilikler de uygulanabilmektedir. Herhangi bir beslenme ve sağlık iddiası ise 1924/2006 sayılı Sağlık ve Beslenme İddiaları Yönetmeliği (EC) gerekliliklerine uygun olarak yapılmalıdır.

Yeni Gıda Yönetmeliğinin 3’üncü maddesinde yeni gıdalar aşağıda verilen kategorilerde tanımlanmıştır:

- a. geleneksel yetiştirme uygulamaları ile elde edilen ve 15 Mayıs 1997 tarihinden önce Birlik içinde gıda üretimi için kullanılan hayvanlar ve bu hayvanlardan elde edilen gıdanın Birlik içinde güvenli gıda kullanımı geçmişi olanlar hariç olmak üzere, hayvanlar veya bunların parçalarından oluşan, bunlardan izole edilen veya üretilen gıdalar,
- b. hayvan, bitki, mikroorganizma, mantar veya alglerden elde edilen hücre kültürü veya doku kültüründen oluşan, izole edilen veya üretilen gıdalar,
- c. bir gıdanın bileşiminde veya yapısında önemli değişikliklere yol açan, besin değerini, metabolizmasını veya istenmeyen maddelerin seviyesini etkileyen, 15 Mayıs 1997 tarihinden önce Birlik içinde gıda üretimi için kullanılmayan bir üretim sürecinden kaynaklanan gıdalar.

1829/2003 (EC) sayılı Yönetmelik kapsamına giren genetiği değiştirilmiş gıdalar yeni gıda kapsamında değildir. Bununla birlikte eğer yeni gıda, üretiminde genetik mühendisliği de kullanılmışsa bu durumda ek olarak “genetiği değiştirilmiş” ürün mevzuatı kapsamında da değerlendirilme yapılmaktadır. Yeni Gıda Yönetmeliği yürürlüğe girmeden önce AB ülkelerinde tüketilmeleri nedeniyle yeni gıda yönetmeliği kapsamına girmeyen mikroorganizmaların çoğu siyanobakteriler ve mikroalgler olup; üç *Chlorella* türü, *Arthrospiraplatensis* ve *Spirulina* sp. *spirulina* olarak pazarlanan çeşitli türleri ve bir siyanobakteri türü olan *Aphanizomenon flosaquae*’yi içermektedir. Yine *Fusarium venenatum* fungusunun mikoproteininden üretilen Quorn, Birleşik Krallık’ta 1985’te piyasaya çıkmış ve 1990’larda Avrupa’da birçok ülkede tüketime sunulmuştur. Quorn, AB pazarına Yeni Gıda Yönetmeliği’nden önce girmiş olduğundan yeni gıda kapsamında yer almamaktadır.

2015/2283/EU sayılı Yönetmelik uyarınca, merkezi bir yetkilendirme sistemi oluşturulmuştur. EFSA yeni gıda başvurusu için bilimsel risk değerlendirmesi yaparken, Komisyon başvuru sahibinin dosyalarını yöneterek, güvenli olduğu tespit edilen yeni gıdanın ruhsatlandırılması için teklif oluşturmaktadır.

Gıda işletmecileri yeni bir gıdayı AB pazarına ancak, Komisyon yeni bir gıdanın ruhsatlandırılması için yapılan bir başvuruyu işleme koyduktan ve yeni bir gıdanın piyasaya sürülmesine izin veren bir uygulama düzenlemesini kabul ettikten sonra ve İzinli Yeni Gıdalara İlişkin Birlik Listesinin güncellenmesinin ardından sürebilmektedir. Liste, Yeni Gıdaların Birlik Listesini oluşturan 20 Aralık 2017 tarih ve 2017/2470 sayılı Komisyon Uygulama Yönetmeliği ekinde ve internet sitesinde yayımlanmaktadır. Listede kullanım koşulları, etiketleme gereklilikleri ve ürün özellikleri yer almaktadır.

2015/2283 sayılı Yönetmeliğin (AB) 4. Maddesi uyarınca, gıda işletmecileri AB pazarına sürmeyi planladıkları gıdanın yeni gıda mevzuatı kapsamına girip girmediğini doğrulamakla yükümlüdür. Diğer taraftan, Komisyon da belirli bir gıdanın yeni gıda tanımına girip girmediğine karar verebilir. Bir gıdanın yeni gıda statüsüne ilişkin sonuca ulaşıldığında, bu sonuç Komisyon tarafından web sayfasında yayımlanmaktadır. İzin işlemi, ya bir başvuru sahibi (AB ülkesi, AB üyesi olmayan bir ülke veya ilgili bir taraf) ya da Komisyon tarafından başlatılabilir.

Yeni gıdanın insan sağlığını etkileme olasılığı varsa; Komisyon gecikmeksizin ve başvurunun geçerliliğini doğruladıktan sonra en geç 1 ay içinde EFSA'dan bir risk değerlendirmesi yapmasını talep eder. EFSA, Komisyon'dan geçerli bir başvurunun alındığı tarihten itibaren 9 ay içinde görüşünü bildirmelidir. Ancak EFSA'nın başvuru sahibinden ek bilgi talep etmesi halinde süre durdurulabilir.

EFSA'nın görüşünün yayımlandığı tarihten veya EFSA'nın görüşü talep edilmemişse geçerli bir başvurunun alındığı tarihten itibaren 7 ay içinde Komisyon, Bitkiler, Hayvanlar, Gıda ve Yem Daimi Komitesi'ne (SCoPAFF) yeni bir gıdanın piyasaya sürülmesine ve Birlik listesinin güncellenmesine izin veren bir taslak uygulama düzenlemesi sunmalıdır. SCoPAFF, tüm AB ülkelerinin temsilcilerinden oluşur ve bir Avrupa Komisyonu temsilcisi tarafından yönetilir. Düzenlemenin SCoPAFF'tan olumlu oy alması ve Komisyon tarafından kabul edilip yayımlanması halinde, Yeni Gıda AB pazarına yasal olarak girebilir.

Komisyon, izin işlemini herhangi bir aşamada sonlandırabilir. Komisyon süreci sonlandırmaya karar verirken, Üye Devletlerin görüşlerini, EFSA'nın görüşünü ve ilgili diğer yasal unsurları dikkate almak zorundadır. Aynı şekilde, başvuru sahibi de başvurusunu herhangi bir zamanda geri çekebilir (Campden BRI, 2021; DG SANTE, 2023).

Amerika Birleşik Devletleri

ABD’de Gıda ve İlaç Dairesi (Food and Drug Administration, FDA), Sağlık ve İnsan Hizmetleri Bakanlığı bünyesinde yer alan, gıda güvenilirliğinin sağlanmasından sorumlu kurumdur.

FDA, GDO’lu gıdalar da dahil olmak üzere çoğu insan gıdası ve hayvan yemi ile ilgili kuralları ve gıda üreten, işleyen, depolayan, sevk eden veya satan kişilerin uyması gereken gıda güvenilirliği standartlarını belirler ve uygular. ABD modernize ettiği Gıda Kanunu’nu (Food Safety Modernization Act, FSMA) 4 Ocak 2011 tarihinde yayımlamıştır.

ABD Tarım Bakanlığı’na (USDA) bağlı Gıda Güvenliği ve Denetim Servisi (FSIS) ticari et, kümes hayvanları ve yumurta ürünleri arz güvenliğini sağlayarak halk sağlığını korumaktan sorumlu kurumdur. FSIS gıda üreticilerinin piyasaya güvenli ve uygun şekilde etiketlenmiş ürünler sunması için, düzenleyici gözetimin yürürlükte olmasını sağlamak üzere FDA ile birlikte görev yapar.

FSIS ve FDA, ABD pazarına girecek olan hayvan hücreleri kültüründen oluşan veya ihtiva eden gıdaların güvenilir olması ve uygun şekilde etiketlenmesini sağlamak üzere 7 Mart 2019 tarihinde anlaşma imzalamıştır. Anlaşma kapsamında FDA, canlı hücrelerin toplanmasını, çoğaltılmasını ve kas ve yağ gibi çeşitli hücre türlerine farklılaşmasını denetlemektedir. Düzenleyici yetki alanı, hücre kültürü sürecinin üretim-toplama aşamasında FDA’dan FSIS’e geçmektedir. FSIS daha sonra bu ürünlerin işlenmesini, etiketlenmesini ve paketlenmesini denetlemektedir.

ABD’de AB’de olduğu üzere “Yeni Gıda” gibi bir tanımlama ve mevzuat bulunmamakta, söz konusu ürün ve süreçler mevcut düzenlemeler kapsamında değerlendirilmektedir. Bu çerçevede, yeni gıdalar veya gıda bileşenleri FDA tarafından bir güvenlik değerlendirmesi sürecinden geçmektedir.

FDA’nın pazar öncesi danışma süreci; doku toplama, hücre hatları ve hücre bankaları, üretim kontrolleri, tüm bileşenler ve girdiler dahil olmak üzere üretim sürecinin ve üretilen biyolojik materyalin tamamının değerlendirilmesini içermektedir. FDA, potansiyel risklerin yönetildiğinden ve kültür sürecinden çıkan biyolojik materyalin güvenli olduğundan ve taşış edilmediğinden emin olmak amacıyla, hücre bankalarında ve hücrelerin üretilip toplandığı tesislerde sürekli olarak rutin denetimler gerçekleştirmektedir. Tesis, FDA onayının ardından, FSIS tarafından hijyen ve gıda güvenilirliği yönleriyle denetlenmektedir (Campden BRI, 2021).

Birleşik Krallık

Birleşik Krallık'ta 1 Ocak 2021 itibariyle Gıda Standartları Kurumu (Food Standards Agency, FSA), düzenlemeye tabi ürünler için Merkezi Yetkili Otorite rolünü Brexit sonrası Avrupa Komisyonu'ndan devralmıştır. Birleşik Krallık, GDO'ların ve yeni gıdaların düzenlenmesine ilişkin AB yasalarını ve sistemini muhafaza etmiştir (FSA, 2023).

Yeni gıdalar, 15 Mayıs 1997 tarihinden önce Birleşik Krallık veya AB'de insanlar tarafından “önemli bir tüketim geçmişi” olmayan gıdalar olarak sınıflandırılmaktadır. Yeni gıda statüsünün belirlenmesi işlemine göre; gıda işletmecileri, Birleşik Krallık'ta piyasaya sürmeyi düşündükleri gıdaların Yeni Gıda Yönetmeliği kapsamına girip girmediğini doğrulamak zorundadır. Bu amaçla başvuru sahipleri, Gıda Güvenliği Otoritesine danışabilmektedirler (Campden BRI, 2021).

Brexit sonrası Birleşik Krallık, hücre bazlı ürünler ve hassas fermentasyon onaylarını hızlandırabilmek için Yeni Gıda Yönetmeliğini (Novel Foods) gözden geçirmektedir.

Avustralya ve Yeni Zelanda

Tüm gıda üreticileri ve tedarikçileri “Model Gıda Yasası 2000” gereği, Avustralya'da satılan gıdaların güvenilir ve uygun olmasını sağlamakla yükümlüdür. Gıdaların ayrıca Avustralya Yeni Zelanda Gıda Standartları Kodunda belirtilen gerekliliklere uygun olmaları gerekmektedir.

Mevzuatın uygulanması, izlenmesi ve yürütülmesinde yetkili kurum Avustralya ve Yeni Zelanda Gıda Otoritesidir (ANZFA). Ayrıca ilgili Bakanlıklar ve yerel yönetimler de denetimlerde görev almaktadır.

Avustralya ve Yeni Zelanda'da pazara sunulmadan önce yeni gıdaların güvenliğini sağlamak için risk temelli bir değerlendirme süreci yürütülmektedir. Avustralya Yeni Zelanda Gıda Standartları Kurumu (FSANZ, Food Standards Australia New Zealand), gıda onay sürecini koordine eden, risk temelli değerlendirmesini yapan, hem Avustralya hem de Yeni Zelanda için Gıda Standartları Kanunu'nda izin verilen yeni gıdaların listesini oluşturan makamdır.

Yeni gıdalar, Gıda Standartları Kodu kapsamında düzenlenmektedir. Standart, “Yeni Gıda” ve “Geleneksel Olmayan Gıda” tanımlarını yapmaktadır. “Yeni Gıda”, halk sağlığı ve güvenliği konularının değerlendirilmesini gerektiren, geleneksel olmayan bir gıda anlamına da gelmektedir. Standart, yeni gıdaların, izin verilen yeni gıdalar listesinde yer almaması ve kullanımları için belirlenen koşullara uygun olmaması halinde, Avustralya veya Yeni Zelanda'da satışını yasaklamaktadır. Gen teknolojisi kullanılarak üretilen gıdalar, yeni gıdalardan ayrı olarak düzenlenmektedir.

Hücre veya doku kültürleri kullanılarak üretilen gıdalar (örneğin hücre kültürü bazlı et) için FSANZ'nin görüşü, bu tür gıdaların Gıda Standartları Kanunu'ndaki mevcut standartlar kapsamında ele alınacağı ve pazar öncesi onay gerektireceği yönündedir. Hücre kültürü bazlı gıdalar dahil tüm gıdalar, güvenilirlik, etiketleme vb. yönünden genel standartlar kapsamına girmektedir (Campden BRI, 2021).

Kanada

Kanada'da satılan tüm gıdalar Gıda ve İlaç Yasası (FDA), Gıda ve İlaç Yönetmelikleri (FDR), Kanadalılar için Güvenli Gıda Yasası (SFCA) ve Kanadalılar için Güvenli Gıda Yönetmeliklerinin (SFCR) ilgili gerekliliklerini karşılamalıdır.

Health Canada (HC), yeni gıdalara ilişkin yönetmelik ve kılavuzlardan ve Kanada'da satışa sunulması önerilen genetiği değiştirilmiş gıdalar da dahil olmak üzere tüm yeni gıdaların güvenlik değerlendirmesinden sorumludur. Ayrıntılı güvenlik değerlendirme kriterleri Yeni Gıdaların Güvenlik Değerlendirmesi Kılavuzunda açıklanmaktadır.

Gıda ve İlaç Yönetmelikleri FDR Bölüm B.28.001'de yer alan "Yeni Gıda" tanımı AB ile uyumludur ancak bu tanıma GDO'lar dahildir. Bununla birlikte, yeni gıdalar veya hücre kültürü bazlı et için herhangi bir düzenleme bulunmamaktadır. Hücre kültürü bazlı etin yeni gıda kapsamında değerlendirilmesinin muhtemel olduğu düşünülmektedir.

Denetimlerde Kanada Gıda Denetim Ajansı (CFIA) yetkilidir ancak il/bölge ve yerel kurumlar da denetim uygulamalarında yer almaktadır (Campden BRI, 2021).

Japonya

Japonya'da Sağlık, Çalışma ve Refah Bakanlığı (MHLW) gıda güvenliğinden sorumlu yetkili makamdır. MHLW, Gıda Sanitasyon Yasası ve diğer ilgili yasalar kapsamında düzenlemeler yaparak gıda güvenliği standartlarını belirlemektedir.

Japonya Gıda Güvenliği Komisyonu (FSC) insan sağlığına yönelik gıda güvenliği riskinin bilimsel temelli değerlendirmesini yapan bir risk değerlendirme kuruluşudur. Tüketici İşleri Ajansı (CAA) ise Gıda Etiketleme Yasası ve Sağlığın Teşviki Yasası kapsamında etiketlemeyi denetlemektedir.

Japonya'da "Yeni Gıda" düzenlemesi bulunmamaktadır. Japonya pazarında yeni olan bir gıda veya gıda bileşeni Japonya'da pazarlamadan önce yetkililer tarafından zorunlu bir pazar öncesi incelemeye veya onaya tabi değildir.

Bununla birlikte, Japonya’da pazara sunulabileceğinden emin olmak için Gıda Sanitasyon Yasası’nın 7 nci Maddesi uyarınca MHLW’ye danışılması önerilmektedir. MHLW, gıdaların satışını yasaklayabilir ve resmi bültenle satışın yasaklanması veya yasağın kaldırılmasına ilişkin bir kamu duyurusu yayımlayabilir.

Tarım, Orman ve Balıkçılık Bakanlığı (MAFF), hücre kültürü bazlı ve bitki bazlı proteinler gibi yeni gıda teknolojileri kullanılarak geliştirilen et alternatifi ürünler için yeni kurallar ve düzenlemeler oluşturma sürecindedir. Mevcut yasaların yorumlanmasına bağlı olarak, Japonya’da alternatif proteinler ile hücre bazlı et satışının mümkün olduğu değerlendirilmektedir (Campden BRI, 2021).

İsrail

İsrail’de Sağlık Bakanlığı’na bağlı Ulusal Gıda Servisi, gıda standartlarının ve yönetmeliklerinin geliştirilmesinden, ithalat dahil gıdaların güvenliğini, kalitesini ve özgünlüğünü sağlamaktan sorumlu düzenleyici ve yetkili kurumdur.

Avrupa Birliği (AB) ile artan ticareti nedeniyle İsrail gıda mevzuatını ve standardizasyon sistemini AB standartlarıyla uyumlu hale getirmektedir. “Yeni Gıda (Novel Food)”, yeni gıdalara ilişkin yönetmeliğin yürürlüğe girdiği 19 Şubat 2006 tarihinden önce İsrail’de insanlar tarafından önemli ölçüde tüketilmemiş olan gıda olarak tanımlanmaktadır. “Yeni Gıda” tanımı ve kapsamı AB düzenlemeleriyle uyumlu olmakla birlikte genetiği değiştirilmiş gıdalar da düzenlemeye dahil edilmiştir. Yeni gıdalar, piyasaya sürülmeden önce Ulusal Gıda Servisi tarafından güvenlik, beslenme ve gıdanın İsrail’de tüketimiyle ilgili kapsamlı bir değerlendirme sürecinden geçmektedir (Gross, 2021).

AB’ye benzer şekilde İsrail’de de hücre kültürü bazlı et 2015/2283/EC sayılı AB mevzuatı ile uyumlu olarak yayımlanan 004-08 sayılı Yeni Gıda Yönetmeliği kapsamında “hayvan, bitki, mikroorganizma, mantar veya alglerden elde edilen, bir hücre kültürü veya doku kültüründen oluşan, izole edilen veya üretilen gıda” olarak düzenlenmektedir. Bu kapsamda yeni ürünler pazarlama öncesi izne tabidir. Bugüne kadar, İsrail’de Ulusal Gıda Servisine hücre kültürü bazlı et onayı için başvuru yapılmamıştır.

Singapur

Singapur Gıda Ajansı (SFA), çiftlikten çatala gıda güvenliği ve gıda güvenilirliğini denetlemek üzere 1 Nisan 2019 tarihinde Çevre ve Su Kaynakları Bakanlığı (MEWR) altında yasal bir yapı olarak kurulmuştur. Singapur Gıda Ajansı tarafından 2019 yılında “Yeni Gıdalar” düzenlemesi yapılmış ve dünyada ilk kez 2020 yılında Eat Just şirketine hücre kültürü bazlı tavuk etlerinin satışı için izin verilmiştir.

SGA, alternatif proteinleri, hayvansal protein dışındaki kaynaklardan elde edilen proteinler olarak tanımlarken, kontrollü koşullar altında yetiştirilen kültürlenmiş veya hücre kültürü bazlı et ve bazı alg, mantar (mikoprotein) ve böcek türleri dahil olmak üzere gıda olarak tüketim geçmişi olmayan başka alternatif protein formlarını “Yeni Gıda” kapsamında değerlendirmektedir.

SGA, Mart 2020 tarihinde bilimsel tavsiyelerde bulunmak üzere; gıda bilimi, gıda toksikolojisi, biyoinformatik, beslenme, epidemiyoloji, halk sağlığı, genetik, onkoloji, metabolomik, fermentasyon teknolojisi, mikrobiyoloji ve farmakoloji alanlarında 11 uzmandan oluşan Yeni Gıda Güvenliği Uzman Çalışma Grubunu kurmuştur.

Singapur’un Yeni Gıdalara yönelik oluşturduğu mevzuat kapsamında, yeni gıda ürünleri üreten işletmecilerin, ürünlerinin toksisite, alerjenite, üretim yönteminin güvenliği ve tüketimden kaynaklanan diyet maruziyeti gibi potansiyel gıda güvenilirliği risklerini kapsayan güvenlik değerlendirmelerini yapmaları ve SGA’nın incelemesine sunmaları gerekmektedir.

Ayrıca üretim süreçlerinde kullanılan malzemeler ve bu üretim süreçlerinin gıda güvenilirliği risklerinin ortadan kaldırılmasının nasıl kontrol edildikleri ile ilgili ayrıntılı bilgilerin de sunulması istenmektedir (FAO, 2022; SFA, 2023; Miyake, vd., 2023).

SONUÇ

Dünyada kırmızı et başta olmak üzere hayvansal proteinlere artan bir talep bulunmaktadır. Bu durum, hayvan sağlığı ve refahı, halk sağlığı, iklim değişikliği ve sürdürülebilirlik hedefleri üzerine olumsuz etkilere neden olabilmektedir. Hayvansal üretimin daha sürdürülebilir yöntemlerle artırılması yanı sıra, artan protein talebini karşılamak ve küresel gıda arz güvenliğini sağlamak için hayvansal protein ihtiyacının kısmen bitkiler ve mikroorganizmalar gibi alternatif kaynaklar ile değiştirilebileceği bir protein geçişine dayandırılması önem arz etmektedir. Son yıllarda üretimi ve ticareti hızla artan alternatif protein kaynaklarına yönelik gerek mevzuat gerekse kontrol sistemleri açısından ülkeler arasında önemli farklılıkların bulunduğu ve tüketici yaklaşımlarının da büyük değişkenlik gösterdiği bir gerçektir.

Sonuç olarak, alternatif protein kaynakları ile ilgili politika ve strateji geliştirmenin ve mevzuat oluşturma bilimsel temeller esas alınarak yapılması, tüketicinin doğru bilgilendirilmesi, gıda etiketlemesi ve gıda okuryazarlığına önem verilmesi sağlıklı bir yaşam, ekosistemin korunması ve sürdürülebilirlik açısından büyük önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Alac-Carew, C., Green, R., Stewart, C., Cook, B., Dangour, A., Scheelbeek, P. (2022). The role of plant-based alternative foods in sustainable and healthy food systems: Consumption trends in the UK. *Science of the Total Environment*, Vol. 807, Part 3, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151041>.
- Benjamin, W. R., Joseph Z., Jeanmaire H., Marc B., Jason W., Amandeep S., Lauren S. J. (2023). Analysis of eight types of plant-based milk alternatives from the United States market for target minerals and trace elements. *Journal of Food Composition and Analysis*, Vol. 122, <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105457>
- Campden BRI (Chipping Campden) Ltd. (2021). Comparing international approaches to food safety regulation of GM and Novel Foods. https://www.food.gov.uk/sites/default/files/media/document/comparing-international-approaches-to-food-safety-regulation-of-gm-and-novel-foods_0.pdf adresinden alınmıştır. (Erişim Tarihi: 21.12.2023), <https://doi.org/10.46756/sci.fsa.rdg239>.
- CVRIA (Court of Justice of the European Union). (2017). Press Release No 63/17. <https://curia.europa.eu/jcms/upload/docs/application/pdf/2017-06/cp170063en.pdf> adresinden alınmıştır. (Erişim Tarihi: 25.12.2023).
- Dekkers, B. L., Boom, R. M., Vander Goot A. J. (2018). Structuring processes for meat analogues. *Trends in Food Science and Technology*, 81, 25-36. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.08.011>.
- Diamantas, K., Laudon, K. G. (2022). Food and Drug Law Institute, <https://www.fdpi.org/2022/09/whats-in-a-name-updates-on-plant-based-product-labeling-regulations/#:~:text=%5Bfor%5D%20plant%20based%20products%20as,a%20similar%20law%20that%20requires> adresinden alınmıştır. (Erişim Tarihi: 21.12.2023)
- DG SANTE (2023). Authorisations: Request for a novel food authorisation, https://food.ec.europa.eu/safety/novel-food/authorisations_en adresinden alınmıştır. (Erişim Tarihi: 21.12.2023)
- EC (2006). Regulation (EC) No 1924/2006 of the European Parliament and of the Council of 20 December 2006 on nutrition and health claims made on foods. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=celex%3A32006R1924> adresinden alınmıştır. (Erişim Tarihi: 21.12.2023)
- EC (2011). Consolidated text: Regulation (EU) No 1169/2011 of the European Parliament and of the Council of 25 October 2011 on the provision of food information to consumers, amending Regulations (EC) No 1924/2006 and (EC) No 1925/2006 of the European Parliament and of the Council, and repealing Commission Directive 87/250/EEC, Council Directive 90/496/EEC, Commission Directive 1999/10/EC, Directive 2000/13/EC of the European Parliament and of the

- Council, Commission Directives 2002/67/EC and 2008/5/EC and Commission Regulation (EC) No 608/2004. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32011R1169> adresinden alınmıştır. (Erişim Tarihi: 21.12.2023)
- EC (2015). Regulation (EU) 2015/2283 of the European Parliament and of the Council of 25 November 2015 on novel foods, amending Regulation (EU) No 1169/2011 of the European Parliament and of the Council and repealing Regulation (EC)No 258/97 of the European Parliament and of the Council and Commission Regulation (EC) No 1852/2001, OJL, 327, 1–22.
- EC (2017). Commission Implementing Regulation (EU) 2017/2470 of 20 December 2017 establishing the Union list of novel foods in accordance with Regulation (EU) 2015/2283 of the European Parliament and of the Council on novel foods, OJ L 351, 72.
- EC(2019).European Green Deal. Communication from Commission.Brussels, 11.12.2019. COM(2019) final.
- EVU (European Vegetarian Union). (2021). <https://www.euroveg.eu/food-labelling/> adresinden alınmıştır. (Erişim Tarihi: 25.12.2023).
- FAO & WHO (2019). Sustainable healthy diets–guiding principles. Rome.
- FAO (2022). Food safety aspects of cell-based food. Background document three-Regulatory frameworks. Rome <https://doi.org/10.4060/cc2353en>.
- FAO & WHO (2023). Food safety aspects of cell-based food. Rome. <https://doi.org/10.4060/cc4855en>
- FDA (2023a). Plant-Based Milk Alternatives (PBMA). <https://www.fda.gov/food/food-labeling-nutrition/plant-based-milk-alternatives-pbma> adresinden alınmıştır. (Erişim Tarihi: 21.12.2023)
- FDA(2023b). Labeling of Plant-Based Milk Alternatives and Voluntary Nutrient Statements: Guidance for Industry. <https://www.fda.gov/media/165420/download>adresinden alınmıştır. (Erişim Tarihi: 25.12.2023)
- FDA (2023c). Human Food Made with Cultured Animal Cells, <https://www.fda.gov/food/food-ingredients-packaging/human-food-made-cultured-animal-cells> adresinden alınmıştır. (Erişim Tarihi: 21.12.2023)
- Flood, E. (2023a). Cultivated meat labeling puzzle could bring legal headaches. <https://www.fooddive.com/news/cultivated-meat-labeling-puzzle-could-bring-legal-headaches/700586/> adresinden alınmıştır (Erişim Tarihi: 19.12.2023).

- Flood, E. (2023b). From prediction to production: A timeline of cultivated meat. <https://www.fooddive.com/news/from-prediction-production-timeline-cultivated-meat-industry/689441/> adresinden alınmıştır (Erişim Tarihi: 19.12.2023).
- Food Compliance (2023). Challenges in naming plant-based alternatives. <https://foodcomplianceinternational.com/industry-insight/scholarly-articles/3256-challenges-in-naming-plant-based-alternatives> adresinden alınmıştır (Erişim Tarihi: 25.12.2023).
- FSA (2023). Novel foods authorisation guidance, <https://www.food.gov.uk/business-guidance/regulated-products/novel-foods-guidance#:~:text=Novel%20foods%20are%20any%20food,a%20'history%20of%20consumption> adresinden alınmıştır. (Erişim Tarihi: 21.12.2023)
- GFI (The Good Food Institute) (2022a). Plant based meat, seafood, eggsanddairy. <https://gfi.org/wp-content/uploads/2023/01/2022-Plant-Based-State-of-the-Industry-Report.pdf> adresinden alınmıştır (Erişim Tarihi: 21.12.2023).
- GFI (The Good Food Institute) (2022b). Cultivated meat and sea food. <https://gfi.org/resource/cultivated-meat-eggs-and-dairy-state-of-the-industry-report/> adresinden alınmıştır (Erişim Tarihi: 21.12.2023).
- Gross, T. (2021). Novel Food Regulation in Israel – From Directive to Regulation, <https://www.gsap.co.il/novel-food-regulation-in-israel-from-directive-to-regulation/> adresinden alınmıştır. (Erişim Tarihi: 19.12.2023)
- Gürsoy, M. (2022). Hızla artan dünya nüfusunu beslemek için gıda sektörü yakın gelecekte nasıl bir değişime doğru evrilmektedir?. *Apelasyon*, 7(104), <https://apelasyon.com/yazi/104/alternatif-gidalar-gunumuzun-ve-yakin-gelecegin-yenilikci-gida-trendleri> adresinden alınmıştır. (Erişim Tarihi: 19.12.2023)
- Leialohilani, A., de Boer, A. 2020. EU food legislation impacts innovation in the area of plant-based dairy alternatives. *Trends in Food Science and Technology*, 104, 262-267. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.07.021>
- Lu, D. (2022). All sizzle, no steak: How Singapore became the centre of the plant-based meat industry. <https://www.theguardian.com/environment/2022/nov/06/all-sizzle-no-steak-how-singapore-became-the-centre-of-the-plant-based-meat-industry> adresinden alınmıştır (Erişim Tarihi: 19.12.2023).
- Morach, B., Clausen, M., Rogg, J., Brigl, M., Schulze, U., Dehnert, N., Hepp, M., Yang, V., Kurth, T., von Koeller, Burchardt, E.J., Witte, B., Obloj, P., Koktenturk, S., Grosse-Holz, F., Stolt-Nielsen Mein, O. (2022). Plant-based meat by far the best climate investment, report finds. <https://www.bcg.com/publications/2022/combating-climate-crisis-with-alternative-protein> adresinden alınmıştır (Erişim Tarihi: 25.12.2023).

- Miyake, Y., Tachikawa, M., Kohsaka, R. (2023). Policy frameworks and regulations for the research and development of cell-based meats: Systematic literature review. *Food Research International*, 167, 112599, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112599>.
- OECD (2023). UN Action Track 3: Nature-positive production. https://www.oecd.org/food-systems/action-tracks/nature-positive-production/adresinden_alinmistir (Erişim Tarihi: 25.12.2023).
- Pérez-Rodríguez, M. L., Serrano-Carretero, A., García-Herrera, P., Cámara-Hurtado, M., Sánchez-Mata, M.C. (2023). Plant-based beverages as milk alternatives? Nutritional and functional approach through food labelling. *Food Research International*, 173(1), <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113244>.
- M.C. (2023). Plant-based beverages as milk alternatives? Nutritional and functional approach through food labelling. *Food Research International*, 173(1), <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113244>.
- Poinski, M. (2020). Eat Just lands first regulatory approval for cell-based meat. https://www.fooddive.com/news/eat-just-lands-first-regulatory-approval-for-cell-based-meat/589907/adresinden_alinmistir (Erişim Tarihi: 19.12.2023).
- Poinski, M. (2023). Cultivated meat to enter US market with full USDA approval for Eat Just and Upside Foods. https://www.fooddive.com/news/us-approves-cultivated-meat-eat-just-upside-foods/653509/adresinden_alinmistir (Erişim Tarihi: 19.12.2023).
- Redan, B. W., Zuklic, J., Hryshko, J., Boyer M., Wan J., Sandhu A., Jackson L.S. (2023). Analysis of eight types of plant-based milk alternatives from the United States market for target minerals and trace elements. *Journal of Food Composition and Analysis*, 122, <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105457>.
- Sabelli, C. (2023). Scientists protest Italy's ban on cultivated meat. https://www.nature.com/articles/d43978-023-00050-7adresinden_alinmistir (Erişim Tarihi: 19.12.2023).
- Scarborough, P., Clark, M., Cobiac, L., Papier, K., Knuppel, A., Lynch, J., Harrington, R., Key, T., Springmann, M. (2023). Vegans, vegetarians, fish-eaters and meat-eaters in the UK show discrepant environmental impacts. *Nature Food* 4, 565–574 <https://doi.org/10.1038/s43016-023-00795-w>.
- Seehafer, A., Bartels, M. (2019). Meat 2.0 – The regulatory environment of plant-based and cultured meat, *European Food and Feed Law Review*, 14(4), 323–331, <https://www.jstor.org/stable/26775798> adresinden alınmıştır. (Erişim Tarihi: 14.12.2023)
- SFA (2023). Novel Food. Singapore Food Agency. <https://www.sfa.gov.sg/food-information/novel-food> adresinden alınmıştır. (Erişim Tarihi: 27.12.2023)

- Sha, L., Xiong, Y. L. (2020). Plant protein-based alternatives of reconstructed meat: Science, technology, and challenges. *Trends in Food Science and Technology*, Vol. 102, 51-61p, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.05.022>.
- Shubrook, N. (2023). The best 22 milk alternatives to try. <https://www.bbcgoodfood.com/howto/guide/best-milk-alternatives>adresinden alınmıştır. (Erişim Tarihi: 19.12.2023)
- Swanson, Z., Welsh, C., Majkut, J. (2023). “Mitigating Risk and Capturing Opportunity: The Future of Alternative Proteins.” Center for Strategic and International Studies. <https://www.csis.org/analysis/mitigating-risk-and-capturing-opportunity-future-alternative-proteins> adresinden alınmıştır (Erişim Tarihi: 19.12.2023).
- UN (United Nations) (2023). The Sustainable Development Goals Report 2023, Special ed.
- Xiong, Y. L., (2023). Meat and meat alternatives: Where is the gap in scientific knowledge and technology? *Italian Journal of Animal Science*, 22(1), 482-496, doi: 10.1080/1828051X.2023.2211988.

Yazarlar Hakkında / About Authors

**Prof. Dr. İrfan EROL | Atılım Üniversitesi | Lokman Hekim Üniversitesi
proferol[at]yahoo.com | ORCID: 0000-0002-4078-7499**

İrfan Erol, 1985 yılında Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesinden mezun oldu. Almanya'da Berlin Freie Üniversitesi Veteriner Fakültesi Gıda Hijyeni Enstitüsünde 1987-1991 yıllarında DAAD bursu ile doktora yaptı. Ekim 1993'de doçent, Mart 1999'da Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesinde profesör oldu. 1996 yılında Berlin Freie Üniversitesinde, 2000-2001 yıllarında ABD Wisconsin Üniversitesinde misafir bilim insanı olarak görev yaptı. 2003-2012 yıllarında Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı/Bölüm Başkanlığı yaptı. Prof. Erol, 2012-2016 yıllarında T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Gıda ve Kontrol Genel Müdürü olarak görev yaptı. Genel Müdürlüğü sürecinde, CVO ve OIE Türkiye delegesi, EFSA İstişare Kurulu üyesi, FAO/WHO Kodeks Alimentarius Komisyonu Ulusal Temsilcisi ve EU-FMD Yönetim Kurulu üyesi olarak görev yaptı. 12. Fasıl Müzakerelerine 2015 yılında Bakanlık adına Başkanlık yaptı. 32.Dünya Veteriner Kongresi dahil, 3 ulusal/uluslararası kongre başkanlığı yaptı. Prof. Erol, YÖK Üniversitelerarası Kurul Doçentlik Komisyonu üyeliği, YÖK Veterinerlik Yayın Etiği Komisyonu üyeliği, TÜBA-Gıda ve Beslenme Çalışma Grubu üyeliği, TÜBİTAK VHAG Yürütme Komitesi üyeliği, TÜBİTAK TOVAG Danışma Kurulu üyeliği, TÜBİTAK ÇPDK üyeliği, TÜBİTAK UME Danışma Kurulu üyeliği ve TÜRKAK Danışma Kurulu üyeliği yaptı. 2016-2022 yıllarında Doğu Akdeniz Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesinde öğretim üyeliği yaptı. Halen, Lokman Hekim Üniversitesi ve Atılım Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültelerinde öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır.

**Prof. Dr. İrfan EROL | Atılım University | Lokman Hekim University
proferol[at]yahoo.com | ORCID: 0000-0002-4078-7499**

İrfan Erol, graduated from Ankara University, Faculty of Veterinary Medicine in 1985. He earned his Ph.D. from Freie University in Berlin, Faculty of Veterinary Medicine, Institute of Food Hygiene in Germany, between 1987-1991 by a scholarship from DAAD. He became an associate professor in October 1993 and a professor in March 1999. He worked as a visiting scientist at Freie University in Berlin in 1996 and at Wisconsin University, in the USA in 2000-2001. He was head of the Department of Food Hygiene and Technology, at the Faculty of Veterinary Medicine, Ankara University between the years of 2003 and 2012. He served as a Member of Inter University Council, VHAG Executive Committee and Advisory Boards of TOVAG and UME at TÜBİTAK, and TÜRKAK. He was Chair of the 32. World Veterinary Congress. Prof. Erol served as Director General of the Food and Control, Ministry of Food, Agriculture and Livestock between 2012-2016. During this period, he was CVO and representative of Türkiye to OIE and Codex Alimentarius Commission of FAO/WHO. He was Advisory Committee member of EFSA. He worked as a professor between 2016 and 2022 at the Eastern Mediterranean University, School of Health Sciences. Currently he is a professor at the Lokman Hekim University and Atılım University, at the Schools of Health Sciences.

**Dr. Nilay DEMİR | T. C. Tarım ve Orman Bakanlığı |
nilaydster[at]gmail.com | ORCID: 0009-0007-7077-0923**

Nilay Demir, 1991 yılında Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. Aynı bölümde araştırma görevlisi olarak çalışırken yüksek lisans ve doktora çalışmalarını tamamladı. Ayrıca 1996- 1997 yılları arasında Hollanda'nın ATO/DLO araştırma enstitüsü olan Wageningen Üniversitesinde misafir araştırmacı olarak membran teknolojisi üzerine çalıştı. Dr. Demir, Çek Cumhuriyeti, Fransa ve Amerika Birleşik Devletleri de dahil olmak üzere farklı ülkelerde gıda güvenliği ve akreditasyonu, veteriner halk sağlığı ve gıda politikaları ile gıda güvenliği uygulamaları ve denetimi konularında çeşitli burslar ve eğitimler aldı. Ayrıca AB temel uzmanlık kurslarına ve AB ortak tarım politikası kurslarına katıldı. Avrupa Birliği ile müzakere sürecinde yer alan personel için genel iletişim becerileri, müzakere becerileri, ileri İngilizce becerileri, AB proje yönetimi, proje döngüsü yönetimi, risk yönetimi ve diğer ilgili beceriler konusunda eğitimleri tamamladı. Dr. Demir ayrıca, gıda güvenliği, veterinerlik ve bitki sağlığı ile ilgili 12. Faslın çeşitli aşamalarına ve AB mevzuatına uyum sürecindeki komisyonlara, 5996 sayılı Kanuna ve gıda güvenliği ve denetimleri ile ilgili diğer ulusal mevzuat düzenlemelerine, uygulamalarına ve eğitimlerine katıldı. Çeşitli AB, MATRA ve FAO projelerini yürüttü, gıda güvenliği konusunda AB bölgesel eğitim programının ulusal odak noktası olarak görev yaptı ve AB TAIEX eğitimini koordine etti. TÜRKAK ve TSE'den kalite yönetimi, gıda güvenliği sistemleri ve denetim sertifikaları aldı. Dr. Demir, 2001 yılından bu yana Tarım ve Orman Bakanlığı Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü bünyesinde çeşitli kademelerde çalışmaktadır.

**Dr. Nilay DEMİR | Republic of Türkiye Ministry of Agriculture and Forestry
nilaydster[at]gmail.com | ORCID:0009-0007-7077-0923**

Dr. Nilay Demir graduated from Hacettepe University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering in 1991. She completed her master's and doctoral studies while working as a research assistant in the same department. She also worked on membrane technology as a visiting researcher at Wageningen University, the Netherlands's ATO/DLO research institute from 1996-1997. Dr. Demir has received various scholarships and training on food safety and accreditation, veterinary public health and food policies, and food safety practices and inspection indifferent countries, including the Czech Republic, France, and the United States. She also attended EU fundamental expertise courses and EU common agricultural policy courses. She has completed training on general communication skills, negotiation skills, advanced English skills, EU project management, project cycle management, risk management, and other related skills for staff involved in the negotiation process with the European Union. Dr. Demir has also participated in various stages of Chapter 12 on food safety, veterinary and phytosanitary, and commissions in the process of EU legislative harmonization, Law No. 5996, and other national legislative regulations, implementation, and training on food safety and inspections. She has implemented several EU, MATRA, and FAO projects, served as the national focal point of the EU regional training program on food safety, and coordinated EU TAIEX training. She has quality management, food safety systems, and audit certificates from TURKAK and TSE. Dr. Demir has been working at various levels with in the Ministry of Agriculture and Forestry, General Directorate of Food and Control since 2001.

BİTKİ BAZLI PROTEİN KAYNAKLARI

PLANT-BASED PROTEIN SOURCES

Ali Adnan Hayaloğlu

BİTKİ BAZLI PROTEİN KAYNAKLARI

Prof. Dr. Ali Adnan HAYALOĞLU

TÜBA Asosye Üyesi, İnönü Üniversitesi

Özet

Proteinler insan beslenmesinde tüketilmesi gerekli makro besin maddeleri arasındadır ve yaygın olarak da hayvansal gıdalarda bulunmaktadır. Fakat son yıllarda çevresel faktörler, yaşam tarzı, geleneksel ve kültürel etkiler hayvansal ürünlerin kullanılmasını sınırlamaktadır. Bu durum insanların bitkisel kaynaklı beslenmeye yönelimlerini arttırmıştır. Bu artışa paralel olarak bitkisel kaynaklı proteinlerin yenilebilir ve biyolojik olarak kolay parçalanabilme özellikleri nedeniyle son zamanlarda daha fazla ilgi görmektedir. Bitki bazlı proteinlerin fizikokimyasal özellikleri, yapısal özellikleri, amino asit bileşimi ve fonksiyonel özellikleri gıda işleme endüstrilerinin büyük ilgisini çekmektedir. Bitkisel kaynaklı proteinlerin yenilebilir kaplama malzemeleri, hayvansal ürün alternatiflerinin geliştirilmesi, fonksiyonel özellikleri ve çeşitli gıdalarda emülgatör özelliği göstermesinden dolayı büyük önem taşımaktadır. Bitki bazlı proteinlerin yukarıda belirtilen etkileri göz önüne alındığında daha fazla protein kaynakları araştırılmaktadır. Bu amaçla baklagiller, tahıllar, kuru yemişler, yeşil yapraklı bitkiler, yumrular, mikrobiyal kaynaklı ve alglerden elde edilen protein izolatları değerlendirilmektedir. Farklı bitkisel kaynaklardan izole edilen proteinlerin, sağlık üzerinde etkileri, alerjeniteleri, fonksiyonel özellikleri ve süt ve et ürünleri gibi bitki kaynaklı analogların geliştirilmesinde etkileri değerlendirilerek uygun protein kaynakları araştırılmaktadır.

Anahtar Kelimeler

Bitki Proteinleri, Vegan Beslenme, Protein İzolatları, Baklagiller, Tahıllar

PLANT-BASED PROTEIN SOURCES

Prof. Dr. Ali Adnan HAYALOĞLU

TÜBA Associate Member, İnönü University

Abstract

Proteins serve as essential macronutrients in the human diet and are commonly found in animal foods. However, in recent years, environmental factors, lifestyle, traditional and cultural influences have limited the use of animal products. This situation has increased people's tendency towards plant-based nutrition. In parallel with this increase, plant-derived proteins have recently attracted attention because they are edible and easily biodegradable. The physicochemical properties, structural properties, amino acid composition and functional properties of plant-based proteins attract great attention from food processing industries. The development of edible coating materials and animal product alternatives of plant-derived proteins is of great importance due to their functional properties and emulsifying properties in various foods. Considering the above-mentioned effects of plant-based proteins, more protein sources are being investigated. For this purpose, protein isolates obtained from legumes, grains, nuts, green leafy plants, tubers, microbial origin and algae are evaluated. Appropriate protein sources are investigated by evaluating the health effects, allergenicity and functional properties of proteins isolated from different plant sources and their effects on the development of plant-derived analogues such as dairy and meat products.

Keywords

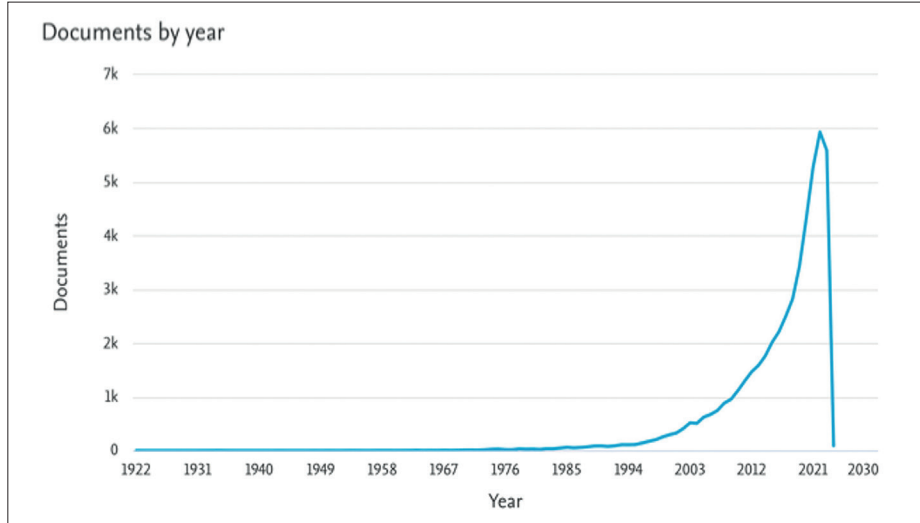
Plant Proteins, Vegan Nutrition, Protein Isolates, Legumes, Cereals

GİRİŞ

2050 yılına kadar dünya nüfusunun 10 milyar olacağı tahmin edilmektedir. Bu nedenle, artan nüfusu besleyecek gıdaya olan talebin de iki katına çıkabileceği düşünülmektedir. Geçtiğimiz yıllarda yaşanan küresel salgınlar, savaşlar, üretim ve buna bağlı olarak gıda arzındaki azalışlar, üretimdeki girdi maliyetlerinin artması, sera gazı emisyonlarının artması ve bunda büyük oranda tarım sektörünün sorumlu tutulması, iklim değişikliği gibi faktörler alternatif protein kaynaklarına ve/veya bitki bazlı gıdalara olan yönelişi ve ilgiyi artırmaktadır (Şensoy, 2023). Bitki bazlı gıdaların kabulü noktasında tüketicilerin büyük bir kısmı alışkanlık kazanmakta zorlansa da vegan veya vejetaryen beslenme rejimini tercih edenlerin kabulü nispeten daha kolay olduğu belirtilmektedir. Bu nedenle, gıda üreticilerinin vegan beslenme tarzının taleplerini karşılamak için bilimsel çalışmaların sayısı da son yıllarda önemli artış göstermiştir. Bitki bazlı gıdalar konusundaki bilimsel çalışmalar 2000’li yıllardan sonra belirginlik kazansa da 2015’ten sonraki yıllık bilimsel makale sayısında dramatik artışlar olduğu görülmektedir (Şekil 1). Bu da bilim dünyasının bitki bazlı gıdalar konusunda gösterdiği yakın ilgiyi teyit etmektedir.

Şekil 1.

Scopus veri tabanında “plant-based foods” anahtar kelimesi ile arama sonucu görünen bilimsel doküman sayısı (Kaynak: www.scopus.com Erişim: 10.11.2023).



“Bitki bazlı” terimi 2014’ten bu yana ilk 10 küresel gıda terimleri arasında yer almaktadır ve 2020 itibarıyla ilk üç trendden biri olmuştur. Bitki bazlı diyetler, doymamış yağ asitleri nispeten daha yüksek olan bitkisel yağları ve az miktarda et ve süt ürünlerine ek olarak meyve, sebze, kuruyemişler, tam tahıllar ve baklagillere odaklanmaktadır. Bitki bazlı bir beslenme düzenine geçişe yardımcı olmak için, geleneksel hayvansal kaynaklı proteinlerin olası ikameleri olarak “alternatif protein kaynakları” araştırılmaktadır. Süt,

et ve yumurta gibi hayvansal kaynaklı gıdalar genellikle protein açısından yüksek ve dengeli amino asit profillerine sahip olduğundan, yeterli besin kalitesini sağlamak, protein içeriği ve kalitesinin bozulmadan kalması çok önemlidir. Tablo 1’de hayvan ve bitki proteinleri genel özellikleri bakımından kıyaslanmıştır. Hem bitki hem de hayvansal kaynaklı proteinlerinin çeşitli avantajlarla birlikte dezavantajlara da sahip olduğu görülmektedir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO)’ne göre proteinin ne kadar kaliteli olduğu vücuda alınan aminoasitlerin biyoyararlılığına bağlıdır. Bu yararlılık ve vücudun aminoasidi kullanabilme durumu Sindirilebilir Vazgeçilmez Amino Asit Skoru (DIAAS: Digestible Indispensable Amino Acid Score) ile belirlenir. Bu ölçüme göre hayvansal kaynaklı proteinin skoru (%95) bitki bazlı protein skoruna oranla (%80-90) daha yüksektir (Demirci ve Yetim, 2021).

WHO, Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), United Nations University (UNU)’ nun ortak konsültasyon raporuna göre; yetişkin normal bir birey için günlük protein tüketim miktarı 0,656 g protein/ kg ya da 105 mg nitrojen/kg’dır. Bu değer bireylerin yaş skalasına, ağırlıklarına, özel beslenme gereksinimlerine göre değişiklik gösterebilmektedir.

Daha sürdürülebilir bir diyet için seçeneklerden biri etin yerine alternatif proteinler koymaktır. Tüketiciler diyetlerine çeşitli protein kaynaklarını dahil edebilirler. Baklagiller, tahıllar, yağlı tohumlar, yumrular, mikrobiyal proteinler, algler ve böcekler birçok çalışmaya konu olan bitkisel protein alternatifleridir. Protein alternatiflerinden, böceklerin kabulü en düşük düzeydedir. Bazı alternatif protein kaynaklarının tüketiciler tarafından diğerlerinden daha kolay kabul edilmesi, tat ve sağlık nedenleri, aşinalık, önceden benimsenmiş tutumlar, gıda neofobisi, tiksinti ve sosyal normlar gibi durumlar nedeniyle gerçekleşmektedir (Onwezen vd., 2021).

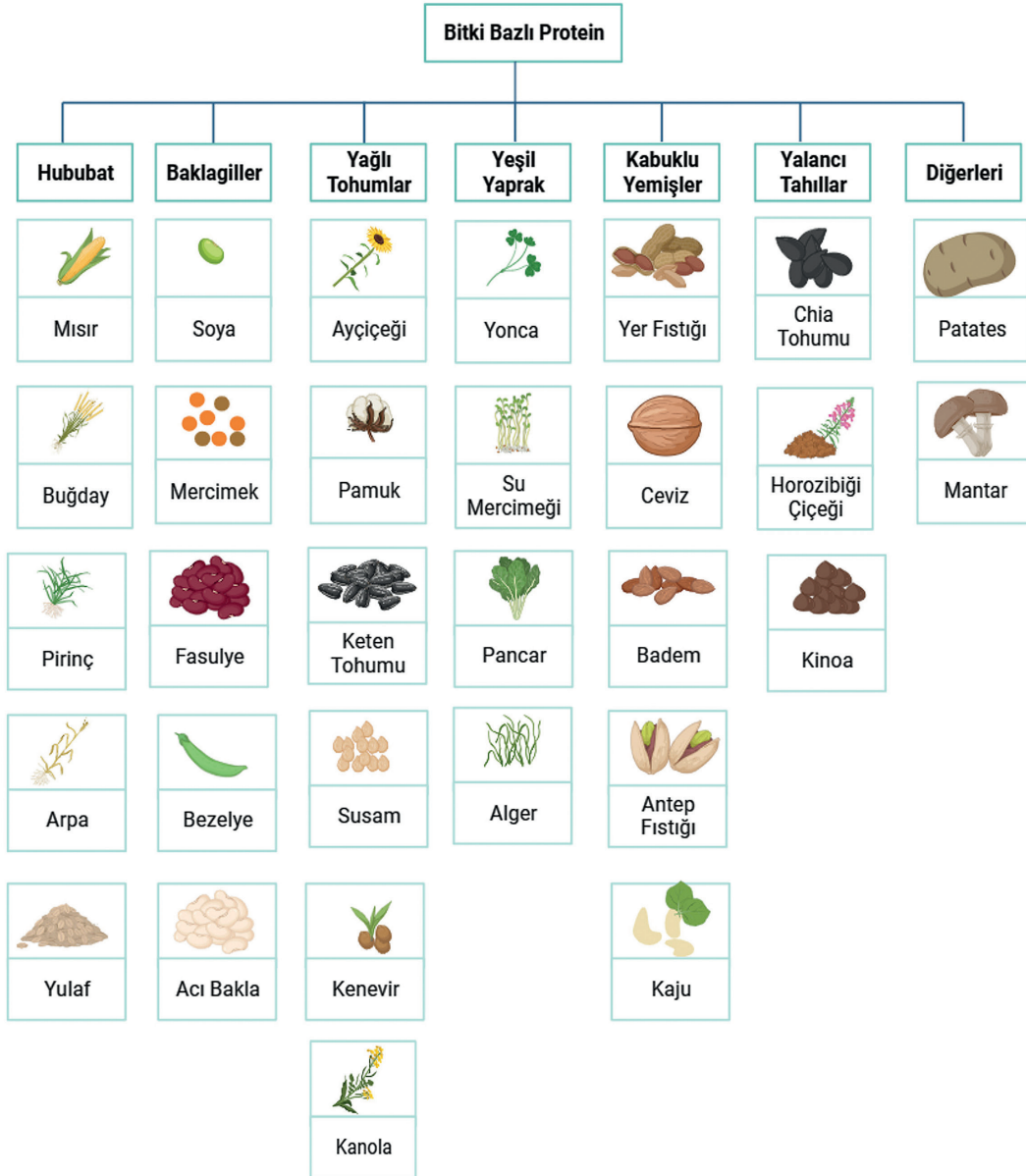
BİTKİ BAZLI PROTEİNLER

Tüketilen protein miktarının yanı sıra, protein kalitesi de sağlığın farklı yönleri açısından çok önemli bir faktördür. Yüksek kaliteli bir protein, kolayca sindirilebilen ve protein sentezi için kullanılabilen yeterli miktarda esansiyel amino asit sağlar. Proteinin amino asit bileşimi, kalitesini belirleyen en önemli faktördür. Farklı bitki kaynaklarından elde edilen proteinler, farklı özellikleri ve sağlık yararlarını gösteren farklı amino asit profilleri içerir (Kumar vd., 2022). Bitki bazlı protein kaynakları temel olarak hububat, baklagiller, yağlı tohumlar, yeşil yapraklı bitkiler, kabuklu yemişler, yalancı tahıllar ve diğer bitkilerden elde edilmektedir (Şekil 2).

Bitki bazlı protein kaynakları çok çeşitlidir ancak et, süt ve yumurta gibi hayvansal kaynaklı proteinlere göre yapısal ve lezzet özellikleri bakımından birtakım eksiklikleri olduğundan ikame edici olmalarında bazı engeller vardır. Ancak, geniş yelpazede bileşim farklılıkları ve alternatifler sunduklarından kayda değer avantajları da bulunmaktadır.

Şekil 2.

Bitki bazlı protein kaynakları (Hadidi vd., 2022).



Tablo 1'de hayvansal ve bitkisel kaynaklı proteinlerin avantaj ve dezavantajları listelenmiştir (Ewy vd., 2022; Maningat vd., 2022; Imran & Lyan, 2023).

Tablo 1.

Hayvan ve Bitki Bazlı Proteinlerin Avantaj ve Dezavantajları (Evey vd., 2022).

	Avantajlar	Dezavantajlar
Hayvan Bazlı Protein	• Yeterli miktarda esansiyel amino asit içeren komple protein • Artan kas protein sentezi ile ilişkili • Geliştirilmiş sindirilebilirlik	• Daha yüksek doymuş yağ içeriği • Daha düşük lif içeriği • Obezite ve diğer kronik hastalıklarla ilişkili artan tüketim • İşlenmiş et tüketiminin artan gastrointestinal kanser oranıyla ilişkili olduğu • Hayvancılıktan kaynaklanan sera gazı emisyonları da dahil olmak üzere çevreye artan etki
Bitki Bazlı Protein	• Daha yüksek lif içeriği tokluğu artırır ve gastrointestinal sistem sağlığını ve mikrobiyom çeşitliliğini iyileştirir • İyileştirilmiş kan basıncı kontrolü ve antiinflamatuvar ile ilişkili iyi bir nitrat kaynağı • Çoklu doymamış yağ asidi ve sterol içeriğinin artması yoluyla kolesteroldeki iyileşme ile ilişkili • Eşdeğer bitki bazlı protein üretimi daha az su, toprak, gübre ve böcek ilacı gerektirdiğinden çevresel etki azalıyor	• Pek çok bitki bazlı protein esansiyel amino asitlerce fakirdir (soya, karabuğday ve kinoa içeren gıdalar tam veya tama yakın olarak kabul edilebilir) • Azalan sindirilebilirlik • Diyetin çeşitlendirilmemesi ve takviye edilmemesi vitamin ve mikro besin eksiklikleriyle ilişkili olabilir

Tahıllar

Hayvansal gıdaların ikame maddeleri olarak tahıllar önemli bir gruptur ve dünya çapında insan beslenmesinde büyük öneme sahiptir. Buğday, arpa, mısır, pirinç, yulaf, sorgum gibi bitkiler bu gruba girmektedir. Tahıllar protein içeriği bakımından zengindir ve ana protein deposu çoğunlukla depo proteinleridir. Aynı zamanda iyi bir lif, vitamin ve mineral kaynağıdır ve esas olarak nişastanın sindirimi yoluyla diyet enerjisini arttırmaya da önemli katkılar sağlarlar. Ek olarak, polifenoller, antioksidanlar, vitaminler ve kalsiyum, magnezyum, çinko, demir ve mineraller gibi diğer biyoaktif bileşikler de içerir. Tahıllar grubunda yer alan pirinç gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde yaygın olarak tüketilmektedir. Pirinç proteinlerinin amino asit profili

analiz edildiğinde albümindeki en yüksek lizin (Lys) içeriği gözlemlenirken globülin de ise sülfür aminoasitleri ana içeriğine sahiptir (Sá vd., 2020). Aynı zamanda pirinç proteini, hipokolesterolemik (plazma kolesterol seviyesini düşürür) ve hipoalerjenik (herhangi bir alerjik reaksiyona karşı daha düşük risk) özellikleri, hafif tadı, renksizliği ve yüksek miktarda esansiyel amino asitleri nedeniyle oldukça değerli kabul edilir ve pirincin bazı gıda ürünlerine önemli bir katma değer sağladığı bilinmektedir. Diğer bir önemli tahıl grubu olan buğdaydaki gluten buğdaydan nişasta üretimi sırasında ortaya çıkan maliyeti düşük bir yan üründür ve çölyak hastaları tarafından tüketilmesi önerilmeyen bir bileşendir. Yulaf son yıllarda bitki bazlı süt alternatifleri gibi içecekler ile yoğurt vb. fermente ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır (Barbosa vd., 2022). Mısır ve protein konsantreleri, özellikle gelişmekte olan ülkelerde tüketilen, oldukça besleyici bir tahıl protein kaynağıdır. Mısır, Lys de dahil olmak üzere insanlar için tavsiye edilen miktarların üzerinde yüksek miktarlarda esansiyel amino asitler içerir ve böylelikle insan beslenmesinde protein içeriğini zenginleştirmek için mükemmel bir seçenek olduğu öne sürülmektedir (Sá vd., 2020).

Yalancı Tahıllar

Son yıllarda, tüketicilerin besleyici ve dengeli bitkisel kaynaklara yönelmesi ile kinoa, chia, amaranth ve karabuğday gibi yalancı (pseudocereal) tahıl proteinlerinin kullanımına olan ilgi artmıştır. Tohumları kompozisyon ve işlev bakımından gerçek tahıllara benzediğinden bunlara sahte/yalancı tahıllar denir. Psödotahtıl proteinlerinin aminoasit bileşimi, yüksek miktarda esansiyel aminoasit içeriği ve yüksek biyoyararlanım ile iyi dengelenmiştir. Ayrıca, yalancı tahıllar gluten içermediği için çölyak hastaları için yeterli besin alımının sağlanmasına yönelik önemli kaynaktır. Bu kaynaklar yüksek protein, lif, doymamış yağ asitleri ve arzu edilen vitamin ve mineral düzeyine sahiptir (López vd., 2018)

Baklagiller

Bitki bazlı protein kaynaklarına olan ilginin artmasına paralel olarak yaygın olarak üretilen ve tüketilen baklagillerden protein elde edilmesi de artmaktadır. Son yıllarda bitki bazlı protein kaynaklarına olan ilginin artmasıyla birlikte glisemik indeksi düşük, diyet lifi, vitaminler, mineraller ve çeşitli biyoaktif bileşenler açısından zengin olan soya fasulyesi de dikkat çekmeye başlamıştır. Son birkaç yılda yapılan araştırmalara göre soya fasulyesinin büyüme ve gelişme için gerekli tüm temel proteinleri içerdiği belirlenmiştir (S. T. Tan, Tan, & Tan 2023). Soya fasulyesi proteinlerinin bileşiminde özellikle fenilalanin, metiyonin, treonin, valin, izolösin, triptofan ve lizin gibi amino asitlerin varlığı hayvansal proteine daha yakın olduğunu göstermektedir (Kudetka vd., 2021). Soya fasulyesi yüksek protein içeriğinin yanı sıra bazı dezavantajları da vardır. Soya fasulyesinin sahip olduğu kötü aroma ve tadın yanında bazı kişilerde alerjik reaksiyonlar oluşturması, kullanımını sınırlandırmaktadır.

Yeterince kullanılmayan baklagillerden biri olan mercimek proteini, esansiyel amino asit içeriği ve sağlık etkileri ile araştırmacılar tarafından ilgi görmektedir. Ayrıca mercimek proteinleri gıda ürünlerinde önemli bir parametre olan jelleşme özelliğinin yanı sıra su, aroma, prebiyotik ve gıda bileşenlerinin hapsedilmesini sağlayan üç boyutlu ağ yapısı oluşturmaktadır (Tang vd., 2024). Soya proteinine benzeyen bir diğer baklagil olan maş fasulyesi de daha düşük alerjenitesinden dolayı kullanım olanağı artmaktadır. Soya proteini ve maş fasulyesi proteinlerinin jelleşme kapasiteleri karşılaştırıldığında maş fasulyesinin daha iyi olduğu bulunmuştur. Bu özelliği de bu protein kaynağının gıda ürünlerinde kullanılma konusunda avantajlı bir konuma sokmaktadır (Tojan vd., 2024).

Yağlı Tohumlar

Yağlı tohumlar ve bunların pres kekleri, posaları önemli bir protein ve biyoaktif bileşen kaynağıdır. Bu nedenle son yıllarda yağlı tohumlar gıda ve nutrasötik endüstrilerinde giderek daha popüler bir alternatif protein kaynağı haline gelmektedir. Özellikle beslenme uzmanları ve gıda üreticileri tarafından geniş çapta tanınmakta ve bu nedenle tüketicilerin ilgisi de dünya çapında hızla artmaktadır. Başta et, unlu mamuller ve süt ürünleri olmak üzere çeşitli işlenmiş gıdalar, gıda alerjileri, bağırsak hastalıkları, kanser ve nörodejeneratif hastalıklar gibi bazı sağlık sorunları yaşayan tüketicilere yönelik yağlı tohum küspesi veya yağlı tohum protein hidrolizatları ile desteklenebilmektedir.

Son yıllarda, amino asit bileşimi ve çeşitli bitkilerden elde edilen yağlı tohumların besinsel ve sağlık açısından yararları konusundaki farkındalık adına önemli ilerlemeler yaşanmıştır. Chia, kenevir, çörek otu, balkabağı tohumu, kolza tohumu proteinlerinden salınan çok sayıda peptidin, biyoaktif aktiviteye, yani ACE inhibitör aktiviteye, antioksidan aktiviteye, anti -inflamatuvar, antimikrobiyal, hipoglisemik veya kardiyoprotektif etkilere sahip olduğu tanımlanmıştır. Ancak çuha çiçeği, deve diken ve susam proteinlerinin biyoaktif özellikleri hakkında hala çok az bilgi bulunmaktadır. Klinik ve hayvan deneylerini kullanarak sağlığa yararlarını araştırmak için ek çalışmalara ihtiyaç olduğu bildirilmiştir. Sonuç olarak, yağlı tohum proteinleri, gıda endüstrisinde fonksiyonel bileşenler veya protein ikameleri olarak büyük bir potansiyele sahiptir (Kotecka-Majchrzak vd., 2020).

Kuruyemişler

Atıştırılabilirlik olarak tercih edilen kuruyemişler dünya genelinde yaygın kullanıma sahiptir. Bitki bazlı protein kaynaklarının arayışında kuruyemişler incelendiğinde oldukça verimli protein kaynaklarının olduğu belirlenmiştir. Bu kuruyemişler arasında en yaygın olarak bilinen yer fıstığının kuru madde üzerinden %24-36 aralığında protein içeriğine sahiptir. İçerdiği esansiyel amino asitler ve sağlık üzerinde teşvik etkisi olan

diğer bileşenler yönünden oldukça zengindir. Nispeten yüksek besin değeri, yüksek verimi ve düşük maliyeti ile yer fıstığı proteinin diğer gıdalarla birlikte işlenmesine olan ilginin günden güne artmasına neden olmaktadır. Yer fıstığı proteinleri ana fraksiyonları, farklı amino asit profilleri, moleküler ağırlıkları ve yapıları nedeniyle benzersiz fiziksel ve fonksiyonel özellikler sergiler (Cui vd., 2023). Ekonomik açıdan önemli olan diğer bir kuruyemiş olan ceviz, yağ ve protein açısından zengindir. Özellikle yağsız kuru maddesi %45 civarında protein içermektedir. Bu protein içeriği insan vücudu için iyi dengelenmiş temel amino asitlere sahiptir (Ma vd., 2024). Yıllık üretimi 1.2 milyon ton olan ve dünyada en çok tüketilen kuruyemişlerden biri olan badem çekirdeklerinin protein ekstraksiyonu oldukça kolay ve ekstraksiyon verimi de %70' e kadar yükselmektedir. Genel olarak badem çekirdeği proteinin yüksek besin içeriği, yeterli hammadde kaynağı, basit ekstraksiyon işlemi ve yüksek ekstraksiyon oranından dolayı protein açığını doldurmak için umut verici kaynaklardan biridir (Shi vd., 2023) protein içeriğine sahip olan kaju, protein içeriğinin emülsifiye özelliği ve yağ tutma kapasitesi göz önüne alındığında bitki bazlı gıda üretimlerinde kullanım olanakları artmaktadır (Oyeyinka vd., 2019).

Yumrular

Yumrular besin içeriği ve besin değeri incelendiğinde protein miktarı nedeniyle bitki bazlı proteinlere alternatif olarak değerlendirilebilmektedir. Dünya genelinde yaygın olarak tüketilen patates, içerdiği protein miktarı çoğu temel bitki proteininden daha yüksek olması ve yumurta proteinine yakın besin kalitesi gösterdiği için bitki bazlı protein alternatifleri arasında değerlendirilmektedir (Romero vd., 2011)type, and solubility of proteins and the size of aggregates have been determined in aqueous dispersion. Air-water and oil-water interfacial properties (adsorption, spreading, and viscoelastic properties. Bununla birlikte patates proteinleri alerjik olmaması ve yüksek besin değerine sahip olması nedeniyle kullanım olanakları artmaktadır. Ayrıca patates proteinleri, jelleşme, köpürme ve emülsifiye etme özellikleri ile fonksiyonel özellik göstermektedirler. Yapılan araştırmalara göre patates proteinlerinin, peynir altı suyu tozu ile karşılaştırılabilir emülsifiye edici özelliğe sahip olduğu belirlenmiştir (Tan vd., 2023).

Mikrobiyal Protein Kaynakları

İnsan beslenmesinde ve zengin protein içeriği ile besin değeri yüksek olan bir diğer bitki bazlı protein kaynağı yenilebilir mantarlardır. Mantarlar gelişmeleri için daha az suya ihtiyaç duyarlar ve endüstriyel atıklar ile beslenebilirler. Mantarların kolay yetiştirilmelerinin yanı sıra kuru maddede %19-35 oranında protein içeriğine sahip olmasıyla büyük öneme sahiptir. Yenilebilir mantarlar bazı sebzelerden daha yüksek protein içeriğine sahipken soya fasulyesi protein içeriğine de yakındır. İnsan beslenmesi için gerekli olan 8 esansiyel amino asidi içermektedir. Ayrıca, bitki bazlı

protein kaynaklarında yaygın olarak kullanılan soya fasulyesi ve buğday gibi bitkilerle karşılaştırıldığında yenilebilir mantarlarda alerjenite nispeten düşüktür. Bu gıda alerjenleri temel olarak fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörlerden etkilenebilen proteinler olduğu için belirli yöntemler ile azaltılabilir veya ortadan kaldırılabilir. Mantar proteinlerinin besinsel özellikleri ve gıda ürünlerine ilave edilmesinde bitki bazlı gıda analogunun geliştirilmesinde oldukça önemli etkiler göstermektedir (Wang ve Zhao, 2023)

Alg Proteinleri

Son yıllarda yenilebilir alglerden elde edilen ve yüksek değerli protein içeriğine sahip olarak değerlendirilen mikroalgler protein kaynağı olarak önem taşımaktadır. Mikroalg proteinleri, kuru madde içeriğinin %50-80 aralığında yüksek protein içeriğine sahiptir (Muys vd., 2023) microbial protein (MP). Mikroalgler türlerine göre ürettikleri protein miktarları da değişiklik gösterebilmektedir. Yaygın olarak yüksek protein içerikleri ve besin değerleri nedeniyle *Spirulina plantesis*, *Chlorella* sp., *Dunaliella terticola*, *Dunaliella salina* ve *Aphanizomenon flos-aquae* türleri ön plana çıkmaktadır. Tablo 2’de çeşitli mikroalg türlerinin kuru madde cinsinden protein miktarları verilmiştir (Koyande vd., 2019).

Tablo 2.

*Mikroalg Türlerinin Protein, Lipid ve Karbohidrat İçerikleri * (Koyande vd., 2019).*

Mikroalg türleri	Protein (%)	Mikroalg türleri	Protein (%)
Anabena cylindrica	43-56	Isochrysis galbana	50-56
Aphanizomenon flos-aquae	62	Porphyridium cruentum	28-39
Chaetoceros calcitrans	36	Prymnesium parvum	28-45
Cylamydomonas rheinhardii	48	Scenedesmus obliquus	50-56
Chlorella vulgaris	51-58	Scenedesmus dimorphus	8-18
Chlorella pyrenoidosa	57	Scenedesmus quadricauda	47
Diacronema vlkianum	57	Spiogrya sp.	6-20
Dunaliella salina	57	Spirulina maxima	60-71
Dunaliella bioculata	49	Spirulina platensis	46-63
Euglena gracilis	39-61	Synechococcus sp.	63
Haematococcus pluvialis	48	Tetraselmis maculata	52

* Değerler kurumadde üzerinden verilmiştir.

Yeşil Yapraklı Bitkiler

Geleneksel olarak yeşil yapraklı bitkiler, yem, yeşil gübre gibi çeşitli gıda dışı uygulamalarda kullanılmaktadır. Ancak bu bitkiler, iyi bir protein, vitamin, mineral, diyet lifi ve esansiyel yağ asitleri kaynağı oldukları için arzu edilen besin profilleri nedeniyle gıdalarda da kullanılma potansiyeline sahiptir. Yeşil yapraklı bitki proteinleri, yonca, ıspanak, manyok, tütün, çimen, moringa, brokoli ve şeker pancarı dahil olmak üzere farklı bitki kaynaklarında kayda değer miktarlarda mevcuttur (Hadidi vd., 2023). Örnek olarak ıspanak, sodyum (827 mg/100g), demir (28,4 mg/100g), magnezyum (827 mg/100g) ve kalsiyum (1036 mg/100g) gibi mükemmel bir mineral kaynağıdır (Kumari vd., 2004). Bu yenilebilir yeşil yapraklı bitki kaynakları genellikle uygun fiyatlı ve bol protein kaynaklarıdır. Üstelik bu proteinlerin üretimi, yeşil yapraklı bitkilerin atmosferdeki karbondioksiti tutma yeteneğinden dolayı sera gazı seviyelerinin azaltılmasına yardımcı olabilir. Bazı yeşil yapraklı bitkilerin içerdiği protein oranları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3.

Bazı Yeşil Yapraklı Bitkilerin İçerdiği Protein Oranları (Hadidi vd., 2023).*

Sebze (100 g için)	Protein Oranı (g)
Yabani Turp Yapağı	32.26
Yabani Nane	20.1
Brüksel Lahanası	5.2
Ebegümeçi	4.4-26.2
Nane	4.0
Asma Yapağı	3.8
Maydanoz	3.6
Enginar	3.0
Roka	3.0
Tere	3.0
İspanak	2.8-3.2
Madımak	2.4
Pazı	2.0
Semiz Otu	2.0
Kıvırcık	1.7
Marul	1.2-12.5
Yonca	1.0

*Değerler kuru madde üzerinden verilmiştir.

BİTKİ BAZLI PROTEİNLERDE ARANAN ÖZELLİKLER

Sürdürülebilir bir beslenme ve hayvansal protein kaynaklarının kullanımını azaltmak için bitkisel kaynaklı protein arayışı yaygınlaşmaktadır. Bitkisel kaynaklı proteinler, hayvansal proteinlere alternatif olarak görüldüğü için türevlerinin fonksiyonel ve fizikokimyasal özelliklerinin derinlemesine araştırılması ve fizyolojik etkilerinin anlaşılması, ayrıca gıda ürünlerine işlenebilirliğinin araştırılması gerekmektedir. Bitki bazlı protein kaynaklarının gıda ürünlerinde kullanımı, tüketici kabulü, gıda güvenliği ve üretim maliyeti gibi değerlerinin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Gıda endüstrisinde protein izolatları (Şekil 3), yenilebilir kaplama malzemeleri, gıda stabilizatörleri, hidrojel ile yapıstırıcılar ve biyoaktif peptitler olarak kullanımları mevcuttur (Kumar vd., 2022)

Şekil 3.

Protein izolatlarının kullanım alanları.

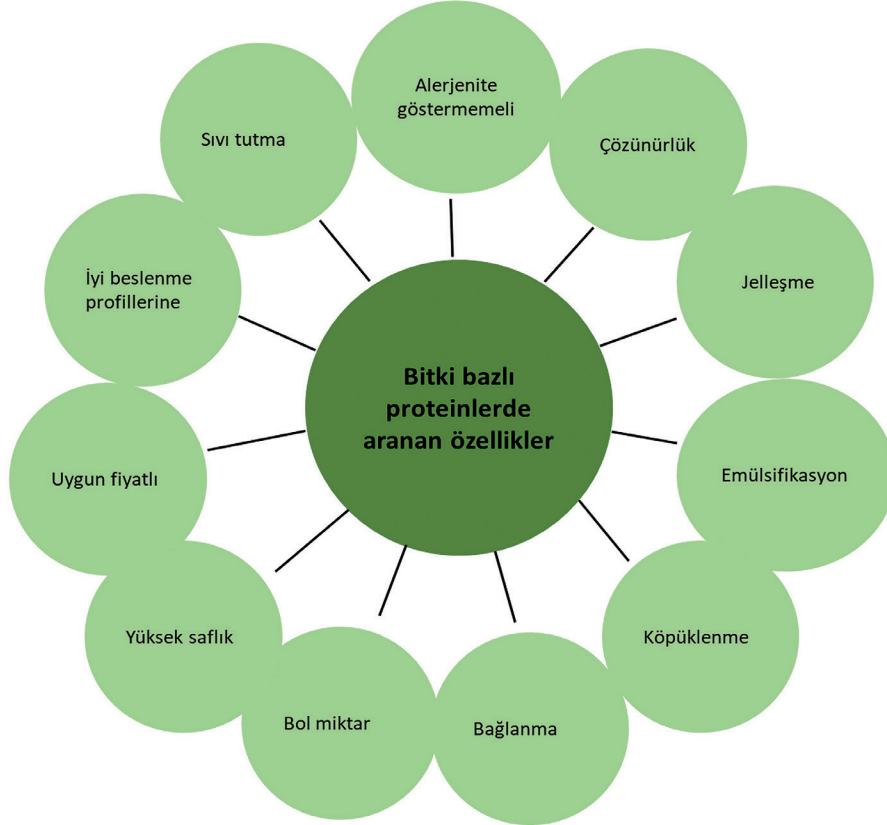
Protein Takviyesi	Yenilebilir Filmler ve Kaplama	Emülsiyon Stabilizatörü veya Emülgatör	Hidrojeller	Biyoaktif Peptitler
				

Bitki bazlı proteinlerin işlenmesi veya gıdalarda ürünlerinde daha iyi etkinlik gösterebilmesi için bazı fonksiyonel özelliklere sahip olması gerekmektedir. Bu özellikler; su tutma kapasitesi, alerjen etkinlik göstermemesi, iyi çözünürlük, jelleşme kabiliyeti, emülsifikasyon etkinliği, köpük oluşturma özelliği, bağlanabilme, miktar olarak kolay ve bol bulunabilir olması, yüksek saflıkta olması, maliyeti düşük ve iyi beslenme özelliği göstermelidir (Şekil 4; Hewage vd. 2022; Hadidi vd., 2023). Bununla birlikte proteinlerin ekstraksiyondan sonra karakterizasyonu, kalitesinin analizi ve değerlendirilmesi için zorunludur. Protein kaynaklarının yeteneği vücudun metabolik ihtiyaçlarının karşılanması, kaliteleri değerlendirilerek belirlenir. Proteinlerin fonksiyonel ve fizikokimyasal özelliklerinin karakterizasyon teknikleri yoluyla tam olarak anlaşılması, proteinlerin gıdalarda ve besinsel açıdan üstün işlenmiş ürünlerde kullanımının artırılmasında merkezi öneme sahiptir. Bu anlayış, gıda ve gıda dışı sistemlerde proteine yönelik spesifik bir uygulamanın açıklanmasına yardımcı olur.

Örneğin bitki kaynaklarından elde edilen saflaştırılmış antioksidan peptitler gıdaların korunmasında kullanılabilir çünkü bu peptitler gıdalardaki oksidasyon sürecini geciktirir (Kumar, Tomar, Potkule vd., 2022)

Şekil 4.

Bitki bazlı proteinlerde aranan özellikler (Hadidi vd., 2023; Hewage vd., 2022).

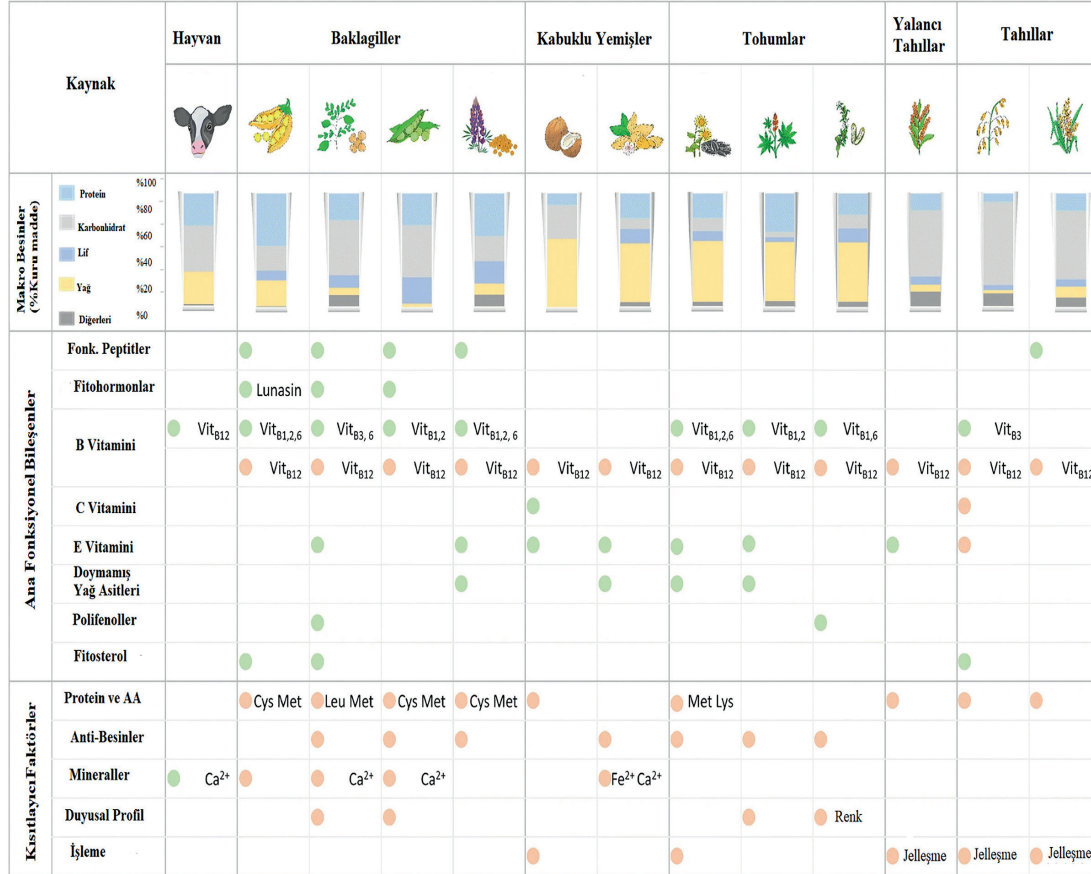


BİTKİ BAZLI PROTEİNLERİN FONKSİYONEL BİLEŞENLERİ

Bitki bazlı protein kaynakları hayvansal besinlere alternatif olarak geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Hayvansal ürünler kategorisinde yer alan süt ise yıllardır süregelen fermente süt ürünlerinin ana kaynağı olduğu için geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bitki bazlı fermente süt ürünlerinin verimli bir şekilde üretilmesi ve beslenme açısından süt ürünlerine benzer olabilmesi için bu bitki bazlı protein kaynaklarının besin içeriğinin süt ile karşılaştırılması gerekmektedir. Bitki bazlı ürünlerden soya protein, Hindistan cevizi yağı ve pirinç ise karbonhidrat açısından oldukça zengin bir içeriğe sahiptir (Şekil 5).

Şekil 5.

Bitki bazlı süt alternatifi üretiminde kullanılan yaygın bitkilerin makro besin bileşimi, fonksiyonel bileşenleri ve sınırlayıcı faktörleri (Tangyu vd., 2019).



Gıda formülasyonlarında bitki bazlı proteinler, jelleştirici, koyulaştırıcı ve köpük oluşturu ajanlar olarak görev yapmak da dahil olmak üzere önemli roller oynar ve emülsiyon stabilizatörü, su ve yağ bağlama etkilerine sahiptir. Ayrıca bitki bazlı proteinlerin antimikrobiyal ve antioksidan aktivite gibi biyolojik fonksiyonları da bulunmaktadır. Bilimsel literatüre göre, tahıllar (buğday, pirinç, mısır, arpa ve sorgum), baklagiller (soya fasulyesi, barbunya fasulyesi, bezelye, siyah fasulye, güvercin bezelyesi, yer fıstığı ve börülce) ve yağlı tohumlar (susam, kolza tohumu ve pamuk tohumu) bitkisel proteinin kaynaklarıdır. Pek çok çalışma aynı zamanda kepek, yağsız küspeler ve tahıl yaprakları, baklagiller ve yağlı tohumlar (buğday, arpa, soya fasulyesi, yer fıstığı, kanola, yer fıstığı, keten tohumu, üzüm çekirdeği, susam tohumu, pamuk tohumu, kabak çekirdeği, kolza tohumu, ayçiçeği) gibi yan ürünlerin potansiyelini de göstermiştir (Kumar vd., 2022).

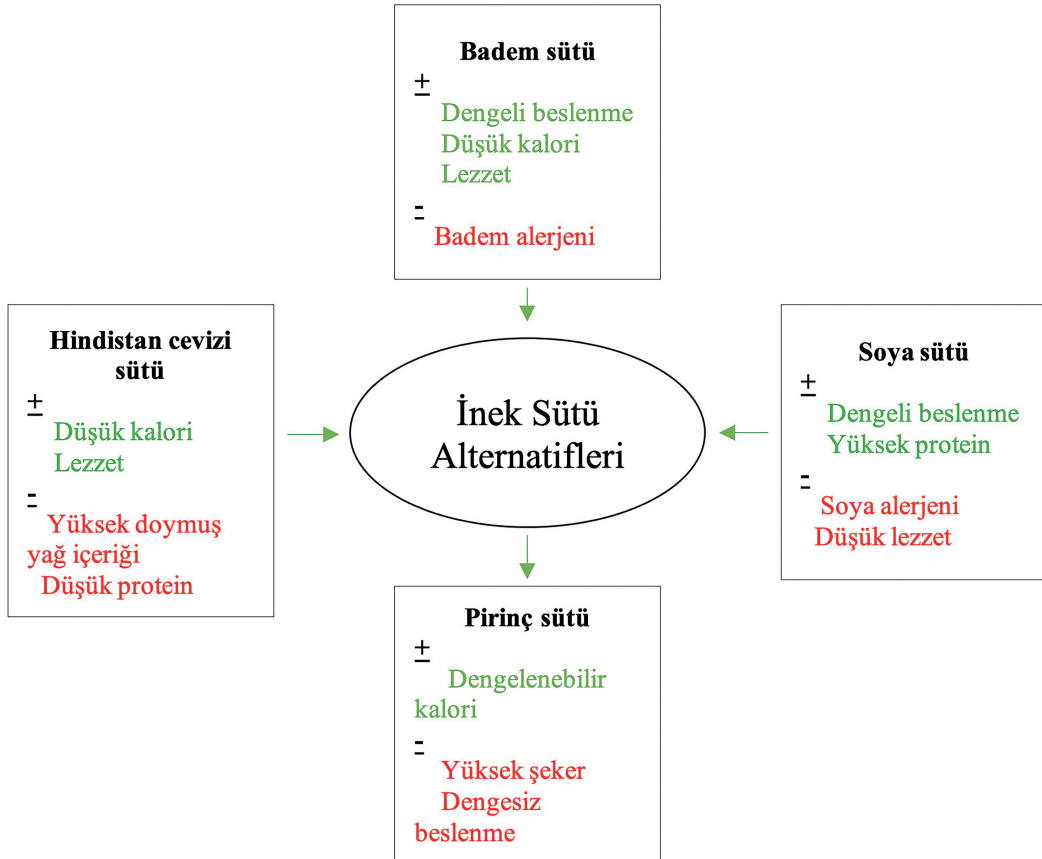
BİTKİ BAZLI PROTEİNLERİN GIDA UYGULAMALARI

Bitki Bazlı Süt Alternatifleri

Bitki bazlı süt alternatiflerine yönelik sürekli artan talep ve farklı fonksiyonel özellikleri keşfetmeye olan ilginin artması nedeniyle, bitki bazlı süt alternatifleri üretmek için çeşitli bitkiler kullanılmaktadır. Kullanılan bitki kaynakları beş türe ayrılabilir: (i) baklagiller, (ii) sert kabuklu yemişler, (iii) tohumlar, (iv) yalancı tahıllar ve (v) tahıllar. Soya bazlı içecekler Batı Dünyasındaki baskın bitki bazlı süt alternatifleridir. Ayrıca badem, Hindistan cevizi, ayçiçeği tohumu, nohut, acı bakla bazlı içecekler, kenevir, susam, kinoa, bezelye ve pirinç mevcuttur. Bitki bazlı süt alternatiflerinin kullanılan ham maddeye bağlı olarak bileşimi ve tadı önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Bazı bitki bazlı süt alternatiflerinin olumlu ve olumsuz özellikleri Şekil 6' da gösterilmiştir (Vanga ve Raghavan, 2018).

Şekil 6.

Bazı bitki bazlı süt alternatiflerinin olumlu ve olumsuz özellikleri.



Bitki Bazlı Yoğurt Alternatifleri

Yoğurt fonksiyonel bir gıda olarak kabul edilir çünkü fermentasyon sırasında laktik asit bakterileri (LAB), gastrointestinal enfeksiyona karşı koruma, serum kolesterolünü düşürme, bağışıklık sistemini uyarma ve bağırsak mikroflorasını stabilize etme gibi önemli terapötik değerler sağlar. Son zamanlarda fermente yoğurt alternatifleri, bitki bazlı süt ikamelerinin daha çevre dostu olması ve daha doğal antioksidanlara sahip olması nedeniyle tüketicilerin ilgisini çekmektedir. Bazı çalışmalar, LAB ile aşıl原因 soya ieeğinin yoğurt benzeri ürünler oluşturabileceğini bildirmiştir. Proteinlerin farklı doğasından dolayı süt ürünü olmayan yoğurt alternatifleri, süt kaynaklı yoğurtla karşılaştırıldığında yapısal dezavantajlar ortaya çıkabilmektedir. Son yıllarda birçok araştırmacı, asit kaynaklı soya ve yulaf proteini bazlı jellerin yapısını ve reolojik özelliklerini incelemiştir. Bununla birlikte, sulandırılmış süt, soya ieeğı ve yulaf ieeğı arasındaki fizikokimyasal özellikler ve uçucu tat bileşenlerinin LAB ile fermentasyon öncesi ve sonrası farklılıkları henüz açıklığa kavuşturulmamıştır (Wang vd., 2023). Bitki bazlı yoğurdun besin bileşimi, formülasyonunda kullanılan hammaddelere bağlıdır. Yulaf ve piring gibi tahılların kullanımı yüksek düzeyde karbonhidrat ve lif sağlarken, kinoa, acı bakla, mercimek ve soya gibi sahte tahıllar ve baklagillerin kullanımı yüksek değerli proteinlerle sonuçlanmaktadır. Bununla birlikte, düşük miktarda amino asit içeren bitki proteinlerinin genellikle besin açısından eksik olduğu, sindirilebilirliği düşük olduğu ve antibeslenme/antinutrient faktörleri içerdiği düşünülmektedir. Tahıl ve baklagillerin kombinasyon halinde karıştırılması, birbirlerinin amino asitlerini tamamlayabilir ve biyoişlem yoluyla amino asitlerin biyoyararlılığını en üst düzeye çıkarabilir (Dhakal vd., 2023).

Üç çeşit sütün (rekonstüte süt, soya sütü ve yulaf sütü) kullanılarak yoğurt elde edildiğı çalışmada yoğurtların bileşimi, fizikokimyasal özellikleri, reolojisi, uçucu bileşikleri incelemesi sonucunda rekonstüte süttten yapılan yoğurdun daha yüksek titre edilebilir asitlik gösterdiği ve fermentasyon için daha uygun olduğunu göstermiştir. Soya bazlı yoğurt en yüksek sertlik, kıvam ve su tutma kapasitesine aynı zamanda yüksek G>/G>> değerlerine ve yüksek stabiliteye sahip çıkmıştır. Yulaf bazlı yoğurt ise gevşek bir yapı ile birlikte düşük sertlik ve G> değerine sahip olduğu bildirilmiştir. Sonuç olarak fermentasyon sırasında soya proteinleri arasında daha fazla ve daha güçlü etkileşimlerin olduğu görülmüştür (Wang vd., 2023).

Soya fasulyesi ve kinoa kullanılarak kabul edilebilir ve fonksiyonel bitki bazlı yoğurt üretildiğı bildirilmiştir. Soya bazlı yoğurdun formülasyonuna kinoanın eklenmesi, başlangıç kültürünün metabolik yeteneğı üzerinde bir etkiye sahip olmuş, bu durumun bileşim, su tutma kapasitesi, hücre canlılığı, renk ve reolojik özellik üzerinde önemli bir varyasyona neden olduğu bildirilmiştir. Duyusal analiz sonuçlarının kinoanın soya fasulyesine karşı 8:2 ve 2:8 oranında kullanılmasının hem besin değeri hem de tüketici tercihi açısından yüksek puanlar aldığını belirtmişlerdir (Huang vd., 2022).

Bitki Bazlı Peynir Analöğü

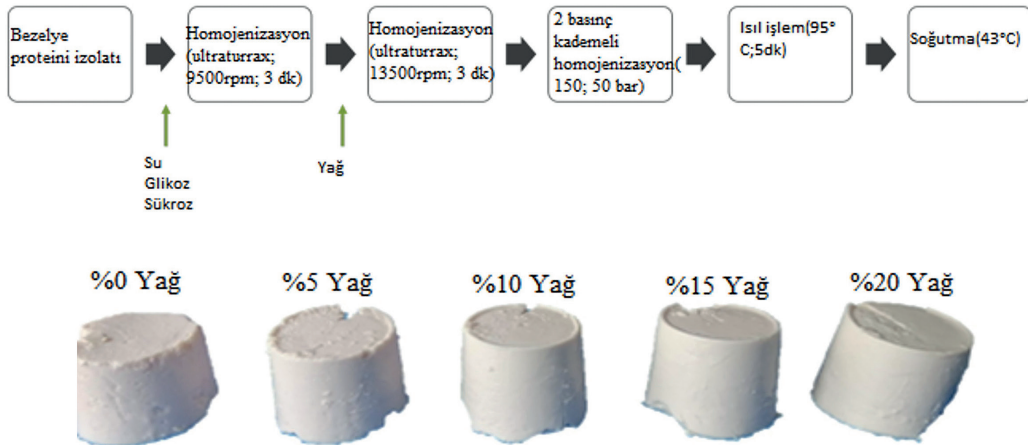
Bitki bazlı peynir alternatifi endüstrisi, en hızlı büyüyen sektörlerinden biridir. Geleneksel peynir ile bitkisel peynir üretimi arasındaki temel fark, normal peynirde tek bir ana bileşenin (farklı kaynaklardan elde edilen süt) bulunmasıdır. Buna karşın, bitki bazlı peynir analogları birçok farklı kaynaktan üretilebilmektedir. Bitki bazlı peynirlerde kullanılan proteinler esas olarak bezelye, soya, acı bakla, patates, fındık ve mısırdan elde edilmektedir. Kullanılacak olan bitkisel proteinlerin farklı fizikokimyasal ve fonksiyonel özellikleri yerine getirmesi gerekmektedir. Bu özellikler arasında emülsifikasyon, jelleşme, su tutma ve lezzet gibi özellikler sayılabilmektedir (Grossman vd., 2021).

Fermantasyonla indüklenen bitki bazlı peynirlere uygun optimal bezelye protein matrisinin tanımlanmasına ve karakterize edilmesi ile ilgili yapılan bir çalışmada bezelye protein matrislerinde stabilite ve jel oluşumu araştırılmıştır. %10 protein ve %0, 5, 10, 15 ve 20 zeytinyağı seviyelerine sahip bezelye protein izolatu (PPI) emülsiyonları üretilmiş ve bitki matrislerine uygun bir starter kültür ile ayrıca fermente edilmiştir. Tüm PPI emülsiyonlarının 7 saat sonra fiziksel olarak stabil olduğunu göstermiştir. PPI emülsiyonlarında ζ -potansiyeli zamanla önemli ölçüde değişmemiş, tüm numunelerde çift modlu parçacık boyutu dağılımı gözlenmiş ve numunelerin hiçbirinde 7 saat sonra önemli bir değişiklik gözlenmemiştir. Daha yüksek yağ içeriği, daha zayıf jellere ve daha düşük elastik modüle yol açmış ve kapalı kaplarda soğutma altında 7 günlük depolama boyunca jel sertliğinde önemli bir değişiklik gözlenmemiştir.

Bitki bazlı peynir için bezelye proteini izolatu (PPI) matrisinin üretim süreci Şekil 7’de gösterilmiştir.

Şekil 7.

%10 protein içeren farklı yağ içeriğindeki peynirlerin kapalı kaplarda buzdolabında 7 gün saklandıktan sonraki görünümleri (Masiá vd., 2022)



Correia vd. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, ham veya ekstrüde sorgum ununun krem peynir formülasyonlarına dahil edilmesinin ürüne etkisi incelenmiştir. Ham sorgum ununun krem peynir formülasyonlarına eklenmesi, önceden işleme gerekmediği için daha karmaşık ve maliyetli olan ekstrüde sorgum ununa göre duysal ve operasyonel maliyetler açısından daha uygun olduğu görülmüştür. Sorgum unu ilaveli krem peynir gibi yeni ürünlerle, insanlar için besinsel, işlevsel ve duysal yararları olan tüketilebilir ürünlere yönelik pazar talebinin karşılandığı belirtilmiştir. Bitki bazlı peynir analogları geliştirmek için hammadde olarak farklı baklagil unlarının (haşlanmış ve kavrulmuş sarı bezelye ve bakladan elde edilen unlar) kullanıldığı araştırmada, haşlanmış ve kavrulmuş sarı bezelye ve bakladan elde edilen unların, bitki bazlı peynir analogları üretmek için hammadde olarak kullanılmaya uygun olduğu görülmüştür. Baklagil bazlı peynir analoglarının, yüksek lif içerikleri (6-8 g/100 g ürün) nedeniyle fonksiyonel gıdalar olarak tüketilebileceği belirtilmiştir. Geliştirilen baklagil bazlı peynir analoglarının, mevcut bitki bazlı peynir pazarında potansiyel olarak daha sağlıklı alternatifler olabileceği ve bakliyat tüketimini artırmaya katkı sağlayacağı ileri sürülmüştür (Ferawati vd., 2021).

Bitkisel Bazlı Et Analogu

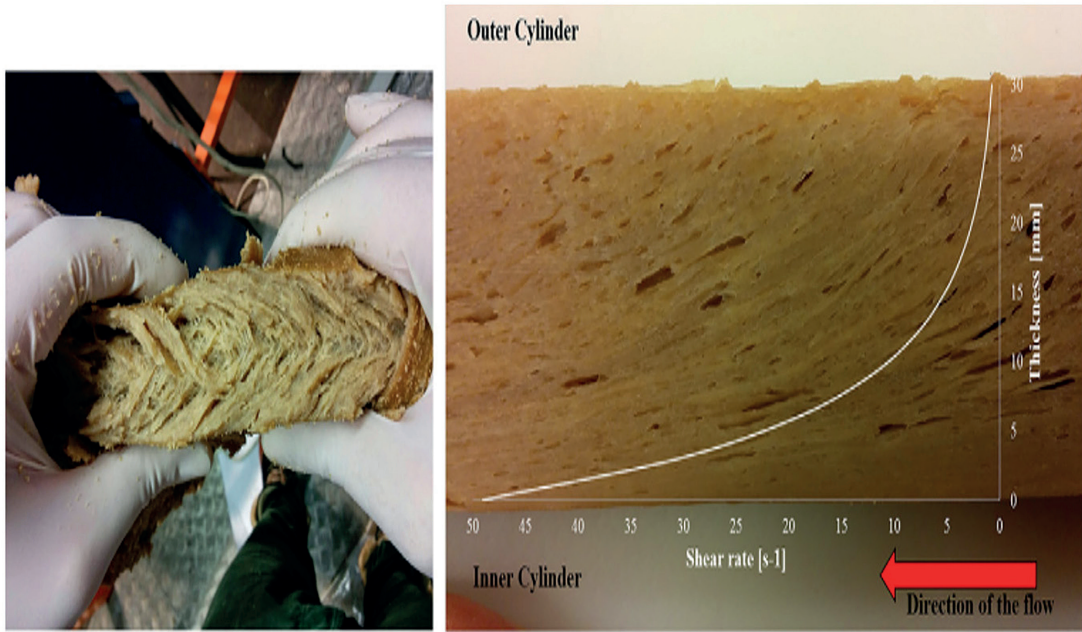
Bitki bazlı et analoğu üretiminde, genellikle temel bileşenler olarak bitki proteinlerini kullanılır Bunun için en sık kullanılan bileşenler tahıllar ve baklagil kökenli proteinlerdir. Tüketiciler tarafından popüler olarak kabul edilen ve aynı zamanda bitki bazlı geleneksel Asya ürünlerinin temel kaynağı olan soya fasulyesi proteinleri; yuba, tofu ve fermente ürünlerin geleneksel bitki bazlı et analoglarından bazıları gibi sıklıkla kullanılmaktadır (Lou vd., 2023). Et analoğunun geliştirildiği bir çalışmada, Couette hücresinde basit kesme akışı ve ısı uygulamasının, hafif işlem koşullarında bitki proteinlerinin granüler bir karışımına lifli yapısal desenler oluşturabilen ölçeklenebilir bir işlem konsepti olduğunu gösterilmiştir. Özellikle yapılandırılmış soya bazlı et ikamelerinin üretiminde 7 litre kapasiteli Couette Cell cihazı kullanılmıştır. İşlem sıcaklığı 120°C’de sabit kalırken işlem süresi ve dönüş hızı parametreleri arasındaki optimum işlem koşullarını bulmak için azaltılmış faktöriyel deney tasarımı kullanılmıştır. Çalışma sonunda (Şekil 8) yüksek anizotropi indekslerine sahip fiber yapıları elde edilmiştir (Krintiras vd., 2016).

Bir diğer çalışmada, hayvansal ete kıyasla soya proteini bazlı gıda jellerinin lifli yapısını ve reolojik özelliğini kontrol etmek için dondurma işlemi kullanılmıştır. Soya fasulyesi unu ve iki tür soya proteini izolat tozu, et benzeri yapılar üretme yetenekleri ve reolojik özellikleri açısından incelenmiştir. İzolat tozlarının ve dondurma koşullarının belirli kombinasyonlarının, gıda protein jellerinde çok katmanlı yapılar üretebildiği bulunmuştur. Ayrıca, %10 katı içerikli formülasyondaki soya fasulyesi unu, gerçek etin kırılma mukavemetine eşdeğer bir kırılma mukavemeti elde eden, nispeten

gözenekli ve anizotropik bir yapıya sahip katmanlı en yoğun katmanların oluşmasıyla sonuçlanmıştır. Gerçek et yapılarını taklit etmede anahtar rol oynayan protein jelindeki buz kristallerinin büyümesi, numunelerin jelleşme yeteneğinden önemli ölçüde etkilenmiştir. Jelleşme yeteneği düşük olan soya fasulyesi unu, soya proteini bazlı gıda jellerinin dondurularak yapılandırılması için iyi bir adaydır (Sun vd., 2015).

Şekil 8.

Sol: 120°C, 20 rpm’de (dakikada devir sayısı) 30 dakikada elde edilen tipik fiber yapı numune. Sağ: Numune kalınlığı (30 mm).



SONUÇ VE ÖNERİLER

Bitki bazlı protein kaynakları, beslenme ve çevresel etkileri azaltma gibi potansiyelleri gelecek için umut vadetmektedir. Son yıllarda beslenme farklılıkları, inanış ve kültürel yapılar ile hayvansal ürünlerin çevreye verdiği zararlı etkiler insanların bitkisel kaynaklı ürünlere yönelimlerini arttırmaktadır. Bu artışla birlikte hayvansal ürünlere alternatif farklı bitki kaynaklarına da ihtiyaç duyulmuştur. Hayvansal gıda ürünlerinin ise içerdiği yüksek protein miktarı da insan beslenmesi için gerekli amino asitleri içermektedir. Bu nedenle bitkisel kaynaklı ürünlerde protein içeriği daha fazla araştırma konusu olmuştur. Bitki bazlı proteinlerin insan beslenmesi için gerekli amino asitlerinin aranmasının yanı sıra bu proteinlerin yenilebilir filmler/kaplamalar, biyoaktif bileşenler, stabilizatörler veya emülgatörler, hidrojel ve yapıştırıcılar gibi endüstriyel uygulamaları da araştırılmaktadır.

Bitki bazlı proteinler farklı kaynaklardan izole edilmektedir. Bunlar; tahıllar, baklagiller, yağlı tohumlar, yalancı tahıllar, yumrular, yeşil yapraklı bitkiler, mikrobiyal kaynaklı proteinler ve alglerden elde edilmektedir. Araştırmacılar bu kaynaklar arasında en yüksek protein içeriğine sahip bitkisel kaynak aramanın yanı sıra bu proteinlerin izolasyonunun en uygun olan protein, insan beslenmesi için gerekli olan önemli amino asitleri içermesi, tüketildiği takdirde alerjenitesinin düşük olması, hayvansal gıdalara alternatif olarak üretilen ürünlerin yapılarını iyileştirmesi ve emülgatör özelliği yüksek proteinler araştırılmaktadır. Bu proteinlerin fizikokimyasal özelliklerinin yanı sıra endüstriyel olarak elde edilmeleri ve maliyet olarak düşük olması tercih edilmiştir. Bu nedenle mikrobiyal kaynaklı ve algler tarafından üretilen proteinlere talep artmıştır. Yapılan araştırmalar mikrobiyal kaynaklı ve algler tarafından üretilen proteinlerin oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir.

Gelecekte, yeni alternatif protein kaynaklarının yapısal özelliklerinin belirlenmesi, yenilebilir özellikleri, besinsel değerleri ve fizikokimyasal özelliklerinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Bitkisel kaynaklı proteinlerin besinsel kalitesi ve çeşitli teknolojik özelliklerini, proteinin moleküler özellikleri ve ekstraksiyon süreci etkilemektedir. Bu nedenle protein izolasyonunun gerçekleştirilmesinde yüksek teknolojik işlemlere gereksinim duyulmaktadır. Teknolojik işlemlerin geliştirilmesine paralel olarak daha verimli protein izolasyonu gerçekleştirilebilir. Böylelikle elde edilen proteinlerin işlevselliğinde de artış görülebilir. Protein izolasyonunun en önemli etkilerinden biri sonraki aşama olan gıda ürünlerinde kullanılmasıdır.

Dünya genelinde çeşitli sebeplerden dolayı bitkisel kaynaklı beslenmeye yönelinmesinin farklı hayvansal kaynaklı gıdalara alternatif ürünlere talepler de artmıştır. Bu nedenle çeşitli et, süt ve yumurta gibi bitkisel analoglar geliştirilmiştir. Hayvansal kaynaklı gıda ürünlerinde ise besin değeri açısından en önemli bileşen proteindir. Bitkisel kaynaklı analogların geliştirilmesinde de protein özellikleri dikkate alınarak üretim gerçekleştirilmektedir. Bitki kaynaklı gıda analoglarında kullanılan proteinlerin ürünün fizikokimyasal özelliği, tekstür, reoloji ve duyu özelliklerinde iyileştirici etkiler göstermesi gerekmektedir. Bitkisel kaynaklı gıda analoglarında yoğurt, peynir ve et gibi çeşitli araştırmalar/denemeler gerçekleştirilmektedir. Bu araştırmalar kapsamında bitkisel kaynaklı gıda ürünlerinin üretilmesinde çeşitli protein kaynakları araştırılmaktadır. Yapısal olarak hayvansal gıdalara benzer özellikte ürünler elde edilmektedir. Fakat tat ve aroma gibi duyu özelliklerinin istenilen düzeyde olabilmesi için daha ileri çalışmalara gereksinim duyulmaktadır.

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Barbosa, J. C., Rodrigues, D., Almeida, D., Machado, D., Franco, I., Inácio, J., ... & Gomes, A. M. (2022). The role of cereals in the industry of plant-based foods. In *20th ICC Conference: future challenges for cereal science and technology*.
- Cui, S., McClements, D. J., Xu, X., Jiao, B., Zhou, L., Zhou, H., ... & Dai, L. (2023). Peanut proteins: Extraction, modifications, and applications: A comprehensive review. *Grain & Oil Science and Technology*.
- Demirci, M., & Yetim, H. (2021). İNSAN GIDASI OLARAK BÖCEK PROTEİNLERİ TÜKETİMİ VE GETİRDİĞİ SORUNLAR. *Helal ve Etik Araştırmalar Dergisi*, 3(2), 11-22.
- da Veiga Correia, V. T., D'Angelis, D. F., dos Santos, A. N., Ronchetti, E. F. S., Queiroz, V. A. V., Figueiredo, J. E. F., ... & Fante, C. A. (2022). Tannin-sorghum flours in cream cheese: Physicochemical, antioxidant and sensory characterization. *LWT*, 154, 112672.
- Dhakal, Damodar, Tayyaba Younas, Ram Prasad Bhusal, Lavaraj Devkota, Christiani Jeyakumar Henry, and Sushil Dhital. 2023. "Design Rules of Plant-Based Yoghurt-Mimic: Formulation, Functionality, Sensory Profile and Nutritional Value." *Food Hydrocolloids* 142(May). doi: 10.1016/j.foodhyd.2023.108786.
- Ewy, Matthew W., Ankitaben Patel, Marwa G. Abdelmagid, Osman Mohamed Elfadil, Sara L. Bonnes, Bradley R. Salonen, Ryan T. Hurt, and Manpreet S. Mundi. 2022. "Plant-Based Diet: Is It as Good as an Animal-Based Diet When It Comes to Protein?" *Current Nutrition Reports* 11(2):337–46. doi: 10.1007/s13668-022-00401-8.
- Ferawati F, Hefni M, Östbring K, Witthöft C. (2021). The Application of Pulse Flours in the Development of Plant-Based Cheese Analogues: Proximate Composition, Color, and Texture Properties. *Foods*. 2021; 10(9):2208. <https://doi.org/10.3390/foods10092208>
- Grossmann, Lutz, and David Julian McClements. 2021. "The Science of Plant-Based Foods: Approaches to Create Nutritious and Sustainable Plant-Based Cheese Analogs." *Trends in Food Science and Technology* 118(October):207–29. doi: 10.1016/j.tifs.2021.10.004.
- Hadidi, Milad, Fatemeh Aghababaei, and David Julian McClements. 2023. "Enhanced Alkaline Extraction Techniques for Isolating and Modifying Plant-Based Proteins." *Food Hydrocolloids* 145(March). doi: 10.1016/j.foodhyd.2023.109132.
- Hadidi, Milad, Shima Jafarzadeh, Mehrdad Forough, Farhad Garavand, Saeid Alizadeh, Ali Salehabadi, Amin Mousavi Khaneghah, and Seid Mahdi Jafari. 2022. "Plant Protein-Based Food Packaging Films; Recent Advances in Fabrication, Characterization, and Applications." *Trends in Food Science and Technology* 120(December 2021):154–73. doi: 10.1016/j.tifs.2022.01.013.

- Hewage, Anuruddika, Oladipupo Odunayo Olatunde, Chamila Nimalaratne, Maneka Malalgoda, Rotimi E. Aluko, and Nandika Bandara. 2022. "Novel Extraction Technologies for Developing Plant Protein Ingredients with Improved Functionality." *Trends in Food Science and Technology* 129(October):492–511. doi: 10.1016/j.tifs.2022.10.016.
- Huang, Kai, Yongyong Liu, Yu Zhang, Hongwei Cao, Da ke Luo, Cuiping Yi, and Xiao Guan. 2022. *Formulation of Plant-Based Yoghurt from Soybean and Quinoa and Evaluation of Physicochemical, Rheological, Sensory and Functional Properties*. Vol. 49.
- Imran, M., & Liyan, Z. (2023). Production of plant-based meat: functionality, limitations and future prospects. *European Food Research and Technology*, 1-25.
- Kotecka-Majchrzak, Klaudia, Agata Sumara, Emilia Fornal, and Magdalena Montowska. 2020. "Oilseed Proteins – Properties and Application as a Food Ingredient." *Trends in Food Science and Technology* 106(July 2019):160–70. doi: 10.1016/j.tifs.2020.10.004.
- Koyande, A. K., Chew, K. W., Rambabu, K., Tao, Y., Chu, D. T., & Show, P. L. (2019). Microalgae: A potential alternative to health supplementation for humans. *Food Science and Human Wellness*, 8(1), 16-24.
- Krintiras, Georgios A., Javier Gadea, Atze Jan, Van Der Goot, Andrzej I. Stankiewicz, and Georgios D. Stefanidis. 2016. "On the Use of the Couette Cell Technology for Large Scale Production of Textured Soy-Based Meat Replacers." 169:205–13.
- Kudelfka, Wanda, Małgorzata Kowalska, and Marzena Popis. 2021. "Quality of Soybean Products in Terms of Essential Amino Acids Composition." *Molecules* 26(16):1–9. doi: 10.3390/molecules26165071.
- Kumar, Manoj, Maharishi Tomar, Jayashree Potkule, Reetu, Sneha Punia, Jyoti Dhakane-Lad, Surinder Singh, Sangram Dhumal, Prakash Chandra Pradhan, Bharat Bhushan, T. Anitha, Omar Alajil, Ahmad Alhariri, Ryszard Amarowicz, and John F. Kennedy. 2022. "Functional Characterization of Plant-Based Protein to Determine Its Quality for Food Applications." *Food Hydrocolloids* 123(June 2021). doi: 10.1016/j.foodhyd.2021.106986.
- Kumar, Manoj, Maharishi Tomar, Sneha Punia, Jyoti Dhakane-Lad, Sangram Dhumal, Sushil Changan, Marisennayya Senapathy, Mukesh K. Berwal, Vellaikumar Sampathrajan, Ali A. S. Sayed, Deepak Chandran, R. Pandiselvam, Nadeem Rais, Dipendra Kumar Mahato, Shashikant Shiddappa Udikeri, Varsha Satankar, T. Anitha, Reetu, Radha, Surinder Singh, Ryszard Amarowicz, and John F. Kennedy. 2022. "Plant-Based Proteins and Their Multifaceted Industrial Applications." *Lwt* 154(July 2021). doi: 10.1016/j.lwt.2021.112620.
- Kumari, Mamatha, Sheetal Gupta, A. Jyothi Lakshmi, and Jamuna Prakash. 2004. "Iron Bioavailability in Green Leafy Vegetables Cooked in Different Utensils." *Food Chemistry* 86(2):217–22. doi: 10.1016/j.foodchem.2003.08.017.

- López, Débora N., Micaela Galante, María Robson, Valeria Boeris, and Darío Spelzini. 2018. "Amaranth, Quinoa and Chia Protein Isolates: Physicochemical and Structural Properties." *International Journal of Biological Macromolecules* 109:152–59. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2017.12.080.
- Lou, Jiamiao, Mingjuan Ou, Yang Teng, Yuxing Guo, Daodong Pan, Hua Yang, and Zhen Wu. 2023. "Comparative Metabolomics Analysis of the Fermented Plant-Based Meat Analogue of Soybean Proteins." *Food Bioscience* 56(September). doi: 10.1016/j.fbio.2023.103143.
- Ma, Xuan, Chongbo Huang, Chang Zheng, Weijun Wang, Huang Ying, and Changsheng Liu. 2024. "Effect of Oil Extraction Methods on Walnut Oil Quality Characteristics and the Functional Properties of Walnut Protein Isolate." *Food Chemistry* 438(2):138052. doi: 10.1016/j.foodchem.2023.138052.
- Maningat, C. C., Jeradechachai, T., & Buttshaw, M. R. (2022). Textured wheat and pea proteins for meat alternative applications. *Cereal Chemistry*, 99(1), 37-66.
- Masiá, Carmen, Poul Erik Jensen, Iben Lykke Petersen, and Patrizia Buldo. 2022. "Design of a Functional Pea Protein Matrix for Fermented Plant-Based Cheese." *Foods* 11(2):1–13. doi: 10.3390/foods11020178.
- Muys, Maarten, Sergio J. González Cámara, Sebastiaan Derese, Marc Spiller, Arne Verliefde, and Siegfried E. Vlaeminck. 2023. "Dissolution Rate and Growth Performance Reveal Struvite as a Sustainable Nutrient Source to Produce a Diverse Set of Microbial Protein." *Science of the Total Environment* 866(September 2022). doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.161172.
- Onwezen, M. C., E. P. Bouwman, M. J. Reinders, and H. Dagevos. 2021. "A Systematic Review on Consumer Acceptance of Alternative Proteins: Pulses, Algae, Insects, Plant-Based Meat Alternatives, and Cultured Meat." *Appetite* 159(September 2019). doi: 10.1016/j.appet.2020.105058.
- Oyeyinka, Adewumi T., Julianah O. Odukoya, and Yusuf S. Adebayo. 2019. "Nutritional Composition and Consumer Acceptability of Cheese Analog from Soy and Cashew Nut Milk." *Journal of Food Processing and Preservation* 43(12):1–6. doi: 10.1111/jfpp.14285.
- Romero, Alberto, Valérie Beaumal, Elisabeth David-Briand, Felipe Cordobés, Antonio Guerrero, and Marc Anton. 2011. "Interfacial and Oil/Water Emulsions Characterization of Potato Protein Isolates." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59(17):9466–74. doi: 10.1021/jf2019853.
- Sá, A. G. A., Moreno, Y. M. F., & Carciofi, B. A. M. (2020). Plant proteins as high-quality nutritional source for human diet. *Trends in Food Science & Technology*, 97, 170-184.
- Shi, Tingting, Jiarui Cao, Jun Cao, Feng Zhu, Fuliang Cao, and Erzheng Su. 2023. "Almond (Amygdalus Communis L.) Kernel Protein: A Review on the Extraction, Functional Properties and Nutritional Value." *Food Research International* 167(February). doi: 10.1016/j.foodres.2023.112721.

- Sun, Jie, Zhuo Peng, Liangkun Yan, Jerry Y. H. Fuh, and Geok Soon Hong. 2015. "3D Food Printing-An Innovative Way of Mass Customization in Food Fabrication." *International Journal of Bioprinting* 1(1):27–38. doi: 10.18063/IJB.2015.01.006.
- Şensoy İ. Geleceğin alternatif protein kaynakları. El SN, editör. Besleyici ve Sağlıklı Gıda: Gıda Endüstrisinden Sofraya. 1. Baskı. Ankara: Türkiye Klinikleri; 2023. p.68-74.
- Tan, Seok Tyug, Seok Shin Tan, and Chin Xuan Tan. 2023. "Soy Protein, Bioactive Peptides, and Isoflavones: A Review of Their Safety and Health Benefits." *PharmaNutrition* 25(August). doi: 10.1016/j.phanu.2023.100352.
- Tan, Yunbing, Donpon Wannasin, and David Julian McClements. 2023. "Utilization of Potato Protein Fractions to Form Oil-in-Water Nanoemulsions: Impact of PH, Salt, and Heat on Their Stability." *Food Hydrocolloids* 137:1–34. doi: 10.1016/j.foodhyd.2022.108356.
- Tang, Qi, Yrjö H. Roos, and Song Miao. 2024. "Comparative Studies of Structural and Thermal Gelation Behaviours of Soy, Lentil and Whey Protein: A PH-Dependency Evaluation." *Food Hydrocolloids* 146(July 2023). doi: 10.1016/j.foodhyd.2023.109240.
- Tangyu, Muzi, Jeroen Muller, Christoph J. Bolten, and Christoph Wittmann. 2019. "Fermentation of Plant-Based Milk Alternatives for Improved Flavour and Nutritional Value." *Applied Microbiology and Biotechnology* 103(23–24), 9263–75. doi: 10.1007/s00253-019-10175-9.
- Tojan, Shince, Lovedeep Kaur, and Jaspreet Singh. 2024. "Hybrid Paneer: Influence of Mung Bean Protein Isolate (*Vigna Radiata* L.) on the Texture, Microstructure, and in Vitro Gastro-Small Intestinal Digestion." *Food Chemistry* 434(September 2023). doi: 10.1016/j.foodchem.2023.137434.
- Vanga, Sai Kranthi, and Vijaya Raghavan. 2018. "How Well Do Plant Based Alternatives Fare Nutritionally Compared to Cow's Milk?" *Journal of Food Science and Technology* 55(1), 10–20. doi: 10.1007/s13197-017-2915-y.
- Wang, Meiqi, and Ruilin Zhao. 2023. "A Review on Nutritional Advantages of Edible Mushrooms and Its Industrialization Development Situation in Protein Meat Analogues." *Journal of Future Foods* 3(1):1–7. doi: 10.1016/j.jfutfo.2022.09.001.
- Wang, Xinlu, Xiangzhen Kong, Caimeng Zhang, Yufei Hua, Yeming Chen, and Xingfei Li. 2023. "Comparison of Physicochemical Properties and Volatile Flavor Compounds of Plant-Based Yoghurt and Dairy Yoghurt." *Food Research International* 164(August 2022). doi: 10.1016/j.foodres.2022.112375.

Yazar Hakkında / About Author

**Prof. Dr. Ali Adnan HAYALOĞLU | TÜBA Asosye Üyesi | İnönü Üniversitesi
adnan.hayaloglu[at]inonu.edu.tr | ORCID: 0000-0002-4274-2729**

Ali Adnan Hayaloğlu, İnönü Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde Lisans, Çukurova Üniversitesi'nde Yüksek Lisans ve Doktora derecelerini tamamlamıştır. Doktora çalışmasının bir kısmını İrlanda'da University College Cork'ta gerçekleştirmiştir. Türkiye'nin geleneksel peynirlerinin; üretim teknolojisi, kimyası, biyokimyası, uçucu maddeler, bitki bazlı peynir ve fermente ürünlerin peptit profilleri, bunların anjiyotensin dönüştürücü enzim (ACE) inhibisyon aktivitesi, antioksidan ve antimikrobiyal aktiviteleri üzerinde çalışmaktadır. Son 5 yılda mikrobiyal metabolitler ve bunların karakterizasyonu, gıda muhafaza uygulamaları üzerine yoğunlaşmıştır. 2024 yılında Elsevier BV tarafından yayınlanan "Peynir: Kimya, Fizik ve Mikrobiyoloji" adlı derlemeyi tamamlamıştır. 145 uluslararası hakemli dergide makalesi bulunmaktadır ve Web of Science tabanına göre h-indeksi 32'dir. Uluslararası yayınlanmış 6 hakemli kitap bölümü ve peynir üzerine yayınlanmış bir kitabı bulunmaktadır. Geleneksel Türk peynir türleri, kiraz, mor reyhan için coğrafi işaretleme çalışmalar yapmıştır. Kendi üniversitesinde ve ulusal kuruluşlarda araştırma projeleri vererek 28 yıllık deneyime sahiptir. 2015 yılından bu yana Türkiye Bilimler Akademisi'nin aktif bir üyesidir. Yabancı dili İngilizce'dir.

**Prof. Dr. Ali Adnan HAYALOĞLU | TÜBA Associate Member |
İnönü University | [adnan.hayaloglu\[at\]inonu.edu.tr](mailto:adnan.hayaloglu@inonu.edu.tr) |
ORCID: 0000-0002-4274-2729**

Ali Adnan Hayaloğlu was graduated from Department of Food Engineering, at Inonu University, Malatya (1995). He completed MSc and PhD degrees at the University of Çukurova, in 1999 and 2003, respectively. Dr. Hayaloglu worked a part of his PhD studies in Ireland, University College Cork under supervision of Profs Paul LH McSweeney and Patrick F. Fox, in 2002 as visiting student. He has mainly experience on traditional cheeses of Türkiye, its manufacturing technology, chemistry, biochemistry, and volatiles developed during ripening. Recently, he has been working on profiles of cheese and non-dairy peptides, its angiotensin-converting enzyme (ACE)-inhibition activity, antioxidant, and antimicrobial activities. In the last 5 year, he concentrated on microbial metabolites (e.g., postbiotics) and their characterization, applications for food preservation by collaborating other researchers from different universities. He also developed new plant-based food and dairy alternatives for vegan consumers. He has also experienced in the cheeses ripened under brine in Türkiye and Mediterranean countries and he reviewed an overview in “Cheese” book published by Elsevier BV, Edited by PLH McSweeney et al., in 2024. Dr. Hayaloglu has about 145 internationally peer-reviewed papers (Web of Science) and 32 h-index (Web of Science). He has 6 peer-reviewed book chapter published international books (English) and a book published in Turkish on cheese. Ali Adnan Hayaloğlu has been also worked on traditional Turkish cheeses, published some peer-reviewed international papers on these types of cheeses, and geographical indicated foods (PGI) such as sweet cherry (*Prunus avium*), purple basil (*Ocimum basilicum* L.), some traditional cheeses with PGI. He has 28 years of experience for research projects at his university and national organizations (TÜBİTAK or Ministry of Agriculture and Forestry) by granting research projects. Dr. Hayaloglu is an active member of Turkish Science of Academy (TÜBA) since 2015. He is native Turkish speaker and good communication skills in English, especially in writing.

**HÜCRE KÜLTÜRÜ BAZLI
PROTEİN KAYNAKLARI:
YAPAY ET**

CELL CULTURE BASED
PROTEIN SOURCES:
ARTIFICIAL MEAT

Halit Canatan

HÜCRE KÜLTÜRÜ BAZLI PROTEİN KAYNAKLARI: YAPAY ET

Prof. Dr. Halit CANATAN

Erciyes Üniversitesi

Özet

Yapay et *in vitro* koşullarda çoğunlukla hücre kültürü ortamında üretilen bir gıda türüdür. Gerek hızla artan dünya nüfusuna kaliteli gıda arayışları gerekse hayvansal ürün olarak et üretimi sırasında ortaya çıkan aşırı su tüketimi, global ısınma vs. gibi nedenlerle, yapay et son yıllarda dünya gündeminde sıklıkla yer almaktadır. Yapay et üretiminde primer hücre kaynakları olarak da bilinen ilgilenilen canlı hayvan türlerinin istenen konumundan doku biyopsisi almak veya kesim sonrası canlı dokuları kullanmak en fazla tercih edilen yoldur. İkinci seçenek ise embriyonik kök hücre ya da indüklenmiş pluripotent kök hücreler gibi pluripotent bir hücre kaynağı kullanmaktır. Bu hücrelerin büyük hacimli endüstriyel biyoreaktörler içerisinde farklılaşarak çoğalmaları sağlanır. Yapay et üretiminde en önemli faktörlerden biri fotal buzağı serumu ihtiyacıdır. Yapay et üretiminin iddia edildiği gibi hayvandan bağımsız olmadığı, özellikle üretim aşamasında hala önemli bir hayvan ürününe, fotal seruma, bağımlı olduğu bir gerçektir. Laboratuvarda yapay et üretimi sistemleri konvansiyonel et üretimi tekniklerine alternatif olarak öne çıkmakla birlikte, maliyetin düşürülmesi, sosyal ve etik çekincelerin aşılması ve nihai olarak büyük ölçekte üretime geçilmesi için bu alanda araştırmalar yapılması konusunda yatırımlara ihtiyaç vardır. Eğer ulusal çıkarlarımız yapay et üretimi araştırma ve çalışmalarına dahil olmamızı gerektiriyorsa, yapay et yarışında ülke olarak bir an önce konum belirlememiz ve yer almamız gereklidir.

Anahtar Kelimeler

Yapay Et, Hücre Kültürü, Kültive Edilmiş Et

CELL CULTURE BASED PROTEIN SOURCES: ARTIFICIAL MEAT

Prof. Dr. Halit CANATAN

Erciyes University

Abstract

Artificial meat is a type of food produced under *in vitro* conditions, mostly in cell culture environment. Artificial meat has been on the world agenda frequently in recent years due to the search for quality food for the rapidly increasing world population as well as issues like excessive water consumption, global warming, *etc.* during the production of meat as an animal product. In artificial meat production, the most preferred way is to take tissue biopsies from the desired location of the live animal species of interest, also known as primary cell sources, or to use live tissues after slaughter. The second option is to use a pluripotent cell source such as embryonic stem cells or induced pluripotent stem cells. These cells are allowed to differentiate and proliferate in large-volume industrial bioreactors. One of the most important factors in artificial meat production is the need for fetal calf serum. It is a fact that artificial meat production is not animal-free as claimed, but still depends on an important animal product, fetal serum, especially during the production phase. Although artificial meat production systems in the laboratory stand out as an alternative to conventional meat production techniques, investments are needed to reduce costs, overcome social and ethical concerns, and ultimately conduct research in this field to enable large-scale production. If our national interests require us to be involved in artificial meat production research and studies, as a country, we need to determine our position and take part in the artificial meat as soon as possible.

Keywords

Artificial Meat, Cell Culture, Cultivated Meat

ADLANDIRMA

Her ne kadar bazı bilim insanları *in vitro* ortamda hayvansal hücrelerden üretilen bu ürünün “et” olarak adlandırılmasının dahi uygun olmadığını, “hayvansal kökenli bir gıda ürünü” olarak adlandırılmasını önerse de, Türkçe kaynaklarda en fazla yapay et (artificial meat) ifadesi kullanılmaktadır. Bununla birlikte bilim insanları tarafından farklı isimlendirmeler kullanılmış olup başlıca adlandırmalar sentetik et (synthetic meat), *in vitro* et (*in vitro* meat), temiz et (clean meat), laboratuvar eti (lab meat), deney tüpü eti (test-tube meat), Petri kabı eti (Petri dish meat), hayvansız et (animal-free meat), hücre tabanlı et (cell-based meat), sahte köfte (fake burger), Frankeştayn eti (Frankenstein meat), fabrika eti (factory grown meat) vs. dir (Post, 2012; Bhat vd., 2019; Benny, Pandi & Upadhyay, 2022; Mateti, Laha & Shenoy, 2022).

Bu yazıda Türkçe literatürde en fazla kullanılan terim olan yapay et olarak adlandıracağımız söz konusu alternatif gıda ürününün adlandırılmasında gerek destekleyicilerinin gerekse bu hayvansal gıda ürününe karşı olanların görüşlerini destekler mahiyette isim kullandıkları dikkat çekmektedir. Örneğin bu gıda ürünü “temiz et” olarak isimlendiren gruplar aynı zamanda temiz enerji ile sinerjisine de atıfta bulunmaktadır (Stephens, Sexton & Driessen, 2019). Son zamanlarda ise kültive edilmiş et (cultivated meat) tanımlaması özellikle üretici firmalar tarafından desteklenmektedir Good Food Institute, 2023). Diğer taraftan klonlanmış veya genetiği değiştirilmiş hayvan etlerinin de yapay et kapsamında değerlendirilmesi gerektiğini önerenler de vardır (Mateti vd., 2022; Lee DK vd., 2023).

YAPAY ET KAVRAMINDA HAYVANSAL VEYA BİTKİSEL KÖKEN AYIRIMI

Oldukça geniş bir kavram olan yapay et tanımı içerisine giren hayvansal kaynaklı yapay etin tamamen bitki kaynaklı hiçbir hayvan ürünü içermeyen bitki bazlı et analoglarından (plant-based meat analogs) veya alternatiflerinden ayırt edilmesi gereklidir. (Ismail, Hwang ve JooI, 2020; Rubio, Xiang ve Kaplan, 2020; Mateti vd., 2022; Elhalis vd., 2023; Wang ve Jian, 2023, Munialo ve Vriesekoop, 2023). Bitki bazlı et analogları çeşitli nedenlerle et ve ürünlerini tüketmekten kaçınan tüketici talebini karşılamak ve aynı zamanda gelecekte sürdürülebilir bir protein kaynağı sağlamak için üretilmektedirler. Bitki bazlı et analogları neredeyse gerçek etle aynı besin profiline sahiptirler ve mükemmel protein kaynakları olarak kabul edilmektedirler (Bryngelsson vd., 2022). Bitki bazlı et analogları gerek doku, renk, lezzet gerekse besin değeri açısından çeşitli et ürünleri türlerini taklit edecek şekilde üretilmektedirler (Choudhury vd., 2020). Bitki bazlı et analogları üretiminde faaliyet gösteren ve belirli bir pazar payına sahip gıda firmaları mevcut olup bu alan Nestlé, DSM-Firmenich and Cargill gibi diğer büyük gıda firmalarının ilgi alanına girmekte ve bu gıda şirketleri tarafından yeni patentler alındığı görülmektedir (Just-food.com, 2023).

NEDEN YAPAY ET?

Başta bilim insanları olmak üzere toplumun farklı kesimlerini yapay ete yönlendiren farklı faktörler mevcut olup en önemli etkenlerden birisi artan dünya nüfusedir. Birleşmiş Milletler 15 Kasım 2022 günü 8 milyara ulaşan dünya nüfusunun 2030'da 8,5 milyara, 2050'de 9,7 milyara, 2100'de ise 10,4 milyara ulaşacağını öngörmektedir (UN, 2023). Küresel olarak artan nüfusun et ihtiyacına bağlı olarak global ısınma, çevre kirliliği, çevreye zararın azaltılması gibi çevresel sorunlar başta gelmektedir. Hayvan refahı, doğal kaynakların daha etkili kullanımı, verimli olmayan besin dönüşümü de diğer başlıca nedenler arasında sayılabilir. Mevcut et üretiminde küresel olarak yıllık milyarlarca hayvanın kullanılıyor olmasına karşılık yapay et üretiminde sadece sınırlı sayıda hayvana veya hayvansal kaynağa ihtiyaç duyulması yapay et üretimini destekleyenlerin en önemli savunma dayanaklarından birisidir. Konvansiyonel et üretimi sırasında antibiyotik kullanımı, ete bulaşan fekal kontaminasyonlara bağlı olarak hastalık yayılması, et tüketimine bağlı gıda kaynaklı hastalıklar, pestisitler, ağır metaller vs. gibi çevresel kontaminasyonlara bağlı olarak ortaya çıkabilecek sağlık sorunları ve olası zoonotik hastalıkların epidemileri gibi halk sağlığı sorunları da yapay ete doğru yönelimin ana sebepleri arasında yer almaktadır. Ayrıca et tüketimi ile ilgili dini kısıtlamalar ve hatta egzotik et üretimi gibi konular yapay et tüketiminin teşvik edilmesinde rol oynamaktadırlar (Godfray vd., 2018; Bhat vd., 2019; Yetim ve Tekiner, 2020; Balasubramanian vd. 2021; Hong vd., 2021; Melzener vd., 2021, Mateti vd., 2022).

TARİHSEL GELİŞİM SÜRECİNDE HAYVANSAL KAYNAKLI YAPAY ET

Her ne kadar yapay et ile ilgili bilgiler, haberler, son birkaç on yıldır, özellikle de Hollandalı bilim insanı ve hekim Dr. Mark Post'un ilk yapay köfteyi yaptığını duyurmasından sonra daha sık gündeme gelmekte ise de, bir yazar ve muhafazakar bir politikacı olan Frederick Edwin Smith'in *"Artık biftek yemek için bir boğa yetiştirmek gibi abartılı bir zahmete katlanmaya gerek kalmayacak"* ifadelerine yer verdiği bilinmektedir (Ford, 2011). Winston Churchill *"bundan 50 yıl sonra sonra"* isimli eserinde Frederick Edwin Smith'den etkilenerek, *"bir tavuk göğsünü veya kanadını yemek için bütün bir tavuk yetiştirme saçmalığından kurtulacağız"* dediği ve bunun nasıl yapılacağını da *"bu tavuk parçalarını uygun bir ortam altında ayrı ayrı büyütür"* başaracağını öngörmüştür (Churchill, 1931). Diğer taraftan hücrelerin organizmalar dışında yaşayabileceğine dair Alexis Carrel'in 1912 yılındaki orijinal çalışması ile yapay et tarihçesini 100 yıldan öncesine kadar dayandırmak mümkündür. Alexis Carrel, 34 yıl boyunca (1912'den 1946'ya kadar) bir dizi embriyonik tavuk kalp dokusu kültürünü canlı olarak muhafaza etmeyi başarmıştır (Carrel, 1912).

Yapay et üretimi ile ilgili olarak bilimsel manada ve sonuçları yayınlanan ilk çalışmalardan birisi Amerikan Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) tarafından desteklenen uzun süreli görevlerde uzay aracı mürettebatı için *in vitro* et üretim sisteminin fizibilitesinin kontrol edilmesinin hedeflendiği bir çalışmadır. Bu çalışmada yetişkin akvaryum balığı (*Carassius auratus*) sırt karın iskelet kas kütlesi, farklı konsantrasyonlarda fetal buzağı serumu içeren farklı kültür ortamlarında yetiştirilmiştir (Benjaminson, Gilchrist ve Lorenz, 2002). Petri kabında kültüre edilen balık eti baharatlar ve zeytinyağı ile pişirilip, panelistler tarafından bu ürünün “yemek olarak kabul edilebileceği” ilan edilmiştir. (Bhat vd., 2019). 2005 yılında *Doku Mühendisliği (Tissue Engineering)* isimli dergide “*in vitro* kültür edilmiş et üretimi” başlıklı bir makale yayınlanması yapay et üretiminin yeni bir fikir olarak gerek bilimsel çevrelerin gerekse kamuoyunun ilgisini çekmesine neden olmuştur (Edelman vd., 2005). Bu makalede yapay et üretiminin ana hatları çizilmiş, kültüre edilecek hücrelerin büyümesi için gerekli iskele yapıları, biyoreaktörler hakkında bilgi verilmiştir. Yapay et üretimi ile doymuş yağ asitlerinin çoklu doymamış yağ asitlerine oranı daha iyi kontrol edilebileceği, gıda kaynaklı hastalıkların görülme sıklığı önemli ölçüde azaltılabileceği, doğal kaynakların daha verimli kullanılabileceği öngörülmüştür (Edelman vd., 2005).

Yapay et üretimi açısından Hollandalı klinisyen bilim insanı Dr. Mark J. Post tarafından üç ayda üretilen dünyanın ilk yapay etinin tadına bir grup panelist tarafından bakıldığı 5 Ağustos 2013 tarihi bir dönüm noktasıdır (O’Riordan, Fotopoulou ve Stephens, 2017). Yaklaşık 5 ons ağırlığında, 20000 civarı kas ipliğinden oluşan, 325000 dolara mal olan ilk yenilebilen yapay etin halka açık bir tarzda pişirilerek tadına bakılması yapay etin bir realite olduğunu ortaya koymuştur (Toor, 2013). Bu takdimin arkasından pek çok şirket ve araştırma grubu yapay etin edüstriyel boyutta üretimi için motive olmuşlardır (Bhat vd., 2019).

Farklı girişimcilerin 1990’lı yıllardan bu yana yapay et üretimi ile ilgili patent başvuruları da dikkat çekmektedir. 1950’li yıllardan beri yapay et üretimi fikrini destekleyen Hollandalı girişimci Willem Frederik Van Eelen insan veya hayvan tüketimine yönelik yapay etin üretimine ilişkin ilk patenti 1999 yılında almıştır (van Eelen, van Kooten ve Westerhof, 1999; Jönsson, 2016; Bhat, Kumar ve Bhat, 2017; Fernandes vd., 2022). 2023 yılında yayınlanan bir patentometrik analize göre, 1997-2020 yılları arasında yapay et ile ilgili olarak 190’dan fazla patent başvurusu yapıldığı görülmektedir. Patent başvurularının yarısından fazlası beş ülkeden (ABD, Avustralya, Çin, Kanada, Japonya) yapılmıştır (Ng vd., 2023).

BAŞLICA HAYVANSAL KAYNAKLI YAPAY ET ÜRETİM METODLARI

In vitro koşullarda yapay et üretim tekniklerinin başlıcaları hücre kültürü, doku kültürü, organ basma (printing), nanoteknoloji, biyofotonik vd. olarak sıralanabilir (Bhat vd., 2017; Hopkins ve Dacey, 2008; Bhat vd., 2019; Balasubramanian vd. 2021; Mateti vd., 2022). Ancak bu tekniklerden bazıları (örneğin biyofotonik), en azından şimdilik, gelecek vaad etmekle birlikte sadece teorik olarak mümkün iken, diğer bazıları (örneğin doku kültürü) ise küçük ölçekte uygulanabilir olmakla birlikte büyük çapta ticari üretim için henüz uygun değildirler (Bhat vd., 2019). Konvansiyonel et üretiminin farklı aşamalarına entegre olan nanoteknolojik iyileştirmeler gelecekte şüphesiz yapay et üretiminde de rol alacaklardır. Nanoteknolojinin özellikle biyofotonik ile birlikte önemli rol alacağı öngörülmektedir. Örneğin, kültürlenmiş hücrelerin bir iskelete ihtiyaç duymadan daha iyi tutunması nanoteknoloji destekli biyofotonik teknikleri ile sağlanabilecektir (Lamri vd., 2021; Ng ve Kurisawa, 2021; Hong vd., 2021).

In vitro hücre ve doku kültürü teknikleri özellikle hayvan deneylerine alternatif teşkil etmeleri nedeni ile bilim ve deneysel tıp açısından büyük önem taşımaktadır (Weihe, 1985). Hayvansal kaynaklı yapay et üretimi, prensip olarak hayvan hücrelerinin *in vitro* ortamlarda çoğaltılması esasına dayanır. Her ne kadar yapay hazırlanmış ortamlarda, *in vitro* koşullarda, yapılan hücre kültürü ve doku kültürü terimleri sıklıkla birbirinin yerine kullanılmakta ise de, aralarında temel farklılıklar vardır. Hücre kültürü, değişik dokulardan alınan hücrelerin belirli ortamlarda saklanması ve bu ortamlarda çoğaltılması esasına dayanır. Bunun için çoğaltılacak hücrelere uygun çeşitli ortamlar geliştirilmiştir. Bu ortamlarda çoğunlukla kompleks karbohidrat karışımları, amino asitler, tuzlar, vitaminler, hormonlar, farklı hayvanlardan elde edilen serumlar ve çeşitli büyüme faktörleri vs. bulunur. Hücre kültüründen farklı olarak, doku kültüründe doku parçaları bütünden ayrı bir şekilde yaşıatılmaktadır (Yao & Asayama, 2017).

Yapay et üretiminde *in vitro* hücre kültürü/iskele temelli tekniğin ilk aşamasında, çoğalabilecek ve aynı zamanda fonksiyonel iskelet kası dokusuna farklılaşabilecek bir hücre kaynağının bulunmasıdır. Bu amaçla yapay et üretimi planlanan hayvanın embriyosundan elde edilen embriyonik miyoblastın veya kas biyopsisi aracılığı ile izole edilen yetişkin iskelet kas hücrelerinin izolasyonu yapılır. (Bhat, Kumar ve Fayaz, 2015, Bhat vd., 2017; Choi vd., 2021).

Yapay et üretiminde en önemli konulardan biri üretimde kullanılacak kaynak hücre seçimidir (Reiss, Robertson ve Suzuki, 2021). Primer hücre kaynakları olarak da bilinen ilgilenilen canlı hayvan türlerinin istenen konumundan doku biyopsisi almak veya kesim sonrası canlı dokuları kullanmak en fazla tercih edilen yoldur. İkinci seçenek ise embriyonik kök hücre ya da indüklenmiş pluripotent kök hücreler gibi pluripotent bir

hücre kaynağı kullanmaktır. Primer hücreler kullanıldığında kasta yerleşik progenitör hücreler hayvandan alınan iskelet kası dokularından izole edilebilirler. Eğer pluripotent kök hücreler kullanılacaksa öncelikle bu hücrelerin kasta yerleşik progenitör hücrelere dönüşebilecek mezodermal hücrelere farklılaştırılmaları gereklidir. (Bhat vd., 2017; Reiss vd., 2021; Choi vd., 2021). İzole edilen hücreler bir tür iskele veya kolajen örgüsü benzeri bir yapıya tutturularak biyoreaktörler içerisinde büyüme ortamında büyütülürler (Bhat vd., 2015, Bhat vd. 2017, Sürek ve Uzun, 2020; Benny vd., 2022). Özellikle büyük hacimli reaktörlerin geliştirilmesi ile büyük kapasitelerde hayvan hücre kültürü yapmak mümkün olmuştur (Varley ve Birch, 1999). Biyoreaktörlerde farklılaşan miyotüplerin farklılaşması sonucunda miyofibrillerden oluşan bir gıda ürünü, yapay et, elde edilmiş olur (Bhat vd., 2015, Bhat vd. 2017; Sürek ve Uzun, 2020).

Hayvansal hücre kültürü bazlı yapay et üretiminde kullanılan hücre tipi kadar hücre kaynağının alındığı yer ve zaman da önem arz etmektedir. Yapay et üretiminde kullanılacak hücrelerin kaynağı, canlı hayvandan mı yoksa kesim sonrası / ölüm sonrası (postmortem) alınıp alınmadığı, postmortem alındı ise hayvanın nasıl kesildiği, kesim koşulları, hücre kültüründe kullanılan diğer bileşenlerin hangi kaynaklardan alındığı ve nasıl üretildikleri, insan üretimi amaçlı olarak elde edilecek gıda ürününün tüketici tarafından, özellikle dini hassasiyetleri olan tüketiciler tarafından, kabulü ve doğal olarak pazarlanması üzerinde de etkili olabilir (Izhar Ariff Mohd Kashim vd., 2023).

En yaygın olan uygulama primer hücre kaynaklarına başvurmak olup, ilgilenilen hayvan türlerinin istenen konumundan (iskelet kası, kemik iliği, adipoz doku vs.) doku biyopsisi almak veya postmortem dokuları kullanmaktır (Reiss vd., 2021). Bu amaçla sığır, tavuk, koyun, balık, domuz gibi farklı hayvan türlerinin kas biyopsilerinden elde edilen miyotübüllere dönüşme potansiyeli olan kas uydu hücreleri hücre kültürü ortamında çoğaltılmışlardır (Dodson vd., 1987; Yablonka-Reuveni, Quinn ve Nameroff, 1987; Dodson vd., 1986; Powell, Dodson, ve Cloud, 1992; Doumit ve Merkel, 1992). Benzer şekilde kas biyopsisi ile sığır, tavuk, koyun gibi hayvanların farklı bölgelerinden alınan kan dahil doku örneklerinden elde edilen ve adiposit, kondrosit, fibroblastlara farklılaşma potansiyeli olan mesenkimal kök hücreler de hücre kültürlerinde çoğaltılmışlardır (Bosnakovski vd., 2005; Khatri, O'Brien ve Sharma, 2009; Lyahyai vd., 2012).

Hücre kültürü bazlı yapay et üretiminde diğer seçenek ise embriyonik kök hücrelerin veya indüklenmiş pluripotent kök hücrelerin kullanılmasıdır (Post, 2012; Reiss vd., 2021; Lee DK vd., 2023). Genel olarak embriyonik kök hücreler pluripotent özellikleriyle sınırsız çoğalıp kendi kendilerini yenileyebilirken, üç embriyonik tabakayı temsil eden hücrelere farklılaşabilme yetenekleri ile yapay et üretimi dahil olmak üzere, hücre tedavisi, rejeneratif tıp gibi alanlarda da ilgi görmektedirler (Post, 2012; Post, 2014; Reiss vd., 2021; Lee DK vd., 2023).

Embriyonik kök hücreler blastosist aşamasındaki embriyoların ‘iç hücre kitlesi’nden elde edilirler. Bu hücreler kendi kendilerini sınırsız yenileyebilme potansiyellerinin yanında tüm hücre tiplerine farklılaşabilme yeteneğine sahiptirler. Sığır, tavuk, koyun, balık, domuz gibi eti yenilen hayvanlardan embriyonik kök hücreler başarı ile izole ve kültür edilmişlerdir (Cao, Wang ve Liu, 2013; Laval ve Pain, 2010; Vilarino vd., 2020; Holen, Kausland ve Skjærven, 2010; Li vd., 2003). Diğer taraftan erişkin dokulardan elde edilen hücrelerin yeniden programlanarak embriyonik karakter taşıyan pluripotent özellikteki hücrelere dönüşebilecekleri ortaya konulmuştur. Yeniden programlanabilen somatik hücrelerin, *in vitro* olarak istenilen hücre tipine yönlendirilmiş farklılaştırılması mümkün olabilmektedir. Farklı eti yenebilir hayvanların (sığır, tavuk, koyun, balık, domuz) indüklenmiş pluripotent kök hücreleri karakterize edilmiştir (Talluri vd., 2015; Kim vd., 2017; Liu vd., 2012; Gao vd., 2014).

HÜCRE KÜLTÜRÜ MEDYUM GEREKSİNİMLERİ VE FÖTAL SERUM İHTİYACI

Kültür ortamında hücre çoğalmasının desteklenmesinde ve hücrenin farklılaşmasının yönlendirilmesinde besinlerin, küçük moleküllerin ve büyüme faktörlerinin doğru seçimi kritik bir öneme sahiptir (Yao ve Asayama, 2017). Hücre kültür ortamı formülasyonları genel olarak türler ve hücre tipleri arasında oldukça oldukça benzerlik arzederler (Yao ve Asayama, 2017). Başta fötal buzağı serumu (Fetal bovine serum, FBS) olmak üzere pek çok farklı hayvan serumları hücre kültürü uygulamalarında nerede ise vazgeçilemez bir ortam takviyesi olarak uzun yıllardan beri kullanılmaktadır (Reiss vd., 2021, Duarte vd., 2023). Fötal buzağı serumunun başta hücre kültürü tabanlı yapay et üretiminde de vazgeçilemez olması bir yandan da etik kaygıları artırmaktadır. Fötal buzağı serumu kesim sırasında hamile ineklerden alınan sığır fetüslerinden elde edilmektedir. Fötal buzağı serumunun özellikle elde ediliş şekli başta olmak üzere, yapay et üretiminin iddia edildiği gibi hayvandan bağımsız (animal free) olmadığı, özellikle üretim aşamasında hala önemli bir hayvan ürününe bağımlı olduğu bir gerçektir (van der Valk ve Gstraunthaler, 2017). Hücre kültürü bazlı yapay et üretimi dışında rekombinant protein üretimi, hücre sel tedavi, hücre bankacılığı, *in vitro* fertilizasyon gibi hücre kültürü yapılan her alanda fötal buzağı serumunun kullanılması ihtiyacın giderek daha da artmasına da neden olmaktadır (van der Valk vd., 2018).

Başta etik, hayvan refahı, artan maliyetler, yapay etin hala hayvan ve hayvansal bir ürüne bağımlı olması kaygıları başta olmak üzere fötal buzağı serumuna alternatif arayışları artan bir şiddetle devam etmektedir (van der Valk ve Gstraunthaler, 2017; Subbiahanadar Chelladurai vd., 2021; Duarte vd., 2023; Lee DY vd., 2023). Her ne kadar serum kullanmadan (serum-free) hücre kültürü yapma çabaları uzun yıllardan beri devam etmekte ise de fötal buzağı serumu (ya da başka hayvan serumu) yerine bütün hücreler

için kullanılabilecek bir seçenek henüz mevcut değildir. Uzun süreden beri devam eden çabalar hayvan serumu kullanmak yerine serum destekleri, sentetik serum ikameleri kullanmak yönündedir (Barnes ve Sato, 1980; Subbiahanadar Chelladurai vd., 2021; Duarte vd., 2023; Lee SY vd., 2023). Bu bağlamda ülkemizden bir grup araştırmacı hem yapay et üretimi hem de hücre kültürünün olmazsa olmazı olan fetal buzağı serumuna alternatif olabilecek bir ürün geliştirme adına oldukça önemli bir başarıya imza atmışlardır (DHA, 2021; CNN Türk, 2021). Ankara Üniversitesi Kök Hücre Enstitüsü'nden Prof. Dr. Kamil C. Akçalı ve ekibi tarafından Ankara Üniversitesi Teknokent'de kurmuş oldukları araştırma laboratuvarlarında yapay et üretiminde fetal buzağı serumuna alternatif olabilecek bir ürün geliştirilmiştir. Normal piyasa koşullarında litresi yaklaşık 400 dolar olan buzağı serumuna alternatif olabilecek bir ürünün çok daha ucuza, litresinin 5-10 dolara, üretilmesi mümkün olabilecektir. Dr. Akçalı ve ekibi tarafından kurulan A.B.D. adresli BİFTEK isimli şirketin web sayfasında uygun fiyatlı yapay et üretimi için büyüme ortamı takviyeleri ürettikleri beyan edilmekte olup şirket ilk ürünü olan Biftek 100X isimli solüsyonu, 100 mili litrelik şişelerde konsantre halde (100x) 60 dolardan satışa sunmuştur (<https://biftek.co>). Yine aynı girişimciler tarafından kurulan Türkiye adresli Ankara Teknoparkta yer alan AkerBio A.Ş. isimli biyoteknoloji firması iki öncelikli alanda (Kök Hücre Danışmanlığı ve Hücresel Teknoloji) faaliyet göstermektedir. AkerBio A.Ş. firmasının web sayfasındaki bilgilerde "... temiz et üretimine yönelik hücrelerin çoğalırken yaydığı amonyak benzeri yan ürünlerin temizlenmesi ve büyüme ortamının filtrelenerek tekrar kullanılmasının sağlanması"nın hedeflendiği belirtilmektedir. Böylece firma kendileri tarafından tasarlanan özel formüller sayesinde temiz etin yüksek üretim maliyetlerinin makul seviyelere çekilebileceğini öngörmektedir (AkerBio, 2023). Türk araştırma ekibinin henüz yayınlanmış bir makalesi (Celebi-Birand vd., 2023) ve A.B.D.de yapmış oldukları ilgili patent başvuruları da mevcuttur (Akçalı, Erikçi ve Kıran, 2023).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapay etin endüstriyel çapta üretilebilmesi ve global çapta pazarlanabilmesi için çözülmesi gereken teknik ve bilimsel sorunlar, sürdürülebilirlik, üretimle ilgili prosedürler ve yasal düzenlemelere ihtiyaç vardır (Post vd., 2020; Hong vd., 2021; Benny vd., 2022; Chodkowska, Wódz ve Wojciechowski, 2022; Liu vd., 2022; Gomez Romero ve Boyle, 2023; Kulus vd., 2023; Santos vd., 2023; Singh vd., 2023; Martins vd., 2024). Diğer taraftan yapay et ürünlerinin satışına farklı ülkelerde izinler verilmeye başlamıştır (Hürriyet, 2020; Anadolu Ajansı, 2022; Anadolu Ajansı, 2023). ABD Tarım Bakanlığı (USDA)'na bağlı Gıda Güvenliği ve Kontrolü Servisi 21 Haziran 2023 tarihinde bir genelge yayınlayarak insan gıdası amaçlı üretilen hücre kültürü tabanlı et veya tavuk eti üretimi yapan işletmelerdeki aktivitelerde personelin gerek kontrol gerekse doğrulama açısından rolleri ve sorumluklarını belirlemiştir (USDA, 2023). Ancak, kamuoyunun belli bir kesimi ve çeşitli gruplar tarafından yapay ete itirazların olduğu da bir gerçektir.

Örneğin İtalya yapay et üretimine yasak getireceğini duyurmuştur (BBC News Türkçe, 2023). Fiyat olarak hala çok pahalı olması yanında başlıca çekinceler yapay et ve ürünlerinin sağlıksız olduğu, doğal olmadıkları, iddia edilenin aksine yapay et üretiminin çevreye daha fazla zarar verdiği, kurbansız kanibalizmi destekleyeceği, vejeteryanlığın yaygınlaşmasına neden olacağı şeklinde sıralanabilir (Bhat vd., 2019; Yetim ve Tekiner, 2020).

Başta dini çekincelerin etkisinde olmakla birlikte yapay et tüketiminin tüketici tarafından isteyerek kabul görüp görmeyeceği (consumer acceptance) hala en önemli konulardan biridir (Siddiqui vd., 2022; Rosenfeld ve Tomiyama, 2023). 2023 yılında yayınlanan ve 417 katılımcının yer aldığı bir çalışmaya göre, Türk tüketicilerin yapay et tüketimi konusunda oldukça isteksiz oldukları bildirilmiştir (Baybars, Ventura ve Weinrich, 2023). Türk tüketiciler yapay eti normal, konvasiyonel ete bir alternatif olarak kabul etseler dahi yapay et tüketimin etik, doğal, sağlıklı, güvenli olmadığını beyan etmişlerdir. Ülkemiz tüketicileri yapay eti düzenli olarak tüketme hatta deneme konusunda da oldukça ilgisiz ve isteksizdirler (Baybars vd., 2023).

Yaklaşık 100 yıllık bir serüvene sahip, önceleri romanlarda bir gerçeküstü olay gibi zikredilen hayvansal kaynaklı yapay etin bir realite olduğu artık kabul edilmelidir. Şüphesiz yapay et üretiminin optimizasyonu ve ilgili kamu kurumları tarafından gerek üretim gerekse üretim sonrası kontrol edilmesi gereklidir. Biz istesek de istemesek de *in vitro* koşullarda üretilmiş yapay et ve çeşitlerini yakın gelecekte market raflarında görmemiz pek de uzak bir ihtimal değildir. Ülkemizin dini konularda resmi otoritesi olan Diyanet İşleri Başkanlığı'nın web sayfasında 21 Eylül 2021 tarihli "*Diyanet'ten 'Yapay Et' açıklaması*" başlığı altında, Diyanet İşleri Başkanlığı Basın ve Halkla İlişkiler Müşavirliği tarafından yayınlanan "*Sosyal medya mecralarında Din İşleri Yüksek Kurulumuzun yapay ete cevaz verdiğine dair paylaşılan içerikler tamamen asılsızdır. Kurulumuzun yapay etin helal olduğuna dair bir fetvası yoktur*" ifadeleri yer almaktadır (DİB, 2021). Söz konusu ifadelerden Diyanet İşleri Başkanlığı'nın konu ile ilgili nihai kararı vermediği, en azından yapay et tüketimi için cevaz vermediği anlaşılmakta olup, konu sadece ülkemizde değil farklı ülkelerde dünya gündeminde de yerini korumakta olup bazı dini çevrelerce dahi kaçırılmaması gereken bir fırsat olarak görülmektedir (Izhar Ariff Mohd Kashim vd., 2023; Attwood vd., 2023).

Sonuç olarak, sınırlı sayıda da olsa ülkemizden bilim insanlarının yer aldığı hayvansal kaynaklı yapay et yarışında ülke olarak bir an önce konum belirlememiz gereklidir. Sosyal medya ve gazete haberlerinde hemen her gün karşılaştığımız yapay et haberleri artık sıradan vatandaşların da gündeminde. Bir an önce ulusal çapta daha sonra uluslararası çalıştaylar düzenlenmesi gerekmektedir. *Eğer ulusal çıkarlarımız yapay et üretimi araştırma ve çalışmalarına dahil olmamız yönünde ise, öncelikli alan araştırmaları çerçevesinde projelerin desteklenmesi, hepsinden önemlisi tüketici kamuoyunun doğru bir şekilde bilgilendirilmesi önem arz etmektedir.*

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Akali, K.C., Erikci, E. ve Kiran, F., Biftek Inc. (2022). Microbiota-derived postbiotics: Alternative supplement to fetal bovine serum for cultured meat. U.S. Patent Application 17/486,944. <https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=US355912800> (Erişim tarihi: 09 Aralık, 2023).
- AkerBio A.ř. (2023). <http://aker.bio> (Erişim tarihi: 09 Aralık, 2023).
- Anadolu Ajansı (2020). <https://www.aa.com.tr/tr/dunya/singapur-laboratuvarda-uretilen-tavuk-etinin-satisina-onay-verdi/2062947> (Erişim tarihi: 01 Kasım 2023).
- Anadolu Ajansı (2023). <https://www.aa.com.tr/tr/yasam/abd-tarim-bakanligindan-laboratuvarda-uretilen-tavuk-etinin-satisina-onay-/2928150> (Erişim tarihi: 01 Kasım 2023).
- Attwood S, Jameel S, Fuseini A, AlKhalawi E, Hajat C (2023). Halal cultivated meat: an untapped opportunity. *Front Nutr.* 2023 Jul 12;10:1196475. doi: 10.3389/fnut.2023.1196475.
- Balasubramanian B, Liu W, Pushparaj K, Park S (2021). The epic of in vitro meat production-A fiction into reality. *Foods*, 10(6), 1395. doi: 10.3390/foods10061395.
- Barnes D, Sato G (1980). Serum-free cell culture: a unifying approach. *Cell*. 22(3), 649-655. doi: 10.1016/0092-8674(80)90540-1.
- Baybars M, Ventura K, Weinrich R (2023). Can in vitro meat be a viable alternative for Turkish consumers? *Meat Sci.*, 201, 109191. doi: 10.1016/j.meatsci.2023.109191.
- Bosnakovski D, Mizuno M, Kim G, Takagi S, Okumura M, Fujinaga T (2005). Isolation and multilineage differentiation of bovine bone marrow mesenchymal stem cells. *Cell Tissue Res*. 19(2), 243-253. doi: 10.1007/s00441-004-1012-5.
- BBC News Türkçe, 2023. <https://www.bbc.com/turkce/articles/c0v2p41728xo>. (Erişim tarihi: 01 Kasım 2023).
- Benjaminson MA, Gilchriest JA, Lorenz M. (2002). *In vitro* edible muscle protein production system (MPPS): stage 1, fish. *Acta Astronaut.* 51(12), 879-889. doi: 10.1016/s0094-5765(02)00033-4.

- Benny A, Pandi K, Upadhyay R (2022). Techniques, challenges and future prospects for cell-based meat. *Food Sci Biotechnol.* 31(10), 1225-1242.
- Bhat ZF, Kumar S, Fayaz H. (2015). *In vitro* meat production: Challenges and benefits over conventional meat production. *J Integr Agric.* 14(2), 241-248. doi: 10.1016/S2095-3119(14)60887-X.
- Bhat ZF, Kumar S, Bhat HF (2017). *In vitro* meat: A future animal-free harvest. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 57(4), 782-789. doi: 10.1080/10408398.2014.924899.
- Bhat ZF, Morton JD, Mason SL, Bekhit AEA, Bhat HF (2019). Technological, Regulatory, and Ethical Aspects of In Vitro Meat: A Future Slaughter-Free Harvest. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 18(4), 1192-1208. doi: 10.1111/1541-4337.12473. 33336995.
- Bryngelsson S, Moshtaghian H, Bianchi M, Hallström E (2022). Nutritional assessment of plant-based meat analogues on the Swedish market. *Int J Food Sci Nutr.* 73(7), 889-901. doi: 10.1080/09637486.2022.2078286.
- Cao S, Wang F, Liu L (2013). Isolation and culture of bovine embryonic stem cells. *Methods Mol Biol.* 1074, 111-123. doi: 10.1007/978-1-62703-628-3_9.
- Carrel A. (1912). On the permanent life of tissues outside of the organism. *J Exp Med.*, 15(5), 516-528. doi: 10.1084/jem.15.5.516.
- Celebi-Birand D, Genc K, Agun I, Erikci E, Akcali KC, Kiran F. (2023). Microbiota-derived postbiotics enhance the proliferative effects of growth factors on satellite cells in cultivated meat applications. *Sustainability* 15(23), 16164. doi: 10.3390/su152316164
- Chodkowska KA, Wódz K, Wojciechowski J (2022). Sustainable Future Protein Foods: The Challenges and the Future of Cultivated Meat. *Foods.* 11(24), 4008. doi: 10.3390/foods11244008.
- Choudhury D, Singh S, Seah JSH, Yeo DCL, Tan LP. (2020). Commercialization of plant-based meat alternatives. *Trends Plant Sci.* 25(11), 1055-1058. doi: 10.1016/j.tplants.2020.08.006.
- Churchill W (1931). <https://teachingamericanhistory.org/document/fifty-years-hence> (Erişim tarihi: 01 Mart, 2021)

- CNN Türk (2021). <https://www.cnnturk.com/ekonomi/yapay-et-konusunda-calismalar-hizlandi-turkiyede-adimlar-atilmaya-basladi> (Erişim tarihi: 10 Ocak, 2022)
- DHA (2021). <https://www.dha.com.tr/gundem/laboratuvar-ortaminda-uretilecek-temiz-et-icin-yerli-formul-1813430>. (Erişim tarihi: 10 Ocak, 2022)
- DİB (2021). <https://diyanet.gov.tr/tr-TR/Kurumsal/Detay/32758/diyanetten-yapay-et-aciklamasi> (Erişim tarihi, 01 Ekim 2023)
- Dodson M.V., McFarland, D.C., Martin, E.L., Brannon, M.A (1986). Isolation of satellite cells from ovine skeletal muscles. *J. Tissue Cult. Methods*. 10, 233–237. doi: 10.1007/BF01404483.
- Dodson MV, Martin EL, Brannon MA, Mathison BA, McFarland DC (1987). Optimization of bovine satellite cell-derived myotube formation in vitro. *Tissue Cell*. 19(2), 159-166. doi: 10.1016/0040-8166(87)90001-2.
- Doumit ME, Merkel RA (1992). Conditions for isolation and culture of porcine myogenic satellite cells. *Tissue Cell*. 24(2), 253-262. doi: 10.1016/0040-8166(92)90098-r.
- Duarte AC, Costa EC, Filipe HAL, Saraiva SM, Jacinto T, Miguel SP, Ribeiro MP, Coutinho P (2023). Animal-derived products in science and current alternatives. *Biomater Adv.* 151, 213428. doi: 10.1016/j.bioadv.2023.213428.
- Edelman PD, McFarland DC, Mironov VA, Matheny JG (2005). Commentary: *In vitro*-cultured meat production. *Tissue Eng.* 11(5-6), 659-662. doi: 10.1089/ten.2005.11.659.
- Elhalis H, See XY, Osen R, Chin XH, Chow Y (2023). The potentials and challenges of using fermentation to improve the sensory quality of plant-based meat analogs. *Front Microbiol.* 14, 1267227. doi: 10.3389/fmicb.2023.1267227.
- Fernandes AM, Teixeira OS, Revillion JP, Souza ÂRL (2022). Panorama and ambiguities of cultured meat: an integrative approach. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 62(20), 5413-5423. doi: 10.1080/10408398.2021.1885006.
- Ford, B.J. (2011). Cultured Meat: Food for the Future. *The Microscope*, 59:2, 73-81.

- Gao Y, Guo Y, Duan A, Cheng D, Zhang S, Wang H (2014). Optimization of culture conditions for maintaining porcine induced pluripotent stem cells. *DNA Cell Biol.* 33(1), 1-11. doi: 10.1089/dna.2013.2095.
- Good Food Institute (2023). https://gfi.org/wp-content/uploads/2023/01/COR23008_CM-nomenclature-fact-sheet_Final.pdf. (Erişim tarihi: 05 Aralık, 2023)
- Godfray HCJ, Aveyard P, Garnett T, Hall JW, Key TJ, Lorimer J, Pierrehumbert RT, Scarborough P, Springmann M, Jebb SA (2018). Meat consumption, health, and the environment. *Science*. 361(6399), eaam5324. doi: 10.1126/science.aam5324.
- Gomez Romero S, Boyle N. Systems biology and metabolic modeling for cultivated meat: A promising approach for cell culture media optimization and cost reduction (2023). *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 22(4), 3422-3443. doi: 10.1111/1541-4337.13193.
- Holen, E., Kausland, A., Skjærven, K (2010). Embryonic stem cells isolated from Atlantic cod (*Gadus morhua*) and the developmental expression of a stage-specific transcription factor ac-Pou2. *Fish Physiol. Biochem.* 36 (4), 1029–1039. doi: 10.1007/s10695-010-9381-z.
- Hong TK, Shin DM, Choi J, Do JT, Han SG (2021). Current Issues and Technical Advances in Cultured Meat Production: A Review. *Food Sci Anim Resour.* 41(3), 355-372. doi: 10.5851/kosfa.2021.e14.
- Hopkins, P. D., Dacey, A. (2008). Vegetarian meat: Could technology save animals and satisfy meat eaters? *J Agric Environ Ethics.* 21(6), 579-596. doi: 10.1007/s10806-008-9110-0
- Hürriyet (2020). <https://www.hurriyet.com.tr/dunya/abdde-ilk-kez-yapay-et-tuketimine-resmi-izin-42173692>. (Erişim tarihi: 01 Kasım 2023)
- Ismail I, Hwang YH, Joo ST (2020). Meat analog as future food: a review. *J Anim Sci Technol.* 62(2), 111-120. doi: 10.5187/jast.2020.62.2.111.
- Izhar Ariff Mohd Kashim M, Abdul Haris AA, Abd Mutalib S, Anuar N, Shahimi S (2023). Scientific and Islamic perspectives in relation to the Halal status of cultured meat. *Saudi J Biol Sci.* 30(1), 103501. doi: 10.1016/j.sjbs.2022.103501.

- Jara TC, Park K, Vahmani P, Van Eenennaam AL, Smith LR, Denicol AC (2023). Stem cell-based strategies and challenges for production of cultivated meat. *Nat Food*. 4(10), 841-853. doi: 10.1038/s43016-023-00857-z.
- Jönsson E (2016). Benevolent technotopias and hitherto unimaginable meats: Tracing the promises of in vitro meat. *Soc Stud Sci*. 46(5), 725-748. doi: 10.1177/0306312716658561.
- Just-food.com (2023). <https://www.just-food.com/news/food-giants-nestle-dsm-and-cargill-file-for-most-plant-based-meat-patent-applications/> (Erişim tarihi: 04 Aralık, 2023)
- Khatri M, O'Brien TD, Sharma JM (2009). Isolation and differentiation of chicken mesenchymal stem cells from bone marrow. *Stem Cells Dev*. 18(10), 1485-1492. doi: 10.1089/scd.2008.0223.
- Kim YM, Park YH, Lim JM, Jung H, Han JY (2017). Technical note: Induction of pluripotent stem cell-like cells from chicken feather follicle cells. *J Anim Sci*. 95(8), 3479-3486. doi: 10.2527/jas.2017.1418.
- Kulus M, Jankowski M, Kranc W, Golkar Narenji A, Farzaneh M, Dziegiel P, Zabel M, Antosik P, Bukowska D, Mozdziak P, Kempisty B (2023). Bioreactors, scaffolds and microcarriers and *in vitro* meat production-current obstacles and potential solutions. *Front Nutr*. 10, 1225233. doi: 10.3389/fnut.2023.1225233.
- Lamri M, Bhattacharya T, Boukid F, Chentir I, Dib AL, Das D, Djenane D, Gagaoua M (2021). Nanotechnology as a processing and packaging tool to improve meat quality and safety. *Foods*, 10(11), 2633. doi: 10.3390/foods10112633.
- Lavial, F., Pain, B (2010). Chicken embryonic stem cells as a non-mammalian embryonic stem cell model. *Dev. Growth Differ*, 52(1), 101–114. doi: 10.1111/j.1440-169X.2009.01152.x.
- Lee DY, Yun SH, Lee SY, Lee J, Jr Mariano E, Joo ST, Choi I, Choi JS, Kim GD, Lee J, Choi SH, Hur SJ (2023). Analysis of commercial fetal bovine serum (FBS) and its substitutes in the development of cultured meat. *Food Res Int*, 174(Pt 1), 113617. doi: 10.1016/j.foodres.2023.113617.
- Lee DK, Kim M, Jeong J, Lee YS, Yoon JW, An MJ, Jung HY, Kim CH, Ahn Y, Choi KH, Jo C, Lee CK (2023). Unlocking the potential of stem cells: Their crucial role in the production of cultivated meat. *Curr Res Food Sci*, 7, 100551. doi: 10.1016/j.crfs.2023.100551.

- Lee SY, Lee DY, Jeong JW, Kim JH, Yun SH, Mariano EJ, Lee J, Park S, Jo C, Hur SJ (2023). Current technologies, regulation, and future perspective of animal product analogs - A review. *Anim Biosci.*, 36(10), 1465-1487. doi: 10.5713/ab.23.0029.
- Li M, Zhang D, Hou Y, Jiao L, Zheng X, Wang WH (2003). Isolation and culture of embryonic stem cells from porcine blastocysts. *Mol Reprod Dev.*, 65(4), 429-434. doi: 10.1002/mrd.10301.
- Liu J, Balehosur D, Murray B, Kelly JM, Sumer H, Verma PJ (2012). Generation and characterization of reprogrammed sheep induced pluripotent stem cells. *Theriogenology*. 77(2), 338-346. doi: 10.1016/j.theriogenology.2011.08.006.
- Liu W, Hao Z, Florkowski WJ, Wu L, Yang Z (2022). A Review of the challenges facing global commercialization of the artificial meat industry. *Foods*, 11(22), 3609. doi: 10.3390/foods11223609.
- Lyahyai J, Mediano DR, Ranera B, Sanz A, Remacha AR, Bolea R, Zaragoza P, Rodellar C, Martín-Burriel I (2012). Isolation and characterization of ovine mesenchymal stem cells derived from peripheral blood. *BMC Vet Res.*, 8, 169. doi: 10.1186/1746-6148-8-169.
- Martins B, Bister A, Dohmen RGJ, Gouveia MA, Hueber R, Melzener L, Messmer T, Papadopoulos J, Pimenta J, Raina D, Schaeken L, Shirley S, Bouchet BP, Flack JE (2024). Advances and challenges in cell biology for cultured meat. *Annu Rev Anim Biosci.*, 12, 15.1-1.24. doi: 10.1146/annurev-animal-021022-055132.
- Mateti T, Laha A, Shenoy P (2022). Artificial Meat Industry: Production Methodology, Challenges, and Future. *JOM*, 74(9), 3428-3444. doi: 10.1007/s11837-022-05316-x.
- Melzener L, Verzijden KE, Buijs AJ, Post MJ, Flack JE (2021). Cultured beef: from small biopsy to substantial quantity. *J Sci Food Agric.*, 101(1), 7-14. doi: 10.1002/jsfa.10663.
- Munialo CD, Vriesekoop F (2023). Plant-based foods as meat and fat substitutes. *Food Sci Nutr.* 11(9), 4898-4911. doi: 10.1002/fsn3.3421.
- Ng ET, Singh S, Yap WS, Tay SH, Choudhury D (2023). Cultured meat - a patentometric analysis. *Crit Rev Food Sci Nutr.*, 63(16), 2738-2748. doi: 10.1080/10408398.2021.1980760.

- Ng S, Kurisawa M (2021). Integrating biomaterials and food biopolymers for cultured meat production. *Acta Biomater.* 124, 108-129. doi: 10.1016/j.actbio.2021.01.017.
- O’Riordan K, Fotopoulou A, Stephens N (2017). The first bite: Imaginaries, promotional publics and the laboratory grown burger. *Public Underst Sci.*, 26(2), 148-163. doi: 10.1177/0963662516639001.
- ??? Pallaoro M, Modina SC, Fiorati A, Altomare L, Mirra G, Scocco P, Di Giancamillo A (2023). Towards a more realistic in vitro meat: The cross talk between adipose and muscle cells. *Int J Mol Sci.*, 24(7), 6630. doi: 10.3390/ijms24076630.
- Post MJ (2012). Cultured meat from stem cells: challenges and prospects. *Meat Sci.*, 92(3), 297-301. doi: 10.1016/j.meatsci.2012.04.008.
- Post, M.J. (2014). An alternative animal protein source: cultured beef. *Ann NY Acad Sci.*, 1328, 29-33. doi: 10.1111/nyas.12569.
- Post, M.J., Levenberg S., Kaplan, D.L., Genovese N, Fu J, C. Bryant, Negowetti NE, Karin Verzijden K, Moutsatsou, P. (2020). Scientific, sustainability and regulatory challenges of cultured meat. *Nat Food*, 1, 403–415. doi:10.1038/s43016-020-0112-z.
- Powell, R.L., Dodson, M.V., Cloud, J.G. (1989). Cultivation and differentiation of satellite cells from skeletal muscle of the rainbow trout *Salmo gairdneri*. *J. Exp. Zool.*, 250, 333–338. doi: 10.1002/jez.1402500314.
- Reiss J, Robertson S, Suzuki M (2021). Cell sources for cultivated meat: Applications and considerations throughout the production workflow. *Int J Mol Sci.*, 22(14), 7513. doi: 10.3390/ijms22147513.
- Rosenfeld DL, Tomiyama AJ (2023). Toward consumer acceptance of cultured meat. *Trends Cogn Sci.*, 27(8), 689-691. doi: 10.1016/j.tics.2023.05.002.
- Rubio NR, Xiang N, Kaplan DL (2020). Plant-based and cell-based approaches to meat production. *Nat Commun.*, 11(1), 6276. doi: 10.1038/s41467-020-20061-y.
- Santos ACA, Camarena DEM, Roncoli Reigado G, Chambergo FS, Nunes VA, Trindade MA, Stuchi Maria-Engler S (2023). Tissue engineering challenges for cultivated meat to meet the real demand of a global market. *Int J Mol Sci.*, 24(7), 6033. doi: 10.3390/ijms24076033.

- Siddiqui SA, Khan S, Ullah Farooqi MQ, Singh P, Fernando I, Nagdalian A (2022). Consumer behavior towards cultured meat: A review since 2014. *Appetite*, 179, 106314. doi: 10.1016/j.appet.2022.106314.
- Sikora D, Rzymiski P (2023). The heat about cultured meat in Poland: A cross-sectional acceptance study. *Nutrients*, 15(21), 4649. doi: 10.3390/nu15214649.
- Singh A, Kumar V, Singh SK, Gupta J, Kumar M, Sarma DK, Verma V (2023). Recent advances in bioengineered scaffold for in vitro meat production. *Cell Tissue Res.*, 391(2), 235-247. doi: 10.1007/s00441-022-03718-6.
- Stephens N, Sexton AE, Driessen C (2019). Making sense of making meat: Key moments in the first 20 years of tissue engineering muscle to make food. *Front Sustain Food Syst.*, 3, 45. doi: 10.3389/fsufs.2019.00045.
- Subbiahanadar Chelladurai K, Selvan Christyraj JD, Rajagopalan K, Yesudhasan BV, Venkatachalam S, Mohan M, Chellathurai Vasantha N, Selvan Christyraj JRS (2021). Alternative to FBS in animal cell culture - An overview and future perspective. *Heliyon*, 7(8), e07686. doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e07686.
- Süreç E. ve Uzun P (2020). Geleceğin alternatif protein kaynağı: Yapay Et. *Akademik Gıda*, 18(2), 209-216. doi: 10.24323/akademik-gida.758840
- Talluri TR, Kumar D, Glage S, Garrels W, Ivics Z, Debowski K, Behr R, Niemann H, Kues WA (2015). Derivation and characterization of bovine induced pluripotent stem cells by transposon-mediated reprogramming. *Cell Reprogram.*, 17(2), 131-140. doi: 10.1089/cell.2014.0080.
- Toor, A (2013). World's first lab-grown burger unveiled at public tasting. <https://www.theverge.com/2013/8/5/4589744/cultured-beef-burger-public-tasting-mark-post-sergey-brin>. (Erişim tarihi 08 Eylül, 2021)
- UN (2023). <https://www.un.org/en/global-issues/population>. (Erişim tarihi: 01 Kasım 2023)
- USDA (2023). https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/documents/7800.1.pdf (Erişim tarihi: 01 Kasım, 2023).
- van der Valk J, Gstraunthaler G. Fetal bovine serum (FBS) - A pain in the dish? (2017). *Altern Lab Anim.*, 45(6), 329-332. doi: 10.1177/026119291704500611.

- van der Valk J, Bieback K, Buta C, Cochrane B, Dirks WG, Fu J, Hickman JJ, Hohensee C, Kolar R, Liebsch M, Pistollato F, Schulz M, Thieme D, Weber T, Wiest J, Winkler S, Gstraunthaler G (2018). Fetal bovine serum (FBS): Past - Present - Future. *ALTEX*, 35(1), 99-118. doi: 10.14573/altex.1705101.
- Van Eelen, W.F., Van Kooten, W.J., Westerhof, W. (1999). Industrial scale production of meat from in vitro cell cultures. <http://patentscope.wipo.int/search/en/WO1999031222>. Erişim tarihi: 11 Aralık 2023)
- Varley J, Birch J (1999). Reactor design for large scale suspension animal cell culture. *Cytotechnology*, 29(3), 177-205. doi: 10.1023/A:1008008021481.
- Vilarino M, Alba Soto D, Soledad Bogliotti Y, Yu L, Zhang Y, Wang C, Paulson E, Zhong C, Jin M, Carlos Izpisua Belmonte J, Wu J, Juan Ross P (2020). Derivation of sheep embryonic stem cells under optimized conditions. *Reproduction*, 160(5), 761-772. doi: 10.1530/REP-19-0606.
- Wang Y, Jian C (2023). Novel plant-based meat alternatives: Implications and opportunities for consumer nutrition and health. *Adv Food Nutr Res.*, 106, 241-274. doi: 10.1016/bs.afnr.2023.03.006.
- Weihe WH (1985). Use and misuse of an imprecise concept: alternative methods in animal experiments. *Lab Anim.*, 19(1), 19-26. doi: 10.1258/002367785780890758.
- Yablonka-Reuveni Z, Quinn LS, Nameroff M (1987). Isolation and clonal analysis of satellite cells from chicken pectoralis muscle. *Dev Biol.*, 119(1), 252-259. doi: 10.1016/0012-1606(87)90226-0.
- Yao T, Asayama Y (2017). Animal-cell culture media: History, characteristics, and current issues. *Reprod Med Biol.*, 16(2), 99-117. doi: 10.1002/rmb2.12024.
- Yetim H ve Tekiner IH (2020). Alternatif Protein Kaynaklarından Yapay Et Üretimi Kavramına Eleştirel Bir Bakış. *Helal ve Etik Araşt. Derg.*, 2(2), 85-100.

Yazar Hakkında / About Author

Prof. Dr. Halit CANATAN | Erciyes Üniversitesi |
canatan[at]erciyes.edu.tr | ORCID:0000-0002-0978-8311

Fırat Üniversitesi'nden Veteriner Fakültesi ve Üniversite Birincisi olarak mezun oldu. Yüksek Lisansını (Molecular Genetics) ve doktorasını (Molecular, Cellular and Developmental Biology) The Ohio State University'de tamamladı. Fırat Üniversitesi Tıp Fakültesi'nde Yardımcı Doçent ve Doçent olarak görev yaptı. Kuveyt Üniversitesi Tıp ve Eczacılık Fakülteleri'nde Misafir Öğretim Üyesi olarak görev yaptı. 2010'dan bu yana Erciyes Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Biyoloji Ana Bilim Dalında öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır. Rektör Danışmanı, Dekan Vekili, Enstitü Müdürü, Senato Üyesi, Üniversite Yönetim kurulu üyesi, Bölüm Başkanı ve farklı Ana Bilim Dalı Başkanlıkları görevlerinde bulunmuştur. Center for Genome-based Therapeutics (Cardiff University, UK), King Faisal Specialist Hospital & Research Center (S. Arabia)'nde misafir öğretim üyesi/araştırmacı olarak görev yapmıştır. Gerek Türkiye'de gerekse yurtdışında birçok projede yürütücü ya da araştırmacı olarak görev almıştır. İndeksli dergilerde 100'den fazla bilimsel çalışması yayınlanmış olup, eserlerine 5000'den fazla atıfta bulunulmuştur. Mevcut i10 endeksi 73, h endeksi 39'dur.

Prof. Dr. Halit CANATAN | Erciyes University |
canatan[at]erciyes.edu.tr | ORCID:0000-0002-0978-8311

He graduated as a valedictorian from both Fırat University and School of Veterinary Medicine. He completed his master's degree (Molecular Genetics) and PhD degree (Molecular, Cellular and Developmental Biology) at The Ohio State University. He worked as Assistant Professor and Associate Professor at Fırat University School of Medicine. He worked as a visiting professor at Kuwait University's School of Medicine and School of Pharmacy. He has been working as a faculty member at Erciyes University School of Medicine, Department of Medical Biology, since 2010. He served as Advisor to the President, Deputy Dean, Institute Director, Senate Member, University Board Member, Division Head and Head of different Departments. He worked as a visiting faculty/researcher at the Center for Genome-based Therapeutics (Cardiff University, UK), King Faisal Specialist Hospital & Research Center (S. Arabia). He has worked as a principal investigator or researcher in several projects both in Türkiye and abroad. He has more than 100 scientific studies published in indexed journals, and his works have been cited more than 5000 times. The current i10 index is 73 and the h index is 39.

**TEK HÜCRE-MİKROORGANİZMA BAZLI
PROTEİN KAYNAKLARI**

SINGLE CELL PROTEIN SOURCES

Berat Zeki Haznedaroğlu

Atıf Künyesi: Haznedaroğlu, B. Z. (2024). Tek Hücre-Mikroorganizma Bazlı Protein Kaynakları. Şahin, K. (Ed.), *Alternatif Gıda Kaynakları* (s. 129-142) içinde. Ankara Basım Yayın

TEK HÜCRE-MİKROORGANİZMA BAZLI PROTEİN KAYNAKLARI

Dr. Öğr. Üyesi Berat Zeki HAZNEDAROĞLU
Boğaziçi Üniversitesi

Özet

Tek Hücre-Mikroorganizma Proteinleri (THP), bakteriler, mayalar, mantarlar ve algler gibi mikroorganizmalardan elde edilen proteinlerdir. Bu mikroorganizmalar, biyoreaktörler kullanılarak kontrollü şartlar altında çoğaltılır ve protein açısından zengin biyokütle olarak işlenerek son ürünlere dönüştürülürler. THP üretimi için kullanılan yaygın mikroorganizmalar arasında *Limnospira*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Fusarium venenatum*, *Candida* ve *Chlorella* türleri bulunur. Bu türler, yüksek büyüme performansı, yüksek protein içeriği ve zorlu koşullar altında gelişme yetenekleri gibi özelliklerine göre seçilirler. THP'ler hızla artan dünya nüfusunun sürdürülebilir şekilde beslenmesi için gerekli olan tüm temel ve esansiyel amino asitleri içeren yüksek protein içeriklerine sahiptir. THP'ler endüstriyel et üretimi ve soya gibi geleneksel protein kaynaklarına göre önemli miktarda arazi, gübre, su ve yem gibi kaynaklar gerektirmeyen, çevresel açıdan daha sürdürülebilir alternatiflerdir. Ancak, THP'lerin daha yaygın olarak kullanımı ile ilgili zorluklar bulunmakta olup insan tüketimi için regülasyon düzenlemeleri, tüketicilerin bakış açısı ve kabulü, büyük ölçek üretim verimliliğinin düşük olması ve ARGE maliyetlerinin yüksek olması gibi zorluklardır. Bunlara ilaveten, üretim sırasında patojen kontaminasyon riski ve olası toksin bulaşı THP üretiminde güvenlik açısından dikkat edilmesi gereken konulardır. Bu çalışma Boğaziçi Üniversitesi Mikroyosun Biyoteknolojileri ARGE Birimi'nden THP üzerine yapılan çalışmalar ile Boğaziçi Üniversitesi mikroalg biyorafinerisinde üretilen THP örneklerini mevcut literatür bilgileri ile harmanlanarak kamu ve özel sektörün bilgisine sunmak amacıyla hazırlanmıştır.

Anahtar Kelimeler

Tek Hücre Protein Kaynakları, Algal Biyoteknoloji, Alternatif Proteinler

SINGLE CELL PROTEIN SOURCES

Asst. Prof. Dr. Berat Zeki HAZNEDAROĞLU

Boğaziçi University

Abstract

Single Cell-Microorganism based Proteins (SCP) are obtained from microorganisms such as bacteria, yeasts, fungi and algae. These microorganisms are grown under controlled conditions and processed into end-products rich in proteins. The most common microorganisms used for SCP include *Limnospira*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Fusarium venenatum*, *Candida*, and *Chlorella* species. These species are selected for their characteristics, such as rapid-growth rate, high-protein content, and ability to thrive under harsh conditions. SCPs amino acids required for the sustainable nutrition of the rapidly growing world population. SCPs can be designed and optimized through various R&D activities to meet specific nutritional requirements. SCPs are more environmentally sustainable alternatives to traditional protein sources such as industrial meat and soy, and do not require significant land, fertilizer, water or feed. As grown in controlled environments, SCPs make a promising sustainable solution to meet the growing global protein. However, there are still challenges regarding common spread utilization of SCPs such as regulatory procedures for human consumption, consumers' perspective and acceptance, increasing large-scale production efficiency and high R&D costs. In addition, the risk of pathogens and possible toxin contamination are among the issues that need to be considered in terms of safety. This study aims to inform the public and private sectors by blending the studies on SCP research conducted at Boğaziçi University Microalgae Biotechnologies R&D Unit with existing literature studies as well as SCP samples produced in Boğaziçi University microalgae biorefinery.

Keywords

Single Cell Proteins, Algal Biotechnology, Alternative Proteins

GİRİŞ

Dünya nüfusunun mevcut artış hızı dikkate alındığında yakın gelecekte protein ihtiyacının sürdürülebilir bir şekilde sağlanabilmesi giderek zorlaşacağı aşikârdır. Bir çok tüketicinin protein ihtiyacı için tercih ettiği öncelikli kaynağın et ürünleri olduğu bilinmekle birlikte, et yoğun bir beslenme şeklinin kardiyovasküler hastalıklar, kanser, tip 2 diyabet dahil olmak üzere çok çeşitli olumsuz sağlık etkileriyle ilişkilendirildiği görülmektedir (Wolk, 2017). Bununla birlikte özellikle endüstriyel et üretimi küresel iklim değişikliğine sebep olan sera gazlarından metan emisyonlarını artırmaktadır. Besi hayvanı sistemlerindeki sera gazlarının ana kaynakları karbon dioksitten yaklaşık 25-30 kat daha fazla küresel ısıma yaratan enterik metandır. Enterik fermentasyon ve gübre yönetiminden kaynaklanan doğrudan emisyonlar, karbon dioksit eşdeğerleri cinsinden ölçüldüğünde, tarımsal faaliyetlerin toplam sera gazı emisyonunun yaklaşık %41'ini temsil etmektedir (Dillon vd., 2021).

Bununla birlikte kişi başına düşen mevcut et tüketimi, Dünya Kanser Araştırma Fonu'nun tavsiye ettiği haftada 500 gramdan az olan günlük alım miktarını aşmaktadır (Clinton, Giovannucci, & Hursting, 2020). Bu sebeple işlenmiş et tüketimini azaltabilecek alternatif protein kaynaklarının tüketilmesi, yaşam kalitesini düşüren ve ülkelerin sağlık sistemleri üzerinde ciddi ekonomik yük oluşturan kalp-damar ve bazı kronik rahatsızlıkların önleniminin bir yolu olabilir. Günümüzde alternatif protein kaynakları incelendiğinde; yenilebilir böcekler, bitki bazlı protein alternatifleri, kültürlenmiş et ve tek hücreli protein (THP) en önemli kaynaklar olarak öne çıkmaktadır.

Bu çalışmanın temel konusunu oluşturan THP'lerin üretimi, 1950'li yılların başında dünyanın bazı yerlerinde yaşanan gıda kıtlığı gibi olumsuzluklar sebebiyle artmaya başlamış ve alternatif bir çözüm olarak kabul edilmiştir. Gıda veya yem amacıyla protein elde etmek üzere tek hücreli mikroorganizmaların kullanılmasının geleneksel protein kaynaklarına göre önemli avantajları bulunmaktadır. Öncelikle tek hücreli mikroorganizmalar türlerine ve besi ortamlarına bağlı olmak üzere hızlı bir şekilde büyürler. Böylelikle arzu edilen protein üretimi daha kısa bir sürede elde edilir. Öte yandan tarım ve hayvancılık sektörünün ihtiyacı olan geniş ve verimli tarım arazileri gerektirmediğinden mikroorganizmaların üretimi çevresel açıdan daha az alan yükü ve ekolojik etki yaratmaktadır. Tarımsal faaliyetlerde kullanılan herbisit, pestisit ve diğer kimyasallar ile hayvanların hastalanmaması için tercih edilen antibiyotikler atık sular ve yüzey akışı (run-off) ile su kaynaklarını kirletme riski açısından tek hücreli mikroorganizma üretiminde yok denecek kadar azdır. Tatlı su algleri dışında tuzlu su kullanılan türler tercih edildiğinde su gereksinimi yine proteince zengin konvansiyonel tohumlara göre daha düşüktür. Son olarak tek hücreli mikroorganizmaların üretimi kontrollü reaktörler kullanılarak gerçekleştirildiğinden mevsimlik iklim şartlarından etkilenmeden üretimin devam etmesi mümkündür.

TEK HÜCRE-MİKROORGANİZMA BAZLI PROTEİN DEĞERLENDİRMELERİ

Besin İçerikleri

Protein içeriği zengin olarak bilenen temel gıda ürünleri olan et (%21), balık (%18) ve soya fasulyesi (%39) ile karşılaştırıldığında THP kaynakları daha yüksek oranda (%30-80) protein içermektedir (Fukagawa vd., 2022). Amino asit içeriklerine bakıldığında ise THP kaynakları, metiyonin, treonin ve lisin dahil olmak üzere beslenme yoluyla alınması gereken tüm esansiyel amino asitleri bulundurmaktadır (Khan vd. 2022; Pires vd. 2016; Saejung ve Salasook, 2020; Yap vd. 2022).

Endüstriyel olarak büyük ölçekte üretilen THP kaynakları incelendiğinde ise ağırlıklı olarak mikroalgler, bakteriler, maya ve mantarlar kullanılmaktadır. Bu mikroorganizma gruplarına ait örnekler besin içerikleri ile birlikte Tablo 1’de sunulmaktadır.

Tablo 1.

Tek Hücre Bazlı Protein Üretiminde Kullanılan Mikroorganizmalar

Mikroalgler	Ototrofik Bakteriler	Heterotrofik Bakteriler	Aktinomisetler	Mantarlar	Mayalar	Küfler
<i>Chlorella vulgaris</i>	<i>Limnospira (Spirulina)</i>	<i>Achromobacter delvacvate</i>	<i>Nocardia spp.</i>	<i>Agaricus campestris</i>	<i>Candida lipolytica</i>	<i>Aspergillus niger</i>
<i>Scenedesmus spp.</i>		<i>Bacillus megaterium</i>	<i>Thermomonospora fusca</i>	<i>Morchella crassipes</i>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	<i>Trichoderma viride</i>
<i>Haematococcus pluvialis</i>		<i>Cellulomonas spp.</i>		<i>Fusarium venenatum</i>	<i>Rhodotorula glutinis</i>	<i>Paecilomyces varioti</i>
		<i>Methylomonas clara</i>			<i>Torulopsis spp.</i>	
		<i>Pseudomonas spp.</i>				

Bu gruplara ait besin içerikleri ise Tablo 2’de sunulmaktadır.

Tablo 2.

Tek Hücre Bazlı Protein Üretiminde Kullanılan Mikroorganizmalara Ait Gıda Bileşenleri

Kuru madde miktarları (%)				
Gıda Bileşenleri	Algler	Bakteriler	Mayalar	Mantarlar
Protein	40-75	72-85	55-60	50-55
Serbest amino asitler	3-8	8-12	6-12	7-10
Yağ	7-20	2-3	2-6	2-8
Kül	8-20	3-7	5-10	4-19

Tablo 1’de listelenen mikroorganizmalardan bazılarının (Örn. *Chlorella vulgaris*) aynı zamanda Omega-3 gibi sağlık açısından önemli doymamış yağ asitlerine sahip olması, onlara endüstriyel üretim anlamında avantaj sağlamakta olup, biyorafineri modeli takip edilerek THP yanında tek hücre bazlı yağlar (TYP) üretimi de mümkün olmaktadır. Benzer şekilde “Spirulina” yaygın ticari ismi ile satılan *Limnospira* türü siyanobakterilerde temel aminoasitlere ek olarak fotosentetik bir pigment olan fikosiyanin proteini de bulunmaktadır (Şekil 1). Fikosiyanin, askorbik asite (Vitamin C) eş değer bir antioksidan özellik gösteren, suda çözünebilen önemli bir pigment olup, nütrasötik sektörü dışında doğal mavi rengi ile gıda boyası olarak da kullanılmaktadır.

Şekil 1.

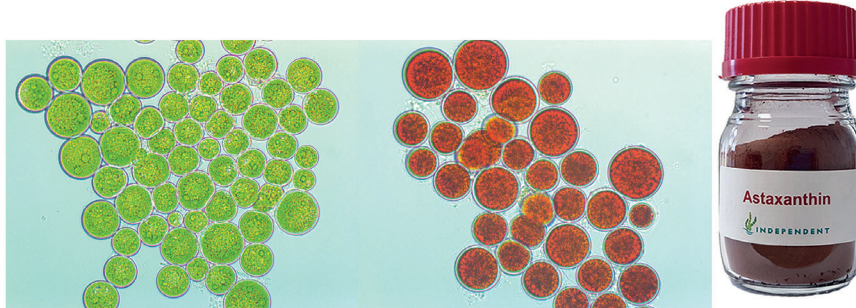
Boğaziçi Üniversitesi mikroalg biyorafinerisinde üretilen fikosiyanin örnekleri.



Doğada bilenen en kuvvetli antioksidan olan “astakzantin” molekülü ise yine Tablo 1’de listelenen önemli mikroalglerden *Haematococcus pluvialis* türünden elde edilmektedir. Keto-karotenoid grubu bir molekül olan astakzantin, *H. Pluvialis* türünün farklı stres koşulları altında (ışık, besiyeri, vb.) büyütülmesi ile elde edilmekte olup (Şekil 2), reaktif oksijen türlerini nötralize edici özellikleri sayesinde kozmetik, nütrasötik ve farmasötik sektörleri dışında su ürünleri ve balıkçılık sektöründe de kullanılmaktadır.

Şekil 2.

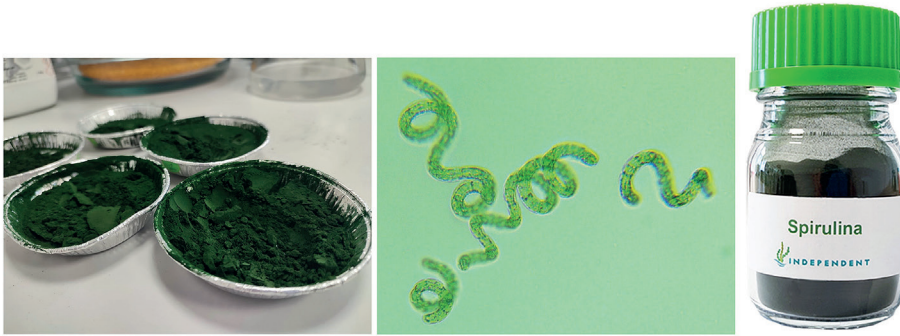
Boğaziçi Üniversitesi mikroalg biyorafinerisinde üretilen astakzantin örnekleri.



Tablo 1’de sunulan ve protein içeriği açısından zengin bir siyanobakteri olan ve yaygın ticari adıyla Spirulina olarak bilinen *Limnospira* türleri (Şekil 3), insanlar tarafından sentezlenemeyen ve mutlaka beslenme yoluyla alınması gereken esansiyel amino asitler olan histidin, lösin, izolösin, metiyonin, fenilalanin, treonin, triptofan ve valin içermektedir. Hayvansan protein kaynaklarında bulunan ancak baklagiller grubundan oldukça az olan metiyonin ile, tahıllarda az miktarda bulunan lösin amino asitlerinin Spirulina’da bulunması THP kaynağı olarak önemini göstermektedir.

Şekil 3.

Boğaziçi Üniversitesi mikroalg biyorafinerisinde üretilen Spirulina örnekleri



Mikroalg türleri arasında önemli bir protein kaynağı olan diğer bir tür ise *Chlorella vulgaris*’tir (Sharma, Singh, & Sharma, 2012; Ursu vd., 2014). *Chlorella* türleri yüksek protein içeriği dışında özellikle B1, B2, B3, B6 ve B12 vitaminleri açısından da zengin olup, antioksidan karakter gösteren sekonder metabolitler ve magnezyum, demir, kalsiyum ve çinko mineralleri bulundurmaktadır (Pratt ve Johnson, 1965; Seyfabadi vd. 2011). Boğaziçi Üniversitesi Mikroyosun Biyoteknolojileri Araştırma ve Geliştirme Birimi’nde yakın zaman önce tamamlanan çalışmada farklı fonksiyonel gıdalarda kullanımı yaygınlaşan *Chlorella vulgaris* türünün karıştırılarak kullanılabildiği ürünler olan ekmek, kurabiye, vb. pişirilmesi sırasında maruz bırakıldığı ısıl işlemlerde normalde ısıya karşı hassas bazı B vitaminlerinin pişirilmeyen örneklerle göre daha fazla açığa çıktığı, diğerlerinin ise maruz kaldıkları ısıl işleme rağmen korunduğu belirlenmiştir (Haznedaroğlu, 2023).

Üretim Modelleri

Tek hücre bazlı protein üretim sistemleri, mikroorganizmalar kullanıldığı için üretimin her aşamasının dikkatli bir şekilde kontrol edilebildiği besin ortamlarında (foto)biyoreaktörler veya fermentörler kullanılarak gerçekleştirilir. Böylelikle mikroorganizmalardan elde edilen protein bakımından zengin biyokütle oluşturulması amaçlanır. Tek hücre bazlı protein için seçilen mikroorganizmanın metabolik ihtiyaçları göz önünde bulundurularak tasarlanan reaktör sistemleri büyümeleri ve çoğalmaları için optimal koşulları sağlamak üzere tasarlanmış özel kapalı sistemlerdir.

Tek hücre bazlı protein üretim sistemleri yukarı (upstream) ve aşağı akım (downstream) prosesleri olarak iki ana üretim sistemlerinden oluşur. Yukarı akım proseslerinin temel adımları ve bileşenleri ise şu şekildedir:

Mikroorganizmaların Seçimi ve Tür/Suş Optimizasyonu:

Elde edilecek THP'nin kullanılacağı sektör dikkate alınarak hızlı büyüme, yüksek protein içeriği ve amaçlanan uygulama için uygunluk gibi faktörlere göre mikroorganizmaların seçilmesi adımını içerir.

Mikroorganizmaların Büyütülmesi:

Seçilen mikroorganizmaların üretim için en uygun suşunun aşısı kültürlerinin oluşturulması sonrası kullanılacak biyoreaktör sistemine inoküle edilerek çoğaltılması adımlarını içerir. Mikroorganizmanın metabolik gereksinimleri kapsamında (ototrofik, heterotrofik, miksotrofik, vd.) en uygun sıcaklık, pH, oksijen koşulları optimize edilerek reaktörler çalıştırılır. Mikroorganizmaların büyümesi için gerekli karbon kaynağı ile diğer makro (azot, fosfor, vb) ve mikro (vitamin ve mineraller) besin kaynakları sağlanarak mikroorganizmaların biyoreaktörler içinde yüksek verimle çoğalmasına ve en yüksek hücre yoğunluğuna ulaşması sağlanır.

Mikroorganizmaların büyütülmesi sonrası başlayan aşağı akım proseslerinin temel adımları ve bileşenleri ise şu şekildedir:

Hasatlama

Biyoreaktörler içindeki biyokütle, istenen hücre yoğunluğuna ve protein içeriğine ulaştığında hasat edilir. Hasat yöntemleri kullanılan mikroorganizma türüne ve biyokütle karakteristiklerine bağlı olarak değişmektedir. Hasatlama için ağırlıklı olarak filtrasyon, santrifüjleme, çökeltme veya yüzdürme teknolojileri tercih edilmektedir.

İşleme

Hasat edilen biyokütlenin protein ve (varsa) diğer katma değerli bileşenlerini (yağlar veya karbonhidratlar gibi) çıkarmak için işlenmesi adımlarını içerir. Kullanılan mikroorganizmanın hücre çeperinin yapısına göre homojenizasyon/öğütme adımları gerekebilir. Sprey veya liyofilizasyon kurutma teknikleri ile kurutulan biyokütleden elde edilecek proteinin konsantrasyonuna göre saflaştırma yöntemleri gibi teknikleri de içerebilir.

Formülasyon

Bu aşamada sektöre yönelik amaçlanan son uygulamaya bağlı olarak, THP'leri ürüne dönüştürme amacıyla formülasyon çalışmaları gerçekleştirilir. Örneğin, THP'ler ham protein olarak kullanılmak üzere protein zengin tozlara, fonksiyonel gıda ürünlerine veya küçük/büyük baş hayvan, balık yemi için granüllere dönüştürülebilirler.

Kalite kontrol

Özellikle nütrasötik, farmasötik ve gıda uygulamaları için en kritik adımlardan biri olan bu aşamada elde edilen son ürünün güvenlik ve beslenme standartlarını karşıladığından emin olunması için kalite kontrol önlemlerinin uygulanmasını içerir. Üretim aşamasında bulaş yaratması muhtemel kontaminantların tespiti, son ürünün besin içeriğinin ve diğer ilgili parametrelerin test edilmesi kalite kontrol altında gerçekleştirilir.

Güvenlik ve Uygulama Zorlukları

Tek hücre bazlı protein üretim sırasında ortak besin ortamlarını kullanan diğer mikroorganizmalardan toksinler, nükleik asitler (RNA), alerjenler, patojenler ile üretim sırasında kaynağı tespit edilmesi zor pestisitler ve ağır metaller gibi insan sağlığına zararlı olabilecek maddeler ürünlere bulaşabilir. Örnek olarak bazı nükleik asitler (pürinler) insan sağlığı için tehlikeli gut veya böbrek taşları gibi hastalıkların öncüsü olan ürik asit konsantrasyonunu (hiperürisemi) artırabilir (Ritala vd. 2017). Bu durum mikroalglerde olmamakla beraber eğer mantar veya bakteri kullanan THP üretimlerinde ribonükleaz enzimler kullanılarak veya nükleik asit azaltıcı tuz, asit veya hidroksit bazlar kullanılarak azaltılabilir.

Tek hücre bazlı protein üretiminde kullanılan bazı mantar ve bakteriler ayrıca mikotoksinler, okratoksinler ve aflatoksinler başta olmak üzere çeşitli ekzo- ve endotoksinler salgıladıklarından insan sağlığı üzerinde önemli etkileri olabilir. Örnek olarak Tablo 1’de listelenen *Fusarium*’un bazı türleri merkezi sinir sistemine zarar verebilecek mikotoksin üretebilmektedir (Desjardins ve Proctor, 2007; Desjardins, 2006).

Bir başka örnek olarak Spirulina üretiminde kullanılan besin ortamlarında rahatlıkla üreyebilen ve zararlı alg patlamalarına (HAB) sebep olan *Microcystis aeruginosa* türü siyanobakteriler tarafından üretilen mikrosistinler, üretim sırasında dikkat edilmezse son ürüne bulaşma riski yaratmaktadır (Gilroy vd. 2000; Vichi vd. 2012).

Tek hücre bazlı protein üretiminde kullanılan mikroorganizmaların besi ortamlarında bulunabilecek diğer spesifik alerjenler, kullanılan su kaynağı içinde bulunabilecek kirlenici maddeler veya zararlı maddeler, özellikle gıda atıklarından veya resmi regülasyonların limitlerinin farklı olduğu başka bir endüstriyel üretim hattından geliyorsa güvenlik ve risk sıkıntıları artabilir. Bu nedenle glikoz, dekstroz veya süktroz gibi kaynağı bilinen tek karbon kaynakları ve ototrofik mikroorganizmalar için saf karbon dioksit kaynakları değerlendirilebilir. Böylelikle sistem girdilerinde bulunabilecek zararlı maddeler en aza indirilerek insan veya hayvan tüketimine yönelik ürünler için yüksek düzeyde güvenlik sağlanabilir.

Sürdürülebilirlik ve Döngüsel Ekonomi Uygulamaları

Tek hücre bazlı protein üretim için seçilen bazı mikroorganizmaların üretimi için gereken substratların atık su sistemlerinden sağlanarak döngüsel ekonomi kapsamında değerlendirilmeleri mümkündür. Örnek olarak bir *Candida* türünün üretiminde glikoz, mannoz ve fruktozu içeren endüstriyel kahve işleme atık suyunu kullanarak %39 oranında varan bir protein miktarı yakalanmıştır (Pillaca-Pullo, Lopes, Rodriguez-Portilla, & Estela-Escalante, 2023). Bir başka *Candida* türünün kullanıldığı çalışmada ise patates kabuklarından elde edilen %5 gliserol ilave edilmiş atık su karbon kaynağı olarak kullanıldığında 30 g kuru biyokütle/L verimlilikle ve 12,2 g/L protein sentezi elde edilebilmiştir (Kurcz vd. 2018).

Atık suyun ve çeşitli gıda atıklarının (portakal, patates kabuğu, vb.) THP üretmek için düşük maliyetli substratlar olarak kullanılması ile birlikte üretim sistemlerinin çevresel etkileri azaltılabilmekle birlikte bu alanda risk ve güvenlik ile ilgili daha fazla çalışma yapılması gereklidir.

SONUÇ

Tek hücre-mikroorganizma bazlı protein kaynakları et, süt ve balık gibi geleneksel gıda gruplarına kıyasla daha yüksek protein içeriğine sahip olabilir ve beslenme yoluyla alınması gereken esansiyel amino asitleri içermektedir. Tek hücre-mikroorganizma bazlı protein kaynaklarının gıdalara dahil edilmesi ile besleyici özelliklerinin artırabildiği ve et ve bitki bazlı protein alternatiflerinden daha zengin olabileceği gösterilmiştir. Ek olarak THP'lerin özellikle antioksidan potansiyel gösteren bazı bileşenleri, antienflamatuvar, antibakteriyel ve antiviral özellikler taşıyan sekonder metabolitler sayesinde farklı sağlık sorunlarına karşı faydalı olabileceği belirlenmiştir. Bu özellikleri sayesinde THP'lerin umut verici bir alternatif protein kaynağı olduğu aşıkardır. Ek olarak özellikle döngüsel ekonomi çerçevesinde farklı atık sistemlerinin (nutrientler, atık karbon dioksit, vb.) girdi olarak üretim sistemleri dahil edilmesi ve biyorafineri modelleri çerçevesinde protein dışında katma değerli ek ürünlerin elde edilebilmesi THP'lerin sürdürülebilirlik adına çok kıymetli kaynaklar olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte daha geniş alanlarda ve üretiminde kullanımlarını doğrulamak üzere Ar-Ge faaliyetlerine ek olarak, endüstriyel ölçeklendirme, izolasyon süreçlerinin optimizasyonu, potansiyel toksik maddelerin uzaklaştırılması gibi bazı zorluklar hala mevcuttur. Hızla artan dünya nüfusunun protein ihtiyacına ilişkin alternatiflerin ve yeniliklerin geliştirilmesi, ekonomik, bilimsel, teknolojik çalışmalar ile yasal düzenlemeleri de dikkate alarak üniversiteler, işletmeler, yatırımcılar ve kamu düzenleyicilerin dahil olduğu paydaşlarla birlikte teşvik edilmesini gerektirmektedir.

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Clinton, S. K., Giovannucci, E. L., Hursting, S. D. (2020). The world cancer research fund/American institute for cancer research third expert report on diet, nutrition, physical activity, and cancer: impact and future directions. *The Journal of nutrition*, 150(4), 663-671.
- Desjardins, A., Proctor, R. (2007). Molecular biology of *Fusarium* mycotoxins. *International journal of food microbiology*, 119(1-2), 47-50.
- Desjardins, A. E. (2006). *Fusarium mycotoxins: chemistry, genetics, and biology*: American Phytopathological Society (APS Press).
- Dillon, J. A., Stackhouse-Lawson, K. R., Thoma, G. J., Gunter, S. A., Rotz, C. A., Kebreab, E., Mueller, N. D. (2021). Current state of enteric methane and the carbon footprint of beef and dairy cattle in the United States. *Animal Frontiers*, 11(4), 57-68. doi:10.1093/af/vfab043
- Fukagawa, N. K., McKillop, K., Pehrsson, P. R., Moshfegh, A., Harnly, J., Finley, J. (2022). USDA's FoodData Central: what is it and why is it needed today? *The American journal of clinical nutrition*, 115(3), 619-624.
- Gilroy, D. J., Kauffman, K. W., Hall, R. A., Huang, X., Chu, F. S. (2000). Assessing potential health risks from microcystin toxins in blue-green algae dietary supplements. *Environmental health perspectives*, 108(5), 435-439.
- Haznedaroğlu, B. Z. (2023). *Chlorella vulgaris* Türü Mikroalgelerde B Vitamini İçeriklerinin Uzun Süreli Pişirme Koşulunda Değişimi. *Akademik Gıda*, 21(2), 167-173.
- Khan, M. K. I., Asif, M., Razzaq, Z. U., Nazir, A., Maan, A. A. (2022). Sustainable food industrial waste management through single cell protein production and characterization of protein enriched bread. *Food Bioscience*, 46, 101406. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101406>
- Kurcz, A., Błażej, S., Kot, A. M., Bzducha-Wróbel, A., Kieliszek, M. (2018). Application of Industrial Wastes for the Production of Microbial Single-Cell Protein by Fodder Yeast *Candida utilis*. *Waste and Biomass Valorization*, 9(1), 57-64. doi:10.1007/s12649-016-9782-z
- Pillaca-Pullo, O. S., Lopes, A. M., Rodriguez-Portilla, L. M., Estela-Escalante, W. (2023). Optimizing medium composition with wastewater from *Coffea arabica* processing to produce single-cell protein using *Candida sorboxylosa*. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 98(1), 106-116.

- Pires, J. E., Ferreira, G. M. R., Reis, K. C., Schwan, R. F., Silva, C. F. (2016). Mixed yeasts inocula for simultaneous production of SCP and treatment of vinasse to reduce soil and fresh water pollution. *Journal of Environmental Management*, 182, 455-463. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.08.006>
- Pratt, R., & Johnson, E. (1965). Production of thiamine, riboflavin, folic acid, and biotin by *Chlorella vulgaris* and *Chlorella pyrenoidosa*. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 54(6), 871-874.
- Ritala, A., Häkkinen, S. T., Toivari, M., & Wiebe, M. G. (2017). Single cell protein—state-of-the-art, industrial landscape and patents 2001–2016. *Frontiers in microbiology*, 8, 2009.
- Saejung, C., Salasook, P. (2020). Recycling of sugar industry wastewater for single-cell protein production with supplemental carotenoids. *Environmental Technology*, 41(1), 59-70. doi:10.1080/09593330.2018.1491633
- Seyfabadi, J., Ramezanpour, Z., Amini Khoeyi, Z. (2011). Protein, fatty acid, and pigment content of *Chlorella vulgaris* under different light regimes. *Journal of applied phycology*, 23, 721-726.
- Sharma, R., Singh, G. P., Sharma, V. (2012). Effects of culture conditions on growth and biochemical profile of *Chlorella vulgaris*. *Journal of Plant Pathology and Microbiology*, 3(5), 1-6.
- Ursu, A.-V., Marcati, A., Sayd, T., Sante-Lhoutellier, V., Djelveh, G., Michaud, P. (2014). Extraction, fractionation and functional properties of proteins from the microalgae *Chlorella vulgaris*. *Bioresource technology*, 157, 134-139.
- Vichi, S., Lavorini, P., Funari, E., Scardala, S., Testai, E. (2012). Contamination by Microcystis and microcystins of blue-green algae food supplements (BGAS) on the Italian market and possible risk for the exposed population. *Food and Chemical Toxicology*, 50(12), 4493-4499.
- Wolk, A. (2017). Potential health hazards of eating red meat. *Journal of Internal Medicine*, 281(2), 106-122. doi:<https://doi.org/10.1111/joim.12543>
- Yap, S. M., Lan, J. C.-W., Kee, P. E., Ng, H. S., Yim, H. S. (2022). Enhancement of protein production using synthetic brewery wastewater by *Haematococcus pluvialis*. *Journal of Biotechnology*, 350, 1-10. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2022.03.008>

Yazar Hakkında / About Author

**Dr. Öğr. Üyesi Berat HAZNEDAROĞLU | Boğaziçi Üniversitesi |
berat.haznedaroglu[at]boun.edu.tr | ORCID: 0000-0002-0081-8801**

Berat Haznedaroğlu lisans eğitimini 2003 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi Biyoloji Bölümü'nde tamamlamış olup, 2005 yılında Villanova Üniversitesi İnşaat ve Çevre Mühendisliği Bölümü'nden yüksek lisans, 2010 yılında Kaliforniya Üniversitesi-Riverside Kimya ve Çevre Mühendisliği Bölümü'nden doktora derecelerini almıştır. Uygulamalı mikrobiyoloji, biyoteknoloji ve fonksiyonel genetik alanlarında uzmanlaşan Dr. Haznedaroğlu doktora sonrası çalışmalarını Yale Üniversitesi'nde tamamlayarak 2014 yılında Türkiye'ye geri dönüş yapmıştır. Dr. Haznedaroğlu, TÜBİTAK, NSF, İstanbul Kalkınma Ajansı, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Avrupa Komisyonu, ve İngiliz Bilimler Akademisi tarafından fonlanan projelerinde mikroalg ve siyanobakterilerin sistem biyolojileri üstünde çalışmakta olup gıda, ilaç, enerji, ve çevre alanlarında ürün ve uygulama geliştirmektedir. Yakın zamanda Bilim Akademisi Genç Bilim İnsanları Ödülü (BAGEP), FABED Eser Tümen Araştırma Ödülü, Royal Society Newton Fellowship ile ödüllendirilen Dr. Haznedaroğlu halen Boğaziçi Üniversitesi Çevre Bilimleri Enstitüsü'nde öğretim üyesi olarak görev yapmakta olup; İstanbul Mikroyosun Biyoteknolojileri Ar-Ge Merkezi direktörlüğünü yürütmektedir.

**Asst. Prof. Dr. Berat HAZNEDAROĞLU | Boğaziçi University |
berat.haznedaroglu[at]boun.edu.tr | ORCID: 0000-0002-0081-8801**

Berat Z. Haznedaroglu is an assistant professor at the Institute of Environmental Sciences at Boğaziçi University. Berat's research group focuses on understanding the fundamental biochemistry of non-model algal species and cyanobacteria by coupling with high-throughput systems biology tools including next-generation DNA sequencing, metabolomics, proteomics, and bioinformatics. His group investigates the relationship between the expression and interaction of anabolic and catabolic reactions with the goal of maximizing novel hydrocarbon formations in microalgae. Some of his other projects include systems level investigation of algae for nutritional supplements, biofuels, value-added chemicals, and wastewater treatment applications. Very recently, he has been awarded with Newton Advanced Fellowship from Royal Society of UK and also granted to construct the first algae test-bed in Türkiye to develop algal applications for Food:Energy:Water nexus by Istanbul Development Agency. Berat completed his postdoc at Yale and received his Ph.D. from the Chemical and Environmental Engineering Department of University of California, Riverside. His M.Sc. is from Villanova University. Berat holds a B.Sc. in Biology from the Middle East Technical University, Ankara.

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).

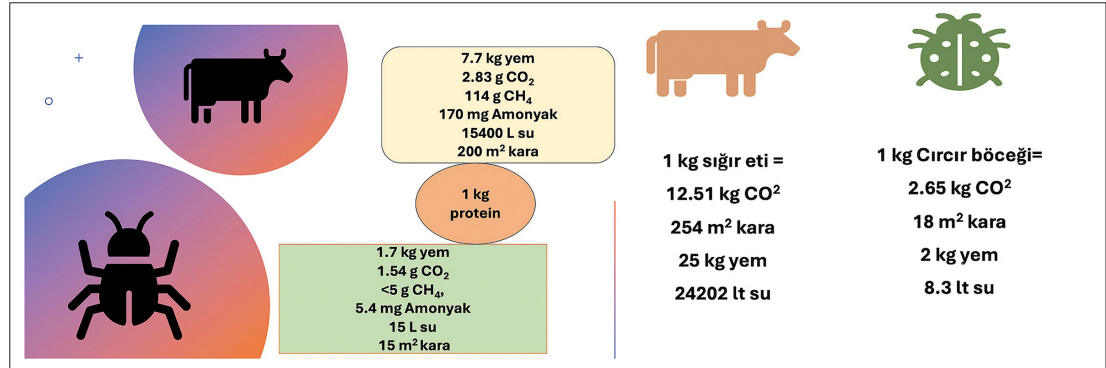
Böcekler *Phylum Arthropoda* şubesine ait omurgasız hayvanlardır. Biyokütleleri hayvanlar aleminin %95'ini oluşturan çok geniş bir biyolojik çeşitlilik göstermektedirler. Yenilebilir böcekler 1 kg protein veya 1 kg kütle bazında, geleneksel hayvan kaynaklı protein kaynaklarına kıyasla karbondioksit, 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.

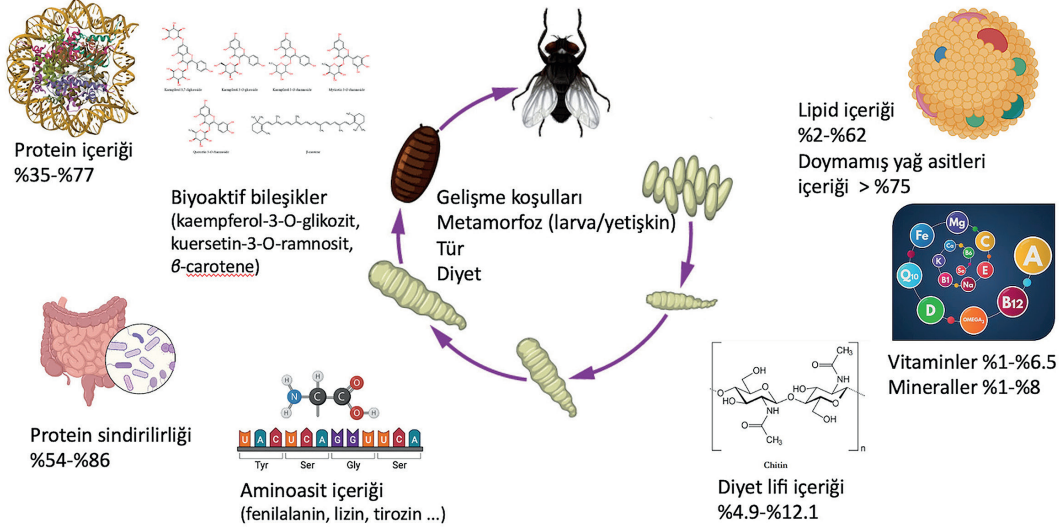
BÖCEKLERİN BESİN ÖĞELERİ VE PROTEİN ÖZELLİKLERİ

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>Gryllos 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)

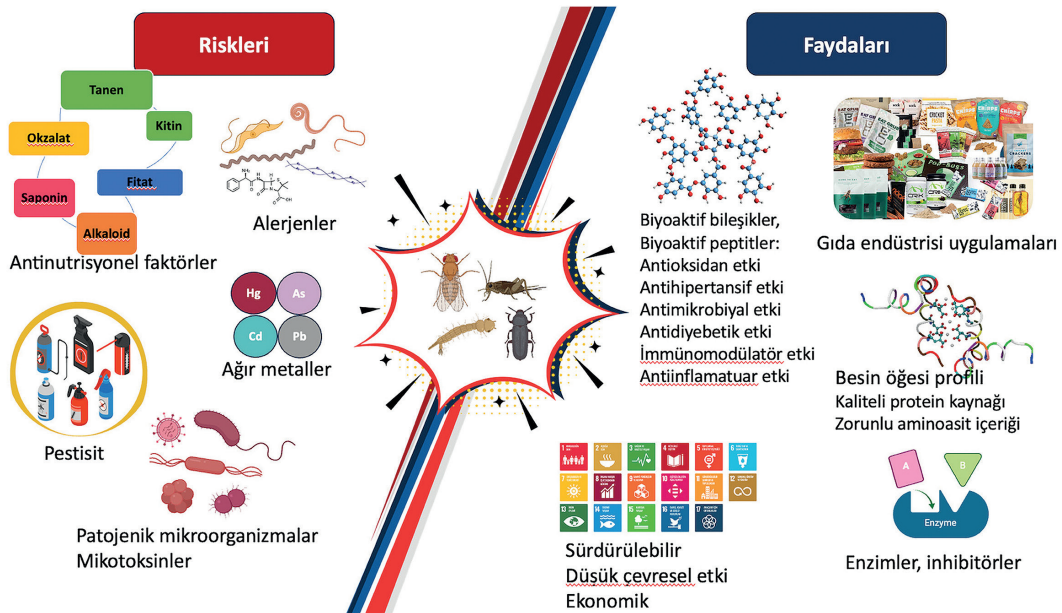
Cunha vd. (2023) insan randomize kontrollü çalışmalarını ve alerjenite değerlendirmelerini dayanarak alarak sürdürülebilir ve besleyici bir gıda kaynağı olarak böcek tüketiminin insan sağlığı üzerindeki etkisini sistematik olarak incelemişlerdir. Son 10 yılda yayınlanan bin altmış üç referans, dokuz 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.

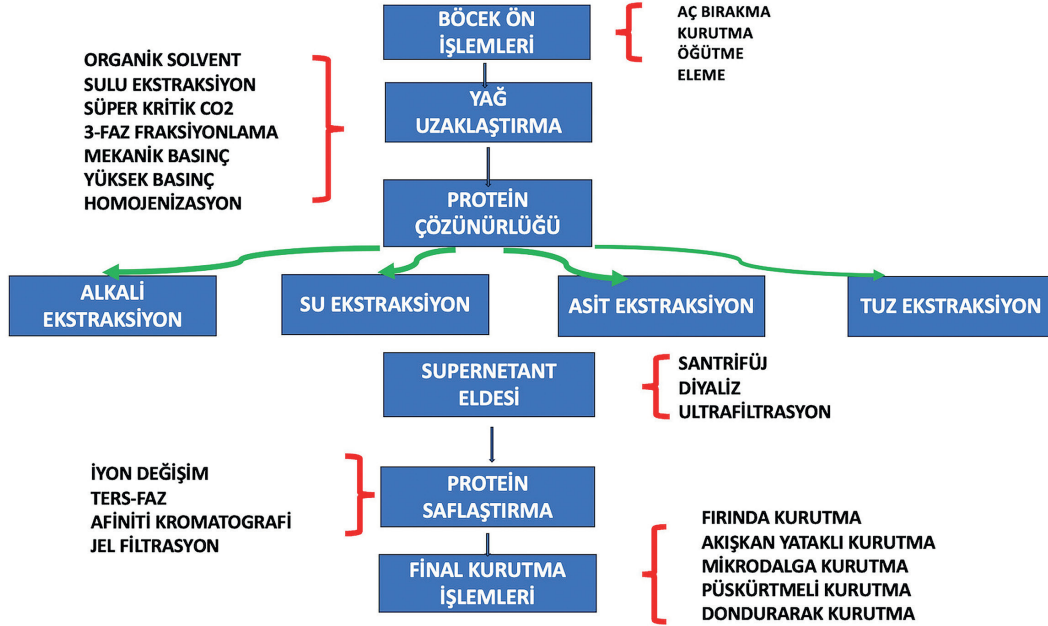
GIDA UYGULAMALARI

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 alergen olan tropomiyozin, miyofibriller 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 alergen 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.

**ALTERNATİF PROTEİN KAYNAKLI BESLENMENİN
TOPLUM SAĞLIĞI AÇISINDAN
YARARLARI VE RİSKLERİ**

BENEFITS AND RISKS OF ALTERNATIVE
PROTEIN-SOURCED NUTRITION
IN TERMS OF PUBLIC HEALTH

Eda Köksal

ALTERNATİF PROTEİN KAYNAKLI BESLENMENİN TOPLUM SAĞLIĞI AÇISINDAN YARARLARI VE RİSKLERİ

Eda Köksal

Gazi Üniversitesi

Özet

Son yıllarda alternatif protein kaynaklarına olan ilgi dünyadaki açlık/obezite sorunu ve çevresel problemlere çözüm arayışına bağlı olarak artmıştır. Sağlıklı bir diyet için gerekli olan başta protein olmak üzere diğer birçok besin ögesi içeriğine sahip alternatif protein kaynakları aynı zamanda içerdikleri biyoaktif bileşikler ile de antiinflamatuvar, antikanser, antimikrobiyal, antidiyabetik, hipolipidemik ve kardiyoprotektif gibi olumlu özellikler gösterebilmektedirler. Bunun yanında çevresel açıdan çoğu alternatif protein kaynakları daha az sera gazı emisyonu oluşumuyla, daha az su ve arazi gereksinimine sahiptirler. Bunlar olumlu birer alternatif olarak öne çıkmasına rağmen tüketiciler tarafından kabul görmemesi, doğal kabul edilmemesi ve bazı etik kaygılar ile işlevsellik, lezzet ve maliyet arasında bir denge elde etmek ve taşıdığı sağlık risklerini minimize etmek amacıyla kontrollü üretim ve işleme yöntemleri hakkında daha fazla çalışmanın yapılması gerekmektedir. Sonuç olarak, sağlıksız ve sürdürülebilir olmayan beslenme insan ve dünya için küresel bir risktir. Günümüzde optimal sağlığın korunmasının ve birçok hastalığın tedavisinin önerilen Akdeniz diyeti temelli sürdürülebilir beslenme örüntüsü ile mümkün olduğu unutulmamalıdır.

Anahtar Kelimeler

*Alternatif Protein Kaynakları, Sürdürülebilir Beslenme, Bitkisel Proteinler,
Böcekler, Mikroalgler, Yapay Et*

BENEFITS AND RISKS OF ALTERNATIVE PROTEIN-SOURCED NUTRITION IN TERMS OF PUBLIC HEALTH

Eda Köksal

Gazi University

Abstract

In recent years, interest in alternative protein sources has increased due to the search for solutions to the world hunger/obesity problem and environmental problems. Alternative protein sources, which contain many other nutrients, especially protein, necessary for a healthy diet, can also show favorable properties such as anti-inflammatory, anticancer, antimicrobial, antidiabetic, hypolipidemic, and cardioprotective with their bioactive compounds. In addition, environmentally, most alternative protein sources have less greenhouse gas emissions and less water and land requirements. Although they stand out as positive alternatives, consumers do not accept them. They are not considered natural, and there are some ethical concerns and a trade-off between functionality, taste, and cost. More studies are needed on controlled production and processing methods to achieve balance and minimize the health risks it carries. As a result, unhealthy and unsustainable nutrition is a global risk for humans and the world. It should be remembered that optimal health is possible with a sustainable nutrition pattern based on the Mediterranean diet, which is recommended today for protecting health and treating many diseases.

Keywords

*Alternative Protein Sources, Sustainable Nutrition, Plant Proteins,
Insects, Microalgae, In Vitro Meat*

GİRİŞ

Küresel düzeyde çevre değişmektedir ve günümüzde çevre sorunları canlı hayatını tehdit eden bir düzeye ulaşmıştır. Bu süreç, insanların yerleşik hayata geçmesi ve tarımla uğraşmasıyla başlamış, insan nüfusunun ve tüketim alışkanlıklarının aniden hızlandığı Sanayi devrimi sonrası en üst düzeye ulaşmıştır. Günümüzde insan yapımı nesnelerin ağırlığının dünyadaki tüm canlıların ağırlığını aştığı belirtilmektedir. Yani yeryüzündeki tüm plastik, tuğla, beton ve diğer insan yapımı nesneler, ilk kez gezegendeki bitki ve hayvanların ağırlığını aşmış ve insan yapımı nesnelerin tahmini ağırlığı bir teratona (1 trilyon ton) ulaşmıştır (Elhacham vd., 2020). Bunun yanında artan dünya nüfusunun 2050 yılında 9 milyarı aşması beklenirken küresel anlamda nüfus arttıkça tarım, toprak, su ve enerji gibi doğal kaynakların kullanımı da artmaktadır. Dünyanın besin, yem ve posa ihtiyacının ise ancak %70'inin karşılanabileceği ve besin güvencesizliği ile karşı karşıya olduğu öngörülmektedir. Bu durumun biyoçeşitliliğin dünya çapında azalması ve polen taşıyıcıların kaybindan, insanların gezegenin yaşanabilir yüzeyinin yaklaşık yarısını beslemek ve kendilerine kaynak sağlamak için kullanmasına kadar doğa üzerinde derin ve olumsuz etkileri bulunmaktadır. Bunların sonucu doğal kaynakların tükenmesinin ise insan sağlığı ve beslenmesi üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır (FAO, 2019). Bu etkiler iklim değişikliği, haksız rekabette bir ticaretin sürmesi, besin atıkları, tedarik zinciri aksamaları ve artan nüfus nedeniyle hayvansal kaynaklı ürünlere artan ihtiyaç gibi nedenler ile çiftçileri ve toplumları zor durumda bırakmaktadır. Bunun yanında ekilmeye uygun alanlar ile biyoçeşitliliğin azalması ve ekosistemlerin bozulması, Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinin (SKH) büyük çoğunluğuna, özellikle de yoksulluk, açlık, sağlık, su, şehirler, iklim, okyanuslar ve toprakla ilgili hedeflere doğru ilerlemeyi engellemektedir (WWF, 2014; Short, Strauss & Lotfian, 2022).

Yüksek gelirli ülkelerde hayvan refahı konusunda endişe duyan insan sayısının artması yanında insan ve gezegen sağlığı üzerinde olumlu etkileri olan diyetlere ilgi de giderek artmaktadır (Mariotti, 2023). Bu eğilimde dünya çapındaki tüm ölümlerin %74'ünden veya yılda 41 milyon kişinin ölümünden sorumlu olan bulaşıcı olmayan kronik hastalıkların (BOH'lar) sorumlu olması da önemli bir etkidir. Her yıl 70 yaşın altındaki 17 milyon kişi bu hastalıklardan ölmektedir ve bu erken ölümlerin %86'sı düşük ve orta gelirli ülkelerde görülmektedir (WHO, 2022). Bu nedenle, daha az et içeren "fleksitaryen" diyetlerden (çok nadir et/balık tüketimi olan yarı vejetaryen beslenmeye benzer), vejetaryen diyetlere (lakto-ovo vejetaryen ve vegan diyetlerini içeren) kadar geniş bir yelpazeyi kapsayan, daha bitki bazlı diyetlerin benimsenmesine yönelik belirgin bir eğilim vardır (Mariotti, 2023). Bu eğilim özellikle 1990'lı yıllardan günümüze kadar beslenmede ve aktivite düzenlerinde meydana gelen beslenme geçişinde besinlerin dağıtım ağını etkileyen reklam, pazarlama ve teknolojik ilerlemelerin yanı sıra, beslenme ve fiziksel aktivite kalıpları üzerinde doğrudan etkisi olan gelir düzeyi, fiyat değişiklikleri ve kentleşmeden kaynaklanmaktadır (Popkin, 2006).

ALTERNATİF PROTEİN KAYNAKLARINA GEREKSİNİM NEDENLERİ

Dünya nüfusunun artmasıyla birlikte hayvansal proteinden zengin besinlere olan talebin artması da beklenen bir durumdur. Özellikle 2013'ten 2050 yılına kadar kişi başına düşen et tüketiminin 206 milyon ton (%29), süt ürünleri ve yumurtaya olan talebin de sırasıyla 1043 ve 102 milyon tona kadar artması; mısır, pirinç, buğday ve soya gibi bitki bazlı protein kaynaklarına olan ihtiyacın ise yaklaşık %60-110 oranında artması beklenmektedir. Ancak protein kaynaklarına olan bu ihtiyacın karşılanamaması durumunda yaklaşık 1 milyar insanı etkileyen kronik yetersiz protein alımı ve protein enerji malnütrisyonu prevalansının artması yanında dengesiz beslenme, besine ulaşamama veya besleyici olmayan besin alımının fazlalığı ile ilişkili obezitedeki artış da kaçınılmaz olarak görülmektedir (Churchward-Venne vd., 2017).

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), Uluslararası Tarımsal Kalkınma Fonu (IFAD), Birleşmiş Milletler Çocuklara Yardım Fonu (UNICEF), Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), Dünya Gıda Programı (WFP) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından ortaklaşa hazırlanan Dünya Besin Güvencesi ve Beslenmenin Durumu 2023 raporuna göre 2022 yılında, nispeten daha fazla kadın ve kırsal kesimde yaşayanlardan oluşan 2,4 milyar insan, tüm yıl boyunca besleyici, güvenli ve yeterli besine erişememiştir. Pandeminin insanların harcanabilir geliri üzerinde devam eden etkisi, sağlıklı beslenmenin artan maliyeti ve enflasyondaki genel artış da milyarlarca insanı uygun fiyatlı sağlıklı beslenmeden mahrum bırakmaya devam etmektedir. Beş yaşın altındaki milyonlarca çocuğun ise bodurluk (148 milyon), zayıflık (45 milyon) ve fazla kiloluluk (37 milyon), kadınların ise yetersiz ve dengesiz beslenmeye bağlı düşük doğum ağırlıklı bebek doğurma sorunlarıyla karşı karşıya olduğu belirtilmektedir. Bunların sonucu çocuklarda düşük bilişsel gelişim ve hastalıklara yakalanmaya yüksek yatkınlık ile yetişkin dönemde üretkenliğin azalması ile ülkelerin ekonomisinin ve kalkınmasının etkilenmesi söz konusudur (FAO vd., 2023).

Küresel Gıda Krizleri Raporu (Global Report on Food Crises-GRFC) 2023'e göre 2022 yılında 58 adet gıda krizi olduğu kabul edilen ülkede/bölgede çeyrek milyardan fazla insanın akut gıda güvencesizliği yaşadığı ve acil gıda yardımına ihtiyaç duyduğu tahmin edilmektedir. Bu, krizin yedi yıllık tarihindeki en yüksek rakam olarak belirtilmektedir (FSIN & Global Network Against Food Crises, 2023).

GRFC 2023'ün bulguları, 2030 yılına kadar açlığı sona erdirmeye ulaşmanın, yüksek düzeyde akut gıda güvencesizliğiyle karşı karşıya olan nüfusun üst üste dördüncü yılda artması nedeniyle her zamankinden daha zorlu olduğunu göstermektedir (FSIN & Global Network Against Food Crises, 2023).

Dünyadaki tüm insanları beslemek ve Gıda Güvenliğini sağlamak, 2030 Gündemi ile başarılması gereken büyük bir zorluktur. Yetersiz beslenme ve obezite, sağlıklı beslenme durumunun tam tersidir. Her iki durum da dengesiz beslenme, besin yokluğu veya besleyici olmayan besin alımının fazlalığı ile ilişkilidir. Besin üretimiyle ilişkili bu iki beslenme koşulu, sürdürülebilir dünya kalkınmasına ulaşmak için Birleşmiş Milletler'in 2030 Gündemi'nde vurguladığı bazı hedeflerle yakından ilişkilidir. Çalışmalar birden fazla kriz nedeniyle 2019'daki 613 milyona kıyasla şu anda yaklaşık 735 milyon insanın yani 122 milyon insanın daha açlıkla karşı karşıya olduğunu göstermektedir. Bunun yanında 2021'de dünyada 3,1 milyardan fazla insanın veya nüfusun %42'sinin sağlıklı beslenmeye erişim kapasitesinin dünya genelinde kötüleştiği ve sağlıklı beslenmeye gücünün yetmediği bildirilmektedir. Bu, önceki yıla kıyasla 134 milyonluk genel bir artış temsil etmektedir (FAO vd., 2023).

2050 yılına kadar 10 milyar insanı sürdürülebilir bir şekilde beslemek için gıda ve tarım arazisi açığının kapatılması ile sera gazı emisyonun azaltılması faktörlerinin sağlanması gereklidir. Bu durum 2010 yılına göre karşılaştırıldığında 2050 yılında %56 daha fazla gıdaya, %50 daha fazla tarım arazisine (neredeyse Hindistan'ın iki katı bir alana) ve sera gazı emisyonunda %67'lik azalmaya karşılık gelmektedir (Searchinger vd., 2019).

Akdeniz ülkelerinde yer alan içinde Ankara ve İstanbul'un da bulunduğu on üç şehirde yapılan besin tüketiminin su ayak izinin belirlenmesi çalışmasına göre, su ayak izi kişi başına günlük 3277 L'den 5789 L/kişi/gün'e kadar değişmektedir. Çalışmada bu miktarların doğrudan kentsel su kullanımından yaklaşık otuz kat daha fazla olduğu ve et içeren sağlıklı bir Akdeniz diyetinin %19 ila %43 oranında, pesko-vejetaryen diyetin %28 ila %52 oranında, vejetaryen diyetin ise %30 ila %53'e varan oranlarda su ayak izinde azalma sağladığı belirtilmiştir. Bu çalışmaya göre ülkemizde sağlıklı beslenmede et tüketimini balığa, tahıla çevirdiğimiz zaman su tüketiminde yaklaşık %42'lik bir kazanç sağlanması söz konusudur (Vanham vd., 2016).

Türkiye için 1961 ve 2011 yılları arasında kişi başına düşen enerji ve makro besin ögesi (yağ ve protein) verisi FAOSTAT veri tabanından kg/yıl olarak indirilmiş ve daha sonra g/güne dönüştürülmüştür. Günlük enerji miktarında 1961'den 2011'e kadar kişi başına %19,5'lik bir artış olduğu belirlenmiştir. 1961 ile 2011 yılları arasında kişi başına düşen protein miktarı yaklaşık % 10,6, karbonhidrat miktarı % 11,3, yağ miktarı % 50,5 artmıştır (Türközü, Ayhan, & Köksal, 2017).

Türkiye'de bireylerin besin tüketimlerinin değerlendirilmesi amacıyla 1974, 1984, 2010 ve 2017 yıllarında yapılmış olan beslenme ve sağlık araştırmaları değerlendirildiğinde yıllar içinde özellikle hayvansal protein ve toplam yağ alımında artış, karbonhidrat alımında ise azalma olduğu belirlenmiştir (Koçyiğit, Esgin, & Köksal, 2022).

Bu bağlamda besin üretimiyle ilişkili malnütrisyonun çifte yükü, SKH hedefleri ile yakından ilişkilidir ve sürdürülebilir üretimi ve yüksek besin kalitesiyle nüfusun besin güvencesini garanti eden alternatif besinlerin araştırılması teşvik edilmektedir. Günümüzde bitki bazlı proteinler, böcekler, tek hücreli proteinler (mikoprotein ya da mikroalgler) ve laboratuvar ortamında üretilen hücre kültürü bazlı yapay etler, sürdürülebilir protein kaynakları için yapılan çeşitli araştırmalarda etin yerini alabilecek alternatif protein kaynakları olarak incelenmektedir.

ALTERNATİF PROTEİN KAYNAKLARININ YARARLARI VE RİSKLERİ

Dünya genelinde et üretimi ve tüketimindeki dramatik artış ile mevcut hayvansal protein odaklı beslenmenin, nüfus artışı ve olumsuz sağlık ve çevre etkileri nedeniyle sürdürülebilir olmadığı belirtilmektedir. Artan bu talebin alternatif bir seçenek olarak bitkilerden elde edilmesi veya doğrudan hücrelerden yetiştirilmesi yoluyla karşılanması, antibiyotik direncinin ve zoonotik hastalıkların yayılmasının önüne geçilmesine katkıda bulunabilmektedir (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2022).

Bitkisel protein kaynakları özellikle baklagiller (bezelye, fasulye, mercimek ve nohut) vitamin, mineral, posa, antioksidan ve anti inflamatuvar bileşenlerden zengin, düşük sera gazı etkisine sahip, toprağa azot bağlama, minimum gübre gereksinimi, düşük karbon ayak izi ve gıda israfı ile su verimliliği ve düşük üretim maliyeti ile iklim değişikliği ve biyoçeşitliliğin azalmasında pozitif etkilidirler. Bunun yanında esansiyel amino asit bakımından yetersiz, sindirilebilirlik ve biyoyararlılık bakımından hayvansal kaynaklara göre daha düşük, çevresel etki bakımından ise tarım alanlarına yüksek talep nedeniyle toprak verimliliğinin azalması, su kaynaklarının tarım kimyasalları ile kirletilmesi ile ormansızlaşma ve çölleşmeye katkıda bulunma gibi olumsuz etkiler ile ilişkilendirilmektedir. Bunun yanında bitkisel protein kaynakları et, kümes hayvanları, balık, süt ürünleri ve yumurta gibi önde gelen protein kaynakları ile karşılaştırıldığında azalmış kardiyovasküler hastalık, metabolik sendrom, bazı kanser türleri ve erken ölüm riski ile ilişkilendirilmektedir (Lonnie vd., 2020) (Banach vd., 2022).

Böcekler küresel anlamda gereksinimlerin karşılanabilmesi için alternatif bir protein kaynağı olarak önerilmektedir. Dünya çapında pek çok insan (~2 milyar) geleneksel olarak diyetlerinde böcekleri tüketmeye alışık olsalar da Kuzey Amerika ve Avrupa'da böcek tüketimi -entomofaji- yeni bir kavramdır (Churchward-Venne vd., 2017). Sıklıkla yüksek protein, vitamin ve mineral içeren böceklerin daha az sera gazı emisyonu yapmaları, daha az su ve alana ihtiyaç duymaları nedeniyle doğal kaynaklar ile çevre üzerinde daha az etki oluşturmaktadırlar. Ayrıca tüketilen maddelerin biyokütleyle dönüştürülmesinde diğer omurgalılara göre daha verimlidir (Stull, 2021).

Yapılan çalışmalar sonucunda böceklerde immün sistemi güçlendiren ve hastalık risklerini azaltan biyoaktif ve antioksidan bileşikler bulunmuştur. Bu nedenle dünyada birçok yerde yenilebilir böcekler kullanılmaktadır. Ayrıca yenilebilir böcekler içerdikleri biyoaktif bileşiklerin anti inflamatuvar, antikanser, antimikrobiyal, antiülser, antidiyabetik, hipolipidemik ve kardiyoprotektif özellikleri nedeniyle klinik ve klinik olmayan yaklaşımlarda dikkate alınmaktadır. (Roos & van Huis, 2017; Mariutti vd., 2021).

Bir çalışmada böceklerin suda ve yağda çözünen özütlerinin sırasıyla taze portakal suyu ve zeytinyağı ile antioksidan kapasitesi bakımından kıyaslaması yapılmıştır. Cırcır böcekleri, çekirgeler, ipekböcekleri, Afrika tırtılları ve akşam ağustosböceklerinin portakal suyu veya zeytinyağına göre iki ila üç kat daha yüksek antioksidan kapasite değerleri gösterdiği gözlemlenmiştir. Ancak bu in vitro testlerin antioksidan etkisinin insanlarda da çalışılması gereklidir (van Huis, 2020).

Böceklerde bulunan kitin, kısa zincirli yağ asitleri, orta zincirli yağ asitleri ve glikozaminoglikanlar gibi bileşikler ile içerdikleri antimikrobiyal peptitler nedeniyle böceklerin gastrointestinal sistem ve dirençli patojenler üzerinde çeşitli sağlık potansiyelleri bulunduğu belirtilmektedir. Önemli bir posa kaynağı olan kitinin prebiyotik etkisiyle doğal olarak oluşan bağırsak mikrobiyota proliferasyonu desteklenmektedir. Bu şekilde besin kaynaklı hastalıkların ve besinleri sindirme güçlüklerinin önlenmesine yardımcı olabilmektedir. Bağırsak içerisinde gelişen *Salmonella Typhimurium*, *Escherichia coli* ve *Vibrio cholera* gibi patojenik mikroorganizmaların kitin ve türevleri sayesinde azaldığı ve aynı zamanda *Bifidobacteria* ile *Lactobacillus* gibi yararlı intestinal bakterilerin çoğalıp gelişmesinin teşvik edildiği görülmüştür (Imathiu, 2020).

Dünya genelinde hipertansiyon, obezite ve Tip 2 diyabet prevalansı gittikçe artan ve insan hayatını tehdit eden önemli hastalıklardır. Bu hastalıklarda bazı böcek türlerinin olumlu etkileri olduğuna yönelik çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin Balmumu güvesi *Galleria mellonella*, sarı yemek kurdu *Tenebrio molitor* ve ipekböceği *Bombyx mori* gibi türlerin, diğer besinsel kaynaklar ile karşılaştırılabilir düzeyde ACE inhibitör aktivitesine sahip olduğu bulunmuştur. Ancak antioksidanlarda olduğu gibi böceklerdeki ACE inhibe edici aktivitelerin de olumlu etkilerinden kesin olarak bahsedebilmek için in vivo olarak insan çalışmalarında değerlendirilmesi gerekir. Aynı şekilde ağırlık kontrolünde obez farelerde sarı un kurdu larvası tozunun tüketiminin adipozitlerdeki lipid birikimi ve trigliserit içeriğini azaltarak vücut ağırlığı artışı düşürdüğü gözlenmiştir. Obez farelerin beyin dokusuna enjekte edilen Kore boynuz böceği *Allomyrina dichotoma* etanol özütünün endoplazmik retikulum stresini azaltıcı etkisi ve hormon kaynaklı değişikliği sayesinde beslenme davranış değişikliği geliştirdiği görülmüştür. Bununla birlikte bunların insan sağlığına kesin olarak yararlı denilebilmesi için daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu belirtilmektedir (Roos & van Huis, 2017;van Huis, 2020).

Tüm dünyada yenilebilir böcekler için ilgi alternatif bir besin kaynağı olmasıyla artmaktadır. Bununla beraber alerjenleri (Dünya Sağlık Örgütü Alerjen Adlandırma Alt Komitesi'ne göre eklemeyenler için birbirinden farklı 239 alerjen kayıtlıdır), kimyasal (özellikle pestisit kalıntıları) ve biyolojik (patojenler ve mikotoksinler) tehlikeleri içeren potansiyel riskleri nedeniyle besin güvenliği endişeleri yanında antinütrient içeriğine (oksalat, fitat, tanen, saponin ve alkaloid) göre azalmış biyoyararlanım da ortaya çıkmaktadır. Ayrıca yenilebilir böceklerin içerdikleri bulaşanlar, ağır metaller (kurşun, cıva, arsenik ve kadmiyum) ve yaygınlıkları böceklerin türlerine, toplanma aşamalarına, üretim metodlarına ve yem substratlarına göre farklılık göstermektedir ve çeşitli hastalık riskleri taşıdığı bildirilmektedir (Lange & Nakamura, 2021; Banach vd, 2022).

Mikroalgler sağlığa olumlu etkileriyle de ön plana çıkan, çok hızlı çoğalan (uygun şartlarda ağırlıkları 2-3 katına çıkabilen), üretimi kolay ve üretimde atıkların kullanılması sebebiyle çevreye duyarlı olarak değerlendirilen bu bağlamda gelecekte öngörülen açlık tehlikesine karşı alternatif protein kaynakları içinde yer alan bir besindir. Sağlığın korunmasında ve hastalıkların önlenmesinde etkili olan çeşitli metabolitlerin (karotenoidler, yağ asitleri, amino asitler, antioksidanlar ve diğer ikincil metabolitler) zengin bir kaynağı olması nedeniyle kan şekeri ve kolesterol düzeylerini düşürücü, kan basıncını düzenleyici, hemogloblin konsantrasyonunu artırıcı etkileri olduğu bildirilmiştir. İdeal ve kompakt bir besin olduğundan, Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) tarafından uzaydaki astronotların diyetine eklenmesi bile gündeme gelmiştir. Tüm bu olumlu etkilerine rağmen, pudra kıvamında olması, koyu yeşil rengi ve özellikle hafif balık kokusu nedeniyle yeterince yaygın değildir. Ayrıca, mikroalglerin üretim maliyetlerinin geleneksel protein kaynaklarıyla rekabet edemeyecek kadar yüksek olması, bunların seri üretimini ve piyasada bulunabilirliğini engellemektedir. Bu özelliklerinden dolayı geleneksel gıdalarda protein zenginleştirici olarak kullanımı sınırlıdır (Roy & Pal, 2015; Short, Strauss & Lotfian, 2022).

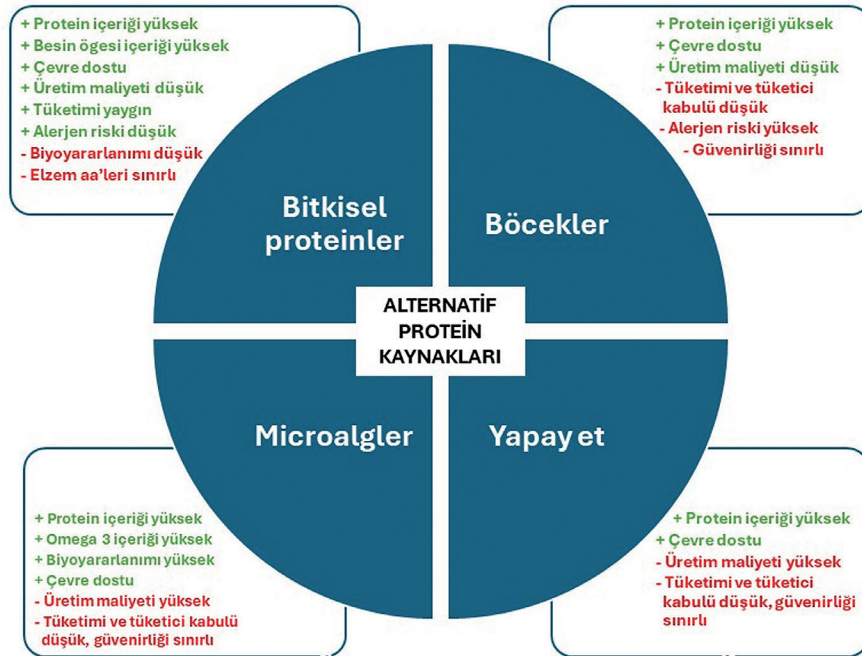
Yapay et üretiminin halk sağlığı ve gıda güvenliği bakımından hem olumlu hem de olumsuz sonuçlar doğurabileceği bildirilmiştir. İn vitro veya yapay et üretimi ile bileşimi belirlenebilen ürünün lezzeti, kalitesi, yağ asidi bileşimi değiştirilebilir. Bunun yanında birçok hastalığa neden olan gıda patojenlerinin çoğunluğu et kaynaklı olduğundan yüksek düzeyde kontrollü ortamda üretilen yapay et gıda kaynaklı patojen riskini azaltarak daha sağlıklı ve güvenli et üretimine olanak sağlayabilir. Ayrıca yapay et, canlı bir hayvandan gelmediğinden, Hinduizm ve vejetaryenlik gibi bazı dini ve felsefi inanışları, pestisitlere, arsenik, dioksin ve hormonlara maruz kalma riskini, besin kaynaklı hastalıkların görülme sıklığını önemli ölçüde azaltabilir. Ayrıca et tüketimi ile ilişkilendirilen özellikle bulaşıcı olmayan kronik hastalıklar (kardiyovasküler hastalıklar, diyabet, kolon kanseri gibi) önlenir. Bunların yanında uzun süreli insanlı uzay görevlerinin maliyetleri şu anda oldukça yüksektir. Kontrollü bir ekolojik yaşam destek sistemi sadece astronotlara taze yiyecek sağlamakla kalmaz, aynı zamanda atıkları da kullanarak oksijen ve su sağlayabilir (Bhat & Fayaz, 2011; Hocquette, 2016).

Yapay et üretiminin potansiyel çevresel yararları ise; hayvansal üretim kaynaklı sera gazlarının azaltılması ve küresel ısınmanın önlenmesine katkı sağlanması, orman tahribatlarının önüne geçilmesi, tarım arazilerinin ve tahıl ürünlerinin insanların beslenme gereksinimlerinin karşılanması için kullanılması, birçok hayvanın kesilme gerekliliğinin ortadan kaldırılması ve artan insan nüfusunun protein ihtiyacının sağlanmasıdır. Yapay et üretiminde ortaya çıkabilecek problemler ise üretiminin aşırı yüksek maliyeti, büyük ölçüde uygulanamaması, hücre kültürü için gerekli olan bütün kimyasal ürünlerin (hormonlar, besin maddeleri, vb.) besin tüketim içeriğinde güvenli olduğunun garanti edilmemiş olması, yüksek oranda hücre çoğalmasının potansiyel kanser hücrelerinin çoğalmasını uyandırabilmesi, ürünün tüketiciler tarafından kabul görmemesi ve doğal kabul edilmemesi olarak verilmektedir (Short, Strauss & Lotfian, 2022; Bhat& Fayaz, 2011; Hocquette, 2016).

Görüldüğü gibi çevresel ve sağlık üzerinde olumsuz etkileri yanında günümüzde hayvansal protein elde etmek amacıyla kurulan hayvan endüstrisi, dünyada artan talebi karşılamaya yetmemektedir ve bu nedenlerden dolayı alternatif protein kaynağı arayışları hızlanmaktadır. Bu bağlamda bitkisel proteinler, böcekler, mikroalgler ve yapay et, her birinin avantaj ve dezavantajları olmasına rağmen umut vericidir (Şekil 1)(Turnagöl vd., 2023).

Şekil 1:

Alternatif protein kaynaklarına genel bakış.



SONUÇ

Son yıllarda alternatif protein kaynaklarına olan ilgi dünyadaki açlık/obezite sorunu ve çevresel problemlere çözüm arayışına bağlı olarak artmıştır. Sağlıklı bir diyet için gerekli olan başta protein olmak üzere diğer besin ögesi içeriğine sahip bitkisel proteinler, böcekler, mikroalgler ve yapay et, artan dünya nüfusu için umut verici birer alternatif protein kaynağıdır. Alternatif protein kaynaklarında immün sistemi güçlendiren ve sağlık risklerini azaltan biyoaktif bileşikler bulunmuştur. Bu biyoaktif bileşikler anti-inflamatuar, anti-kanser, anti-mikrobiyal, anti-ülser, anti-diyabetik, hipolipidemik ve kardiyoprotektif özellikleriyle dikkat çekmektedir. Ancak bu bileşiklerin insan sağlığına yararlı olduğunun kesin olarak iddia edilebilmesi için doğrudan insanlar üzerinde yapılan daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır (Banach vd., 2022). Bunun yanında günümüzde pek çok alternatif protein ürünü, tuz oranlarının yüksek, bazı temel besin öğelerinin düşük olması ve sıklıkla ultra işlenmiş olmaları nedeniyle insan sağlığına etkileri konusunda daha çok çalışmaya ihtiyaç duymaktadır (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2022).

Besin üretiminin çevreye olan etkisi başta CO₂ emisyonlarının azaltılmasını kapsayan sürdürülebilirlik tartışmalarını öne çıkarmaktadır. CO₂ emisyonu dışında arazi ve su kullanımı da sürdürülebilirlik için önemli kavramlardır. Çevresel olarak çoğu alternatif protein kaynakları daha az sera gazı emisyonu oluşumuyla, daha az su ve arazi gereksinimine sahiptir. Arazi varlığı sürdürülebilir tarım için halen bir tartışma konusudur. Ete olan talep arttıkça üreticiler üzerinde daha fazla çiftlik hayvanı üretme baskısı artmaktadır. Daha fazla yem ve buna bağlı olarak da daha fazla arazi kullanımı gerekmekte, ormansızlaşma ve gübre kullanımı artmaktadır. Bu bağlamda alternatif protein kaynakları öne çıkmaktadır (Churchward-Venne, Pinckaers, van Loon, & van Loon, 2017; Mariutti vd., 2021; Searchinger vd., 2019).

Alternatif protein kaynaklarından özellikle böcek, mikroalg ve yapay et ürünlerini temel besin kültürüne sokmanın amacı; pahalı, fazla kullanılan, üretiminde daha fazla arazi-su-yem kullanımı gerektiren ve çevreye zararlı olduğu düşünülen geleneksel besin kaynaklı proteinlerin yerine geçmesi olduğu için tüketiciler tarafından kabul görmemesi, doğal kabul edilmemesi ve bazı etik kaygılar ile işlevsellik, lezzet ve maliyet arasında bir denge elde etmek ve taşıdığı sağlık risklerini minimize etmek amacıyla kontrollü üretim ve işleme yöntemleri hakkında daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir (Short, Strauss & Lotfian, 2022; Banach vd., 2022).

Alternatif protein kaynakları değerlendirilirken bunların beslenme çeşitliliğine katkıları da değerlendirilmelidir. Sağlıklı besine erişim ve bulunabilirlik beslenme çeşitliliğiyle büyük ölçüde ilişkili olduğundan, bu durum alternatif protein kaynakları için de geçerli olmalıdır. Diyet çeşitliliğinin teşvik edilmesi, diyet kalitesinin bir göstergesi

olduğundan, sürdürülebilir ve sağlıklı diyetler içinde son derece önemlidir. Bu nedenler ile alternatif protein kaynaklarının toplum sağlığına etkileri değerlendirilirken, dünya çapında hayvansal kaynaklı protein alımına yönelik geniş ve değişken ihtiyaçlar göz ardı edilmemelidir. Yani dünyanın bazı yerlerinde özellikle hayvansal protein kaynakları diyetle ilişkili çeşitli hastalıklar için bir risk faktörü olduğu tespit edildiğinden, bu besinlerin alımının azaltılması tavsiye edilmektedir. Buna karşılık, diğer bazı ülkelerde hayvansal kaynaklı besinler protein yanında birçok vitamin ve minerallerin önemli bir kaynağı olması nedeniyle özellikle kronik malnütrisyonun (bodurluğun) azaltılmasıyla önemli ölçüde ilişkilidir. Dolayısıyla etin alternatif protein kaynaklarıyla değiştirilmesinin toplumsal koşullara uygunluğu da mutlaka değerlendirilmelidir.

Sonuç olarak, sağlıklı ve sürdürülebilir olmayan beslenme insan ve dünya için küresel bir risktir. Optimal sağlığın ise günümüzde sağlığın korunmasında ve birçok hastalığın tedavisinde önerilen Akdeniz diyeti temelli sürdürülebilir beslenme örüntüsü ile mümkün olduğu unutulmamalıdır.

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Banach, J. L., Berg, J. P., Kleter, G., Veen, H. V.V., Bastiaan-Net, S., Pouvreau, L., & 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
- Bhat, Z.F. & Fayaz, H. (2011). Prospectus of cultured meat—advancing meat alternatives *J Food Sci Technol* 48(2), 125–140.
- Churchward-Venne, T. A., Pinckaers, P. J., van Loon, J. J., & van Loon, L. J. (2017). Consideration of insects as a source of dietary protein for human consumption. *Nutrition Reviews*, 75(12),1035-1045.
- Elhacham, E., Ben-Uri, L., G. J., Bar-On, Y. M., & Milo, R. (2020). Global human-made mass exceeds all living biomass. *Nature*, 588(7838), 442-444.
- FAO (2019, October 12). *How to feed the world in 2050*. fao.org. Retrieved May 15, 2024, https://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP & WHO. (2023). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2023. Urbanization, agrifood systems transformation and healthy diets across the rural–urban continuum*. Rome, FAO.
- FSIN & Global Network Against Food Crises. (2023). *Global Report on Food Crises GRFC 2023*. Rome.
- Hocquette J. F. (2016). Is in vitro meat the solution for the future?. *Meat science*, 120, 167-176.
- Imathiu, S. (2020). Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects. *NFS Journal*, 18, 1-11.
- Koçyiğit, E., Esgin, Ö., & Köksal, E. (2022). Türkiye’nin Değişen Beslenme Örüntüsü. *Bes Diy Derg*, 50(3), 40-52.
- Lange, K. W., & Nakamura, Y. (2021). Edible insects as future food: chances and challenges. *Journal of Future Foods*, 1(1), 38-46.
- Lonnie, M., Laurie, I., Myers, M., Horgan, G., R. W., & Johnstone, A. M. (2020). Exploring health-promoting attributes of plant proteins as a functional ingredient for the food sector: a systematic review of human interventional studies. *Nutrients*, 12(8), 2291.
- Mariotti, F. (2023). Nutritional and health benefits and risks of plant-based substitute foods. *Proceedings of the Nutrition Society*, 1–14.

- Mariutti, L. R. B., Rebelo, K. S., Bisconsin-Junior, A., de Morais, J. S., Magnani, M., Maldonado, I. R., Madeira, N. R., Tiengo, A., Maróstica, M. R., Jr, & Cazarin, C. B. B. (2021). The use of alternative food sources to improve health and guarantee access and food intake. *Food research international (Ottawa, Ont.)*, 149, 110709.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2022). *Alternative Protein Sources: Balancing Food Innovation, Sustainability, Nutrition, and Health: Proceedings of a Workshopin Brief*. The National Academies Press.
- Popkin, B.M. (2006) Technology, transport, globalization and the nutrition transition food policy. *Food policy*, 31(6), 554-569.
- Roos, N., & van Huis, A. (2017), Consuming insects: are there health benefits?. *Journal of Insects as Food and Feed*, 3(4), 225–229.
- Roy, S., & Pal, R. (2015). Microalgae in aquaculture: a review with special references to nutritional value and fish dietetics. *Proc Zool Soc.*, 6(1), 1-8.
- Searchinger, T., Waite, R., Hanson, C., Ranganathan, J., Dumas, P., & Matthews, E. (2019). *Creating a Sustainable Food Future*. World Resources Institute, Washington.
- Short, S., Strauss, B., & Lotfian, P. (2022). *Alternative Proteins for Human Consumption*. Food Standards Agency. University of Cambridge, UK.
- Stull, V.J. (2021). Impacts of insect consumption on human health. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7(5), 695–713.
- Sürek, E., & Uzun, P. (2020). Geleceğin Alternatif Protein Kaynağı: Yapay Et. *Akademik Gıda*, 18(2), 209-216.
- Turnagöl, H. H., Aktitiz, S., Baltürk, Ş. İ., Yakışıklı, İ., & Erbaş, Z. (2023). Alternative protein sources in sustainable sports nutrition. *Turkish Journal of Sports Medicine*, 58(1), 47-54.
- Türküzü, D., Ayhan, B., & Köksal, E. (2017). The Nutrition Transition in Turkey: Trends in Energy and Macronutrients Supply from 1961. *Gazi Medical Journal*, 28, 283-288.
- van Huis, A. (2020). Nutrition and health of edible insects. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 23(3) 228–231.
- Vanham, D., Pozo, S. d., Pekcan, A., L. K.-B., Trichopoulou, A., & Gawlik, B. (2016). Water consumption related to different diets in Mediterranean cities. *Science of The Total Environment*, 573, 96-105.
- WHO. (2022). *Invisible Numbers: The True Extent of Noncommunicable Diseases and What to Do about Them*. World Health Organization; Geneva, Switzerland: 2022.
- WWF. (2014). *Yaşayan Gezegen Raporu 2014 Özet*, WWF, Gland, İsviçre

Yazar Hakkında / About Author

**Prof. Dr. Eda KÖKSAL | Gazi Üniversitesi |
edakoksal[at]gazi.edu.tr | ORCID: 0000-0002-7930-9910**

Eda Köksal ilk, orta ve lise öğretimini Ankara’da tamamlamıştır. Hacettepe Üniversitesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü’nden 1993 yılında mezun olmuştur ve aynı yıl akademik hayatına Hacettepe Üniversitesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü’nde araştırma görevlisi olarak başlamıştır. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Beslenme ve Diyetetik programında yüksek lisansını 1996 yılında, doktora eğitimini 2001 yılında tamamlamıştır. Bunun yanında 1996-2000 yılları arasında Afyon Kocatepe Üniversitesi Afyon Meslek Yüksekokulu Gıda Teknolojisi Bölümünde öğretim görevlisi, 2000-2010 yılları arasında tekrar Hacettepe Üniversitesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü’nde araştırma görevlisi ve öğretim görevlisi olarak çalışmalarını yürütmüştür. 2010 yılında Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü’nde Yardımcı Doçent kadrosuna atanmış ve 2012 yılında Doçent, 2019 yılında Profesör unvanını almıştır. 2013-2022 yılları arasında Gazi Üniversitesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü Toplum Beslenmesi Anabilim Dalı Başkanlığı, 2019-2022 yılları arasında Beslenme ve Diyetetik Bölüm ve Anabilim Dalı Başkanı olarak görev yapmıştır. Başlıca çalışma alanları toplum beslenmesi, beslenme epidemiyolojisi, beslenme antropometrisi, besin tüketim araştırmaları, risk gruplarında beslenme, mikrobeyin ögesi yetersizlikleri, beslenme eğitimi, beslenme plan ve politikaları ve sürdürülebilir beslenmedir. Bu alanlarda birçok bilimsel araştırma, makale, kitap bölümü ve çalıştığı projeler bulunmaktadır. Türkiye Diyetisyenler Derneği, Sürdürülebilir Yaşam Derneği, Klinik Enteral Parenteral Nutrisyon Derneği (KEPAN), Sağlık Bilimleri Eğitim Programları Değerlendirme ve Akreditasyon Derneği üyesidir.

**Prof. Dr. Eda KÖKSAL | Gazi University |
edakoksal[at]gazi.edu.tr | ORCID: 0000-0002-7930-9910**

Eda Köksal completed her primary and secondary education in Ankara. She graduated from the Department of Nutrition and Dietetics at Hacettepe University in 1993, and in the same year, she started her academic career as a research assistant at Hacettepe University, Department of Nutrition and Dietetics. She completed her master's degree in the Hacettepe University Institute of Health Sciences Nutrition and Dietetics program in 1996 and her PhD in 2001. In addition, she worked as a lecturer at Afyon Kocatepe University Afyon Vocational School Food Technology Department between 1996-2000 and as a research assistant and lecturer at Hacettepe University Nutrition and Dietetics Department between 2000-2010. In 2010, she was appointed Assistant Professor at Gazi University, Faculty of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics, and received the title of Associate Professor in 2012, Professor in 2019. Between 2013-2022 she served as Head of Community Nutrition at Gazi University, Department of Nutrition and Dietetics, and as Head of the Department of Nutrition and Dietetics between 2019-2022. Her main areas of study are public health nutrition, nutritional epidemiology, nutritional anthropometry, dietary assessment research, nutrition in risk groups, micronutrient deficiencies, nutrition education, nutrition plans and policies, and sustainable nutrition. She has many scientific studies, articles, book chapters, and projects in these fields. She is a member of the Turkish Dietetic Association, Sustainable Living Association, Clinical Enteral Parenteral Nutrition Association (KEPAN), and Health Sciences Education Programs Evaluation and Accreditation Association.

**ALTERNATİF PROTEİN KAYNAKLARININ TOPLU
BESLENME SİSTEMLERİNDE KULLANIM ALANLARI:
SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAKIŞ AÇISI**

APPLICATIONS OF ALTERNATIVE PROTEIN SOURCES
IN FOOD SERVICE SYSTEMS: A SUSTAINABILITY
PERSPECTIVE

Aslıhan Özdemir
Zehra Büyüktuncer Demirel

Atıf Künyesi: Özdemir, A. ve Büyüktuncer Demirel, Z. (2024). Alternatif Protein Kaynaklarının Toplu Beslenme Sistemlerinde Kullanım Alanları: Sürdürülebilirlik Bakış Açısı. Şahin, K. (Ed.), *Alternatif Gıda Kaynakları* (s. 183-204) içinde. Ankara Basım Yayın

ALTERNATİF PROTEİN KAYNAKLARININ TOPLU BESLENME SİSTEMLERİNDE KULLANIM ALANLARI: SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAKIŞ AÇISI

Dr. Öğr. Üyesi Ashhan ÖZDEMİR
Prof. Dr. Zehra BÜYÜKTUNCER DEMİREL
Hacettepe Üniversitesi

Özet

Toplu beslenme sistemlerinde alternatif protein kaynaklarının değerlendirilmesi, menü planlama, besin temini ve atık yönetimi süreçlerini etkileyen önemli bir konudur. Geleneksel olarak menü planlamada hayvansal protein kaynakları ön plandayken, çevresel sürdürülebilirlik ve sağlık etkileri nedenleri ile alternatif protein kaynaklarına olan ilgi son yıllarda artmıştır. Bitki bazlı protein kaynakları, toplu beslenme sistemlerinde sıklıkla kullanılan ve tüketici kabulü yüksek olan seçenekler arasındadır. Kuru baklagiller, bitki bazlı proteinlerin önemli bir kaynağı olup, menülerde et alternatifi olarak kullanılabilir. Özellikle, kuru baklagillerin ikinci ve üçüncü kap yemeklerde yer alması, öğünün protein içeriğini artırır ve sürdürülebilirliği destekler. Tek hücreli mikroorganizmalardan elde edilen proteinler de önemli alternatifler arasında yer almaktadır. Yenilebilir böcekler, yüksek protein içerikleri ile dikkat çekmekle birlikte, tüketici kabulü konusunda engellerle karşılaşmaktadır. Hücre kültürü bazlı protein kaynakları, sürdürülebilir besin üretim yöntemi olarak öne çıkmaktadır. Bu yöntem, hayvansal üretimin çevresel etkilerini azaltabilir ve toplu beslenme sistemlerinde alternatif protein kaynaklarının kullanımını destekleyebilir. Toplu beslenme sistemlerinde atık yönetimi ve gıda israfının azaltılması, sürdürülebilir besin sistemine katkı sağlar. Atık yönetimi ve alternatif protein kaynaklarının değerlendirilmesinin bir arada ele alınması, toplu beslenmenin çevresel yükünün azaltılması ve kaynakların verimli kullanımını destekler.

Anahtar Kelimeler

*Alternatif Protein Kaynakları, Toplu Beslenme Sistemleri, Menü Planlama,
Sürdürülebilirlik, Sürdürülebilir Besin Sistemleri*

APPLICATIONS OF ALTERNATIVE PROTEIN SOURCES IN FOOD SERVICE SYSTEMS: A SUSTAINABILITY PERSPECTIVE

Assist. Prof. Ashhan ÖZDEMİR
Prof. Dr. Zehra BÜYÜKTUNCER DEMİREL
Hacettepe University

Abstract

The evaluation of alternative protein sources in food service systems is an important issue affecting menu planning, food supply and waste management processes. Traditionally, animal-based protein sources have been prominent in menu planning, but interest in alternative protein sources has increased in recent years, driven by environmental sustainability and health considerations. Plant-based protein sources are widely used and well accepted options in food service systems. Legumes, as an important source of plant-based proteins, can be used as meat alternatives in menus. In particular, the inclusion of legumes in second and third course meals enhances protein content while supporting sustainability. Proteins derived from single-cell microorganisms are also important alternatives. Edible insects, despite their high protein content, face challenges in terms of consumer acceptance. Cell culture-based protein sources are emerging as a sustainable food production method. This method can reduce the environmental impact of animal production and promote the use of alternative protein sources in food service systems. Waste management and the reduction of food waste in food service systems contribute to a sustainable food system. Addressing waste management and evaluating alternative protein sources together supports the reduction of the environmental impact of food service and the efficient use of resources.

Keywords

*Alternative Protein Sources, Food Service Systems, Menu Planning,
Sustainability, Sustainable Food Systems*

GİRİŞ

Toplu beslenme, bireylerin genellikle ev dışında, başkaları tarafından hazırlanan yiyeceklerle beslenmesini ifade eden bir kavramdır. Bu beslenme şeklini gerçekleştiren uygulama, toplu beslenme sistemleri olarak adlandırılır. Günümüzde ev dışında beslenmenin yanı sıra, evlerde ve işyerlerinde farklı sipariş yöntemleriyle de toplu beslenme sistemlerinin kullanımı artmaktadır. Toplu beslenme hizmeti veren kuruluşlar genellikle ticari ve ticari olmayan kuruluşlar olarak iki ana kategoriye ayrılır. Restoranlar, oteller, askeri birimler, okullar, üniversiteler, hastaneler gibi çeşitli kurumlar bu kategorilere örnek olarak verilebilir. Bu kuruluşlar aracılığıyla toplu beslenme sistemleri, küresel gıda ve tarım endüstrisinin ekonomik olarak yaklaşık %40'ını oluşturarak, besin sistemlerini önemli ölçüde etkileme potansiyeli taşır. Ev dışında hazırlanan yiyeceklerin tüketim sıklığındaki artış, toplu beslenme sistemlerinin sağlıklı ve sürdürülebilir uygulamalar içermesi gerekliliğini artırmaktadır (Beyhan, 2018; Bilici, 2021).

Dünya genelinde canlıların ve gezegenin geleceğini tehdit eden pek çok sorunun temelinde, sağlıksız, sürdürülemez ve eşit olmayan besin sistemleri bulunmaktadır. Yetersiz ve dengesiz beslenmeye bağlı hastalık ve ölüm oranları artarken, besin sistemleri çevresel sürdürülebilirliği de ciddi şekilde tehdit etmektedir. Bu nedenle, sürdürülebilir sağlıklı beslenme ve besin sistemleri kavramları, bireylere güvenilir ve besleyici besinleri ekonomik, sosyal ve çevresel açıdan gelecek nesilleri tehlikeye atmadan ulaştırmayı amaçlamaktadır (Dünya Sağlık Örgütü, 2020). Toplu beslenme sistemlerinin, bu hedeflere ulaşmada önemli bir rol oynaması beklenmektedir. Özellikle son 50 yılda dünya genelindeki nüfus artışı ve beslenme alışkanlıklarındaki değişim ile birlikte hayvansal protein tüketiminin hızla artması, sürdürülebilirlik açısından önemli sorunlar ortaya çıkarmıştır. Besin sistemlerinin ve tedarik zincirlerinin çevresel sürdürülebilirliğini değerlendirmek için yaşam döngüsü temelli yaklaşımların toplu beslenme sistemlerinde görece az kullanıldığı, ancak bu sistemlerin sürdürülebilirliği geliştirmede önemli rol oynadığı bilinmektedir (Takacs & Borrión, 2020).

Toplu beslenme hizmetleri, sürekli olarak işleyen bir döngü halinde verilmektedir. Bu döngünün merkezinde menü planlama bulunmaktadır. Menü planlama, mutfak ve yemekhane donanımı, standart yemek tarifelerinin geliştirilmesi ve uygulanması, besinlerin temini, depolama, hazırlık, servis ve atık yönetimi adımlarını içerir. Menü planlama aşaması, temel ilkeleri belli olmakla birlikte hizmet verilen hedef gruba göre değişiklik gösteren bir adımdır. Bu aşamada, bireylerin enerji, makro ve mikro besin ögesi ihtiyaçlarına odaklanılırken, günümüzde çevre sorunları göz önüne alındığında bu adımın daha geniş kapsamlı ele alınması gerektiği anlaşılmaktadır. Besinlerin sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi ve çevresel etkilerinin hesaba katılması önemlidir. Bu bağlamda, karbon ve su ayak izleri düşük, mevsiminde ve

yerel besinlerin tercih edilmesi önerilmektedir. Menüler planlandıktan sonra besinlerin tedarik süreçleri devreye girer ve bu aşamada da çevresel etkileri düşük yöntemlerin kullanılması sürdürülebilirlik açısından önemlidir (Takacs & Borrión, 2020).

Toplu beslenme sistemlerinde sürdürülebilirlik konusunda her adımda yapılabilecek uygulamalar bulunmaktadır. Besinlerin sürdürülebilir kaynaklardan temini, sürdürülebilir menülerin planlanması ve atık yönetiminde geri dönüşüm ve sıfır atık uygulamalarının kullanılması sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır. Bu bölümde, sürdürülebilirlik bakış açısıyla toplu beslenme sistemlerinde alternatif protein kaynaklarının rolü ve geleceği ele alınmıştır.

TOPLU BESLENME HİZMETLERİNİN ÇEVRESEL ETKİLERİ

Dünya genelinde ve ülkemizde toplu beslenme hizmetlerinden yararlanan bireylerin sayısı giderek artmaktadır. Bugün, gelişmiş sanayi ülkelerinde nüfusun %70'inin en az bir öğünü ev dışında tükettiği bilinmektedir (Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı, 2024). Toplu beslenme hizmetleri, besinlerin tedarik zinciri boyunca hareket etmesi ve tüketicilere ulaşması sürecinde çevresel etkiler açısından kritik bir rol oynamaktadır.

Toplu beslenme sistemlerinin karbon, su ve nitrojen ayak izleri, çevresel etkilerini ölçmek ve sürdürülebilirliklerini değerlendirmek için önemli ölçüm araçlarıdır. Karbon ayak izi, gıda üretim tesislerinin enerji tüketimi, ulaşım, ambalajlama, atık yönetimi gibi faktörlerden etkilenir. Yemek hazırlık, pişirme ve servis aşamalarındaki enerji kullanımı genellikle karbon ayak izine önemli katkılarda bulunur. Tedarik zinciri süreçleri, taşıma ve depolama aşamaları da karbon emisyonlarını etkiler. Sürdürülebilir tarım uygulamaları ve yenilenebilir enerji kullanımı gibi stratejiler, karbon ayak izini azaltmada etkili olabilir (Crippa vd., 2021; Tubiello vd., 2021).

Toplu beslenme sistemlerinin su ayak izi, tedarik ve üretim zinciri boyunca kullanılan su miktarını belirtir. Hayvansal besinlerin üretiminin su ayak izi, bitkisel besinlere göre genellikle daha yüksektir (Ibidhi & Salem, 2020). Ancak bitkisel ürünlerde de su ayak izi, tarımsal sulama, ürün yetiştirme, işleme, hazırlama ve temizlik süreçlerinde kullanılan suyu içerir. Tarım faaliyetleri, genellikle toplu beslenme sisteminin su ayak izini belirleyen temel faktörlerden biridir (Vanham & Leip, 2020).

Toplu beslenme sistemlerinin nitrojen ayak izi genellikle tarım faaliyetlerinden kaynaklanır. Gübre kullanımı, hayvan gübresi yönetimi ve azot oksit emisyonları, nitrojen ayak izini etkileyen unsurlardır. Nitrojen kullanımı, toprak sağlığı ve su kalitesi üzerinde önemli etkilere sahiptir. Aşırı nitrojen kullanımı, su kirliliği ve ekosistemlerde dengesizliklere neden olabilir (Mohanty, vd., 2020).

Toplu beslenme sistemlerinin sürdürülebilirliğini artırmak için, bu ayak izlerini azaltmak amacıyla çeşitli stratejiler uygulanabilir. Bu stratejiler arasında yenilenebilir enerji kullanımı, su verimliliği uygulamaları, organik tarım yöntemleri, alternatif gıda kaynaklarının kullanımı, atık yönetimi ve tedarik zinciri optimizasyonu bulunmaktadır. Bu önlemler, toplu beslenme sistemlerinin çevresel etkilerini azaltabilir ve daha sürdürülebilir bir geleceğe yönelik önemli adımlar atabilir. Toplu beslenme sistemlerindeki aydınlatma, havalandırma, pişirme ve soğutma gibi süreçler enerjinin büyük bir kısmını tüketirken, ambalaj malzemeleri ve gıda atıkları da önemli miktarda atık oluşturur. Ürünlerin paketlenmesinde kullanılan ambalaj malzemeleri arasında karton, kâğıt, plastik, cam ve metal gibi çeşitli malzemeler bulunur ve bu atıkların yönetimi ve geri dönüşümü, çevresel etkilerin azaltılması için önemli bir adımdır. Toplu beslenme hizmetleri aynı zamanda su kirliliğinin de bir kaynağıdır. Bu nedenle, atık su yönetimi ve arıtma süreçleri, yağ atıklarının diğer atıklara karışmadan uygun yöntemlerle uzaklaştırılması çevresel etkilerin azaltılmasında önemli rol oynar (Carino, vd., 2020; Maynard vd., 2020; Read vd., 2020).

Toplu beslenme hizmetleri, enerji verimliliği önlemleri ve geri dönüşüm programları uygulayarak, atık yönetimini iyileştirerek çevresel etkileri azaltabilirler. Ayrıca, atık su arıtma tesislerine daha az kirli su deşarjı için yatırım yapabilirler. Tedarik zinciri üzerindeki etkilerini kullanarak tedarikçilerle iş birliği yaparak, daha sürdürülebilir üretim ve ambalajlama uygulamalarını teşvik edebilirler. Bu önlemler, sürdürülebilir besin sistemlerinin ve çevre dostu işletmelerin teşvik edilmesine katkıda bulunabilir.

SÜRDÜRÜLEBİLİR BESİN TEDARİĞİ

Besin endüstrisi ve toplu beslenme sistemleri, geçmişte tüketicilerin memnuniyetini sağlayacak ve ekonomik besinlerin üretimine odaklanırken, günümüzde sürdürülebilir ve sağlıklı besin sistemleri anlayışı ile yeniden şekillenmektedir. Bu dönüşüm, besin tedarik zinciri yönetiminde önemli değişiklikleri beraberinde getirmektedir.

Sürdürülebilirlik, besin üretim ve dağıtım süreçlerinde kritik bir konudur. Besin endüstrisi, gelişmiş ve gelişmekte olan birçok ülkede en büyük üretim sektörlerinden birisidir ve doğal kaynak kullanımı, enerji tüketimi, sera gazı emisyonları ve atık yönetimi gibi faktörlerle büyük bir etkiye sahiptir. Bu nedenle, çevre dostu ve verimli üretim yöntemleri ile dağıtım stratejilerini benimsemek, sürdürülebilirlik açısından önemlidir. Organik tarım, agro-ekolojik uygulamalar, yerel tedarik zincirleri ve yenilenebilir enerji kullanımı gibi sürdürülebilir uygulamalar, besin endüstrisinin ve toplu beslenme sistemlerinin çevresel etkilerini azaltmaya yönelik etkili stratejiler olarak öne çıkmaktadır (Benis & Ferrão, 2017).

Toplu beslenme hizmetlerinde, besin tedarik zincirinin iklim değişikliklerine bağlı olarak doğal kaynaklara ulaşımında yetersizlik, biyoçeşitlilik kaybı gibi pek çok zorlukla karşılaşması öngörülmektedir (Hajer, vd., 2016). İklim değişikliği, tarım koşullarını değiştirerek besin üretimini etkileyebilir ve besin güvenliği sorunlarına neden olabilir. Doğal kaynaklarda azalma, su ve toprak gibi temel kaynakların sınırlı olması nedeniyle besin üretimini tehdit edebilir. Toplumsal eşitsizlik, gıda üretiminde ve tüketiminde adaletsizlikleri artırabilir ve sürdürülebilir besin sistemlerinin oluşturulmasını zorlaştırabilir. Bu zorluklara çözüm bulmak ve uygulamak, sürdürülebilir besin tedarik zinciri yönetiminin geleceğini belirleyecektir.

İklim krizi ile mücadele için, dirençli tarım uygulamaları ve karbon ayak izini azaltan yöntemler gibi stratejiler benimsenmelidir. Doğal kaynaklardaki azalmayı yavaşlatmak için, su ve enerji verimli tarım yöntemleri gereklidir. Biyoçeşitlilik kaybını engellemek için, sürdürülebilir tarım uygulamaları ve koruma çabaları önemlidir. Toplumsal eşitsizliği gidermek için, adil ticaret uygulamaları ve yerel toplulukları güçlendirmeyi amaçlayan müdahaleler gerekli olacaktır. Bu stratejiler, toplu beslenme hizmetlerinin sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmasına katkıda bulunabilir.

MENÜ PLANLAMA VE BESİNİN TEMİNİ AŞAMALARINDA ALTERNATİF PROTEİN KAYNAKLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Toplu beslenme sistemlerinde menü planlama aşamasında, besinler üç ana kategoride sınıflandırılmaktadır:

- 1. Birinci Kap Yemekler:** Bu kategoride, büyük parça ve küçük parça et yemekleri, köfteler, tavuk/hindi yemekleri, balıklar, etli kuru baklagil yemekleri, etli sebze yemekleri, etli dolmalar, sarmalar ve etli sebze yemekleri yer almaktadır.
- 2. İkinci Kap Yemekler:** Çorbalar, pilav, makarna, börekler, zeytinyağlı sebzeler, dolmalar ve kuru baklagil yemekleri gibi besinler bu kategoride yer almaktadır.
- 3. Üçüncü Kap Yemekler:** Meyveler, salatalar, komposto/hoşaf, tatlılar gibi hafif ve genellikle tatlı içecekli besinler bu kategoride yer almaktadır.

Bu sınıflandırmada, birinci kap yemeklerin karbon ve su ayak izi açısından diğerlerine göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Ancak, bu yemekler içerdikleri yüksek kaliteli protein içeriği nedeniyle sağlıklı beslenme açısından önemli rol oynamaktadırlar. Proteinler, yeterli ve dengeli beslenmenin sağlanması için gerekli makro besin öğelerindendir.

Toplu beslenme sistemlerinde menü planlama aşamasında, hedef kitlenin enerji ve besin ögesi gereksinimleri dikkate alınarak miktarlar belirlenir ve menüler planlanır. Geleneksel olarak menülerde et, süt ürünleri, yumurta gibi hayvansal kaynaklar en

yaygın protein kaynakları olarak kullanılmaktadır. Ancak, çevresel sürdürülebilirlik, sağlık kaygısı, etik ve moral değerler, hayvan refahı vb. nedenlerle alternatif protein kaynaklarına olan ilgi, araştırma ve uygulamalarda artış göstermektedir.

Alternatif protein kaynakları; genel olarak bitki bazlı protein kaynakları, yenilebilir böcekler, algler ve laboratuvar ortamında hücresel tarım ile üretilmiş besinleri içermektedir. Ekonomik ve lojistik nedenlerden ve tüketici kabulü ile ilgili endişelerden dolayı bu alternatif kaynaklar şu an için yaygın olarak kullanılmamakla birlikte, yakın gelecekte toplu beslenme sistemlerinde daha sık kullanılması öngörülmektedir. Bu durum, besin endüstrisinin ve toplu beslenme sistemlerinin çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşma yolunda önemli bir adım olarak değerlendirilebilir.

Bitki Bazlı Protein Kaynakları

Toplu beslenme sistemlerinde dünyada ve ülkemizde alternatif protein kaynakları, hem ulaşılabilir hem de tüketici kabulü yüksek olan bitki bazlı protein kaynakları ile öne çıkmaktadır. Bitkisel besinler, sağlıklı bir yaşam için önemli bir beslenme kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Tarih boyunca birçok kültürde bitkisel besin ağırlıklı diyetlerin benimsendiği ve günümüzde dahi bu diyetlerin devam ettiği göz önüne alındığında, bitkisel besinlerin tarihsel ve kültürel bir önemi bulunmaktadır. Ancak, günümüzde birçok ülkede et ürünlerinin ve diğer hayvansal besinlerin tüketim sıklığının artmasıyla birlikte, özellikle Batı tipi diyetlerde tahıl, meyve ve sebzelerin arka planda kalması söz konusu olmuştur. Bu durum, ekonomik gelişmeler ve fast-food tüketiminin artışıyla etin toplumun tercih ettiği bir besin haline gelmesinden kaynaklanmaktadır. Ancak, son yıllarda tüketiciler arasında sürdürülebilir yemek ve yaşam seçeneklerine yönelik olumlu bir eğilim gözlemlenmektedir (Sánchez-Bravo vd., 2020).

Et bazlı diyetlerin, bitki bazlı diyetlere göre daha fazla enerji, arazi ve su gerektirdiği ve bu nedenle daha az sürdürülebilir olduğu bilinmektedir. Bu durum, özellikle sürdürülebilirlik odaklı diyet değişikliklerini amaçlayan Batı toplumlarında dikkate alınmaya başlanmıştır. Bu kapsamda, tüketicileri bitki bazlı proteinli besinlerle tanıştırmak ve et tüketimini azaltmaya yönlendirmek amacıyla çeşitli planlar uygulanmaktadır (Aschemann-Witzel, vd., 2021). Protein kaynağı olarak en yaygın kullanılan bitkisel besinler arasında kuru baklagiller, sert kabuklu yemişler, yağlı tohumlar ve tam tahıllar bulunmaktadır. Bu besinler, birinci kap yemeklerin yerine kullanılabileceği gibi, ikinci ve üçüncü kap yemeklerin protein içeriğini zenginleştirici olarak da kullanılabilmektedirler.

Kuru baklagiller, yüksek protein ve mikro besin ögesi içerikleri ile yeterli ve dengeli beslenmede önerilen besin gruplarından birisidir (Polak, Phillips, & Campbell, 2015). Özellikle Türk mutfağında kuru fasulye, nohut, mercimek gibi ürünler sıklıkla kullanılmaktadır. Bu besinler, menü planlamada etli bir yemeğin içinde birinci kap

yemek olarak, zeytinyağlı yemeklerin, çorbaların ve böreklerin içinde ikinci kap yemek olarak sınıflandırılmaktadır. Kuru baklagiller aynı zamanda salatalar, piyaz gibi yiyeceklerin içinde de üçüncü kap yemek olarak kullanılmaktadır. Menülerin protein içeriğini artırmak amacıyla yeni nesil kuru baklagil ürünleri, örneğin kuru baklagil makarnaları gibi ürünler de kullanılabilir (Laleg, vd., 2016). Sürdürülebilir ve sağlıklı menü planlama kapsamında et grubu besinlerin miktarları azaltılarak protein içeriği yüksek kuru baklagiller ikinci ve üçüncü kaplara eklenerek kullanılabilirler.

Kuru baklagiller aynı zamanda bitkisel et alternatiflerinin kaynağı olup, dünya genelinde 4400'ü aşan bitki bazlı et alternatifi ürün bulunmaktadır (Estell, Hughes, & Grafenauer, 2021). Bu ürünler, toplu beslenme sistemlerinde kullanıldığında tüketicilerin beklentilerini karşılamakta zorluklar yaşanabileceği gibi, ekonomik nedenlerle de henüz yaygın olarak kullanılmamaktadır (Elzerman, Van Boekel, & Luning, 2013).

Tam tahıllar, dünya genelinde enerji, karbonhidratlar ve bitkisel proteinlerin önemli bir kaynağı olarak görülmektedir. Bu besinlerin sürdürülebilirlik ve sağlıklı beslenme konularında oynayabileceği önemli bir rol bulunmaktadır. Tam tahıl alternatifleri, enerji ve makro besin ögesi yanında, zengin diyet posası ve fitokimyasal içerikleri dolayısıyla sağlıklı beslenmeye önemli katkıda bulunabilir. Ancak, tam tahılların lizin amino asidinden kısıtlı olmaları, alternatif ve besleyici bir protein kaynağı olarak değerlendirilmelerini sınırlamaktadır (Poutanen vd., 2022).

Sert kabuklu yemişler ve yağlı tohumlar ise yüksek protein içerikleri nedeniyle toplu beslenme sistemlerinde, özellikle salata ve tatlılarda kullanılmaları önerilen bitkisel protein kaynaklarıdır. Badem bazlı içecek gibi sert kabuklu yemişlerden elde edilen ürünlerin kullanımı diyetlerde artış göstermiş olsa da, toplu beslenme sistemlerinde henüz yaygın değildir. Bu noktada, lokal ürünlerin kullanımının teşvik edilmesi ve fiyat politikalarının gözden geçirilmesi, sert kabuklu yemiş ve yağlı tohumların daha geniş kitlelere ulaştırılmasını kolaylaştırabilir ve sürdürülebilir beslenmeye önemli katkıda bulunabilir.

Tek Hücreli Mikroorganizmalardan Elde Edilen Proteinler

Alternatif protein kaynakları kullanımı için önerilen çözümlerden biri, tek hücreli mikroorganizma bazlı protein kaynaklarıdır. Bitki bazlı proteinlerden elde edilen etin üretimi için yüksek miktarlarda bitki kullanımı gerektiğinden (~1 kg et proteini üretmek için yaklaşık 6 kg bitkisel protein gereklidir) (Pimentel & Pimentel, 2003), uzun vadede mikroorganizmalardan elde edilen proteinlerin kullanımının yaygınlaşması amaçlanmaktadır. Bu mikroorganizmalar, teknolojik gelişmelerle birlikte düşük arazi ve enerji gereksinimi, hızlı büyüme, çeşitli iklim koşullarına adaptasyon, gelişmiş besinsel ve organoleptik özellikler gibi avantajlarıyla et analoglarının üretimine önemli katkılarda bulunabilecektir.

Mikroalgler arasında *Spirulina* ve *Chlorella*, yüksek protein içeriğiyle öne çıkmaktadır. Bu mikroalgler, havuzlarda veya kapalı sistemlerde yetiştirilerek protein kaynağı olarak kullanılabilir. Özellikle *Spirulina* (*Arthrospira platensis*), %63 oranındaki yüksek protein içeriğiyle dikkat çekmektedir. *Spirulina*, elzem amino asitlerinin tümünü içermesiyle insan tüketimi için umut vadeden bir besin kaynağıdır. Yapılan bir çalışmada, yüksek nem ekstrüzyon pişirme yöntemiyle üretilen *Spirulina*, et için iyi bir alternatif olarak öne çıkmaktadır (Klamczynska & Mooney, 2017). Toplu beslenme sistemlerinde bu ürünlerin kullanımının uzun zaman alabileceği öngörülse de hibrit (geleneksel ve alternatif protein kaynaklarının bir arada kullanıldığı) ürünlerin kullanımıyla çevresel yük azaltılabilir ve tüketici kabul süreci kolaylaştırılabilir. *Spirulina* tabanlı proteinlerin makarna ve hamur işleri gibi ikinci kap yemek gruplarında kullanılması önerilmektedir. Limon-fesleğen *Spirulina* dolgulu makarnaların tüketiciler tarafından tercih edilebilecek bir besin olduğu ve *Spirulina* tadının hafif olduğu belirtilmiştir (Grahrl, vd., 2018).

Mantarlardan elde edilen proteinler de alternatif bir protein kaynağı olarak kullanılmaktadır. *Saccharomyces*, *Fusarium* ve *Torulopsis* türlerinden elde edilen ticari ürünler, %30-50 arasında değişen protein içeriğine sahiptir. Amino asit kompozisyonlarına bakıldığında, treonin ve lizin içeriklerinin yüksek olduğu, metionin içeriklerinin ise nispeten düşük olduğu görülmektedir (Ritala, vd., 2017).

Dünya genelinde birçok kuruluş, laboratuvar ortamında üretilen etlere odaklanan tek hücreli mikroorganizmalardan elde edilen proteinler üzerine araştırmalara yatırım yapmaktadır. Tek hücreli protein endüstrisi, Amerika Birleşik Devletleri, Çin, Japonya, Hindistan, Birleşik Krallık, Güney Kore ve Fransa'da yaygın olarak bulunmaktadır (Kumar vd., 2023). Toplu beslenme sistemlerinde de yakın gelecekte tek hücreli mikroorganizmalardan elde edilen besinlerin yaygınlaşması öngörülmektedir. Ancak bu süreçte, toplu beslenme sistemleri uygulayıcılarından beklenen, maliyet koşullarını da göz önünde bulundurarak sürdürülebilir alternatif protein kaynaklarına menülerde yer vermeleridir.

Böcek Bazlı Protein Kaynakları

Yenilebilir böcekler, yüksek protein içerikleri (%40-60), biyoyararlanım oranları, zengin aminoasit içerikleri ve ayrıca tahıl ve kuru baklagillerle karşılaştırıldığında yüksek enerji oranlarıyla dikkat çeken alternatif protein kaynakları olarak değerlendirilmektedir (da Silva Lucas, vd., 2020; Köhler, vd., 2019). Bu besinler, dünya genelinde doğrudan veya dolaylı olarak diyetin bir parçası haline gelmiştir. Yenilebilir böcekler, bazı tropikal bölgelerde bütün halinde farklı pişirme yöntemleri kullanılarak tüketildiği gibi, un veya toz haline getirilerek enerji ve protein barları, unlu mamuller ve bazı et ürünlerine eklenerek de kullanılmaktadır.

Toplu beslenme sistemlerinde yenilebilir böceklerin kullanılmasının önündeki en büyük engel, tüketicilerin yeni besinlere karşı olan tutumlarıdır (Kim, vd., 2019). Bu nedenle, menü planlama aşamasında bireylerin enerji ve besin ögesi gereksinimlerinin yanı sıra beslenme alışkanlıkları ve tutumları da göz önünde bulundurulmalıdır. Beslenme alışkanlıkları ve besin tercihlerini etkileyen faktörler arasında bireylerin fizyolojik ve psikolojik durumlarının yanı sıra mevsimsel değişiklikler, reklamlar, eğitim, gelenekler, sosyal kabul görme, dini kısıtlamalar gibi dış etkenler de bulunmaktadır. Ülkemizde ve Batı toplumlarında böceklerin bütün halinde tüketiminin genel bir kabul görmediği açıktır. Ancak, yenilebilir böceklerin tüketici kabulünü artırmak amacıyla yapılan araştırmalar, alternatif protein kaynakları ve kullanıma gerekliliği konusundaki bilgi düzeyi arttıkça böceklerin diyetlerdeki kabulünün de arttığını göstermiştir (Florença vd., 2021).

Yenilebilir böcek tüketimini teşvik eden bir diğer faktör, besinin hazırlanma sürecidir. Batı tipi diyetlere aşına olan tüketicilere yönelik olarak hamburgerler, ekmek, bisküvi, kraker, cips, çikolata barları, sütlü içecekler, çorbalar, soslar ve makarna gibi yüksek derecede işlenmiş böcek bazlı gıdaların geliştirilmesi mevcut stratejilerden biridir. Toplu beslenme sistemlerinde yenilebilir böcek bazlı ürünlerin kullanımında, tüketicilere karşı şeffaf olunması, bu ürünlerin üretim süreçleri ve besin değerleri konusunda doğru ve detaylı bilginin sağlanması gerekmektedir.

Hücre Kültürü Bazlı Protein Kaynakları

Hücrel tarım, geleneksel tarım yöntemlerinden ayrılarak besin üretimini, bitki veya hayvan hücrelerini kullanarak gerçekleştirmeyi amaçlayan bir tarım yaklaşımıdır. Bu metodoloji, bitki ve hayvan organizmalarının kompleks yapıları yerine hücre düzeyinde üretilmelerini içeren bir süreci barındırır. Hücrel tarım, kontrol edilen laboratuvar koşullarında gerçekleştirilir. Temel amacı, daha sürdürülebilir, verimli ve çevresel etkileri daha az olan bir besin üretim yöntemi geliştirmektir. Bu yöntem, geleneksel tarımın karşılaştığı zorluklara çözümler sunma potansiyeli taşır, çünkü daha az su, enerji ve arazi kullanabilir, kimyasal gübre ve pestisit kullanımını azaltabilir ve hayvan refahını artırabilir (Eibl vd., 2021).

Hücrel tarımın bir alt dalı olan kültürlenmiş et üretimi, hayvan kesilmeksizin sadece hücrelerinden elde edilen et ürünleri üretmeyi amaçlar. Böylece, hayvancılık endüstrisinin çevre üzerindeki olumsuz etkilerini azaltma ve besin üretimini daha sürdürülebilir hale getirme potansiyeline sahiptir. Bitki ya da böcek bazlı protein alternatiflerine kıyasla, hücre kültürü bazlı etler tüketicilerin hayvansal ürün tüketme isteğini karşılaması nedeniyle giderek daha popüler hale gelmektedir (Stephens vd., 2018). Toplu beslenme sistemlerinin geleceğinde ise özellikle oteller, restoranlar ve kafeler gibi ticari nitelikli kuruluşlarda sıkça tüketilen vegan burger veya köfte gibi ürünlerin hücrel tarım yoluyla elde edilen etlerden yapılması beklenmektedir.

Ancak, hücresel tarımın günümüzde karşılaştığı en büyük zorluk maliyetidir. Özellikle ticari nitelikli olmayan toplu beslenme kuruluşlarında menülerde yer bulabilmesi için teknolojik gelişmelerle birlikte maliyetinin düşürülmesi gerekmektedir.

TOPLU BESLENME SİSTEMLERİNDE ATIK YÖNETİMİ VE ALTERNATİF PROTEİN KAYNAKLARI

Sürdürülebilirlik, gıda israfının azaltılması ile sıkı bir bağa sahiptir. Birleşmiş Milletler verilerine göre, küresel olarak üretilen besinlerin yaklaşık %13'ü hasat ile perakende arasında kaybolurken, küresel gıda üretiminin tahmini %17'si evlerde, gıda hizmetlerinde ve perakendede israf edilmektedir (Birleşmiş Milletler, 2023). Gıda israfının azaltılması, çevresel etkileri en aza indirerek kaynak kullanım verimliliğini artırmak amacıyla sürdürülebilir bir besin sistemini destekleyebilir. Bu bağlamda, gıda israfının nedenlerini ve azaltma yollarını belirlemek için ileri araştırmalar yapılmaktadır. Çalışmalar, çoğu işletmenin gıda israfını çoğunlukla ekonomik kriterlere göre azaltmaya odaklandığını, sosyal, etik veya çevresel faktörleri dikkate almadığını göstermektedir (Papargyropoulou vd., 2014; Roe, vd., 2020). Bu durum, sadece ekonomik sonuçları etkileyen “görünür” gıda israfının azaltıldığı anlamına gelmektedir. Ancak gerçek israfın görünürlüğü genellikle düşüktür. Farkındalığın ve çok paydaşlı işbirliği ile gıda israfının azaltılması için çabaların artırılması gerekmektedir.

Toplu beslenme sistemleri, gıda atıklarının yüksek oranda olduğu bir alandır. Menü planlama ilkelerine uyulmaması, tüketicilerin beslenme alışkanlıklarına ve tercihlerine uygun menü planlanmaması, çeşitliliğin sağlanmaması, besinlerin temin edilmesinde miktar tayininin doğru yapılmaması, depolama ilkelerine uyulmaması ve hazırlık ve pişirme aşamasında yapılan hatalar kaynaklı gıda atıkları oluşabilir (Papargyropoulou vd., 2014).

Sürdürülebilirlik ve geri dönüşüm yöntemleri birlikte düşünüldüğünde, doğal kaynakları daha verimli kullanma ve atıkların olumsuz etkilerini azaltma konusunda planlamalar yapılmalıdır. Bu yaklaşım, çevresel sorumluluk bilinciyle hareket eden bireyler ve kurumlar için önemli bir yaklaşımdır. Toplu beslenme sistemlerinde geri dönüşümün teşvik edilmesi için atıkların ayrıştırılması, geri dönüşüm kutularının ve geri dönüştürülebilir ambalajların kullanılması gibi öneriler bulunmaktadır (Papargyropoulou vd., 2014).

Toplu beslenmede ortaya çıkan atıklar, makro besin ögeleri, özellikle de protein içeriği yüksek atıklardır (Kamal, vd., 2021). Hayvansal üretimde kullanılan yemlerin çevresel yükü de oldukça önemli bir konudur. Yem üretimi, çeşitli çevresel etkilere neden olabilir. Yem bitkileri için tarım alanları ayrılması, ormanların kesilmesine ve biyoçeşitliliğin azalmasına yol açabilir.

Tarım alanlarının genişlemesi, ekosistemlere ve habitatlara zarar verebilir. Yem üretimi için kullanılan gübreler ve kimyasal ilaçlar, su kaynaklarına sızabilir ve su kirliliğine neden olabilir. Bu, nehirler, göller ve yeraltı suyu sistemlerini etkileyebilir. Yem bitkilerinin yoğun olarak yetiştirilmesi, toprak erozyonuna ve verimliliğin azalmasına neden olabilir. Aşırı kullanılan kimyasal gübreler, toprak kalitesini bozabilir. Yem bitkilerinin üretimi ve taşınması sırasında ortaya çıkan sera gazları, iklim değişikliğine katkıda bulunabilir. Özellikle, büyükbaş hayvanların metan gazı üretimi, sera gazı emisyonlarını artırmaktadır. Yem üretiminde kullanılan pestisitler, herbisitler ve diğer kimyasal maddeler, toprak, su ve hava kalitesini olumsuz yönde etkileyebilir (Giamouri vd., 2022; van Zanten vd., 2014).

Hayvansal üretimde kullanılan yemlerin çevresel etkilerini azaltmak için sürdürülebilir tarım uygulamalarına geçiş, organik tarım yöntemlerinin kullanımı, verimliliği artırmak için geliştirilmiş yem formülasyonları ve daha etkili gübre yönetimi gibi çeşitli stratejiler kullanılabilir. Bu stratejiler hem ekolojik sürdürülebilirliği artırmayı hem de hayvansal üretimin genel çevresel ayak izini azaltmayı amaçlar. Bu stratejilerin yanında toplu beslenmede ortaya çıkan protein içeriği yüksek atıkların hayvan yemlerine dönüşmesi de alternatif bir protein kaynağı olarak düşünülebilir. Gıda atıklarının hayvan yemlerinde kullanılması, kaynakların daha verimli şekilde kullanılmasına, maliyet kontrolüne, çevresel etkilerin azaltılmasına katkıda bulunmaktadır. Ancak, bu uygulama, dikkatli bir şekilde yönetilmeli ve gıda güvenliğine önem verilmelidir (Jedrejek, vd, 2016; Prandi vd., 2019).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Ev dışında beslenme olasılıklarının artmasıyla birlikte, toplu beslenme sistemlerinin sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi daha kritik bir hale gelmiştir. Bu sistemlerin ekolojik etkilerini anlamak için karbon, su ve nitrojen ayak izlerinin değerlendirilmesi önemlidir. Menü planlamadan tedarik zincirine kadar her aşamada sürdürülebilirlik ilkelerinin benimsenmesi, yerel ve mevsiminde üretilen besinlere öncelik verilmesi ve atık yönetiminde geri dönüşüm uygulamalarının artırılması, toplu beslenme sistemlerinin çevre dostu bir yapıya dönüşmesine katkı sağlayabilir. Gelecekte, alternatif protein kaynaklarına odaklanma ve çevresel sürdürülebilirlik ilkelerinin daha geniş kapsamlı bir şekilde uygulanması, toplu beslenme sistemlerinin daha sağlıklı ve sürdürülebilir bir geleceğe katkıda bulunmasını sağlayabilir.

Toplu beslenme sistemlerinde menü planlama aşamasında besinlerin sınıflandırılması ve özellikle birinci kap yemeklerdeki karbon ve ayak izi yüksek olan besinlere odaklanma, sürdürülebilir ve sağlıklı beslenme hedefleri doğrultusunda önemli bir adımdır. Bu besinlerin sağlıklı protein içerikleri, yeterli ve dengeli beslenmeyi desteklemekte ancak çevresel etkileri önemli bir sorun teşkil etmektedir. Bu noktada, menü planlama sürecinde

çevre dostu ve sürdürülebilir üretim yöntemlerine yönelik stratejilere ağırlık verilmelidir. Alternatif protein kaynakları, toplu beslenme sistemlerinde geleceğin anahtarını oluşturabilir. Bitki bazlı protein kaynakları, özellikle kuru baklagiller, sert kabuklu yemişler ve tam tahıllar, sağlıklı beslenmeye katkıda bulunabilir ve menülerde et alternatifi olarak kullanılabilir. Ancak, bu kaynakların kullanımını artırmak için tüketicilere ve toplu beslenme sistemlerine yönelik bilinçlendirme çalışmaları önem taşımaktadır. Ayrıca, yerel üretimin teşvik edilmesi, karbon ayak izinin azaltılması açısından önemli bir stratejidir. Tek hücreli mikroorganizmalardan elde edilen proteinler, *Spirulina* gibi mikroalgler ve mantarlardan elde edilen proteinler, gelecekte et alternatifleri olarak önemli bir role sahip olabilir. Bu protein kaynakları, düşük arazi ve enerji kullanımı ile çevre dostu bir seçenek sunabilir. Ancak, toplu beslenme sistemlerinde kullanımlarının yaygınlaşması için teknolojik gelişmeler ve tüketicilerin kabul sürecine odaklanan çalışmalara ihtiyaç vardır. Yenilebilir böcekler, yüksek protein içerikleri ve çevresel sürdürülebilirlik avantajlarıyla dikkat çekmektedir. Ancak, tüketicilerin bu alternatif kaynağa olan tutumlarını değiştirmek için bilinçlendirme çalışmaları ve yenilebilir böcek bazlı ürünlerin çeşitlendirilmesi gerekmektedir. Toplu beslenme sistemlerinde bu alternatifi kabulünü artırmak için özellikle besinin hazırlanma sürecinde şeffaflık sağlamak önemlidir. Hücre kültürü bazlı protein kaynakları, geleneksel tarım yöntemlerinden farklı olarak sürdürülebilir bir besin üretim yöntemi sunabilir. Ancak, maliyeti henüz yüksek olduğundan toplu beslenme sistemlerinde yaygınlaşması için teknolojik gelişmeler ve ekonomik stratejilere ihtiyaç vardır. Bu protein kaynaklarının kullanımı, özellikle vegan ürünlerin popülerliğinin arttığı restoranlar ve kafeler gibi ticari kuruluşlarda gelecekte daha sık görülebilir.

Sonuç olarak, toplu beslenme sistemlerinde sürdürülebilirlik ve sağlıklı beslenme hedeflerine ulaşmak için tüm süreçlerde çevresel etkilerin azaltılması, alternatif protein kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması, tüketicilere yönelik bilinçlendirme çalışmaları ve teknolojik gelişmeler büyük önem taşımaktadır. Bu stratejilerin başarılı bir şekilde uygulanması, gelecekte toplu beslenme sistemlerinde daha sürdürülebilir ve sağlıklı bir beslenme anlayışının benimsenmesine katkı sağlayabilir. Gıda israfının sürdürülebilirlikle yakın ilişkisi, çevresel etkilerin en aza indirilmesi ve kaynak kullanım verimliliğinin artırılması amacıyla gıda sistemlerinin sürdürülebilirliğine odaklanmayı gerektirir. Bu bağlamda, gıda israfının nedenlerini ve azaltma yollarını belirlemek için yapılan ileri araştırmalar, ekonomik kriterlere odaklanan işletmelerin sosyal, etik ve çevresel faktörleri göz ardı ettiğini ortaya koymaktadır. Toplu beslenme sistemlerinde atıkların azaltılması için farkındalığın artırılması ve iş birliği önemlidir. Geri dönüşüm ve sürdürülebilirlik yöntemlerinin birleştirilmesi, doğal kaynakların daha verimli kullanılmasına ve atık etkilerinin azaltılmasına yönelik planlamalara odaklanmayı gerektirir. Özellikle protein içeriği yüksek atıkların hayvan yemlerine dönüşümü, alternatif bir sürdürülebilir protein kaynağı olabilir.

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı. (2024). Food Expenditure Series. web sayfası: <https://www.ers.usda.gov/data-products/food-expenditure-series/> Erişim tarihi: 19.01.2024
- Aschemann-Witzel, J., Gantriis, R. F., Fraga, P., & Perez-Cueto, F. J. (2021). Plant-based food and protein trend from a business perspective: Markets, consumers, and the challenges and opportunities in the future. *Critical reviews in food science and nutrition*, 61(18), 3119-3128.
- Benis, K., & Ferrão, P. (2017). Potential mitigation of the environmental impacts of food systems through urban and peri-urban agriculture (UPA)—a life cycle assessment approach. *Journal of Cleaner Production*, 140, 784-795.
- Beyhan, Y. (2018). Toplu Beslenme Sistemlerinin Yönetim ve Organizasyonu. *Ankara: Ankara Nobel Tıp Yayınları*.
- Bilici, S. (2021). Toplu Beslenme Sistemlerine Giriş. Editörler: Bilici, S., Baş, M. *Toplu Beslenme Sistemleri* (pp. 22-34). Ankara: Hedef CS Basın Yayın Müh. ve Dan. Hiz. Tic. A.Ş.
- Bilici, S., & Baş, M. (2021). *Toplu Beslenme Sistemleri*. Ankara: Hedef CS Basın Yayın Müh. ve Dan. Hiz. Tic. A.Ş.
- Carino, S., Porter, J., Malekpour, S., & Collins, J. (2020). Environmental sustainability of hospital foodservices across the food supply chain: a systematic review. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 120(5), 825-873.
- 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.
- da Silva Lucas, A. J., de Oliveira, L. M., Da Rocha, M., & Prentice, C. (2020). Edible insects: An alternative of nutritional, functional and bioactive compounds. *Food Chemistry*, 311, 126022.
- Dünya Sağlık Örgütü (2020). *The state of food security and nutrition in the world 2020: transforming food systems for affordable healthy diets* (Vol. 2020): Food & Agriculture Org.
- Eibl, R., Senn, Y., Gubser, G., Jossen, V., van den Bos, C., & Eibl, D. (2021). Cellular agriculture: Opportunities and challenges. *Annual Review of Food Science and Technology*, 12, 51-73.
- Elzerman, J. E., Van Boekel, M. A., & Luning, P. A. (2013). Exploring meat substitutes: Consumer experiences and contextual factors. *British Food Journal*, 115(5), 700-710.
- Estell, M., Hughes, J., & Grafenauer, S. (2021). Plant protein and plant-based meat alternatives: Consumer and nutrition professional attitudes and perceptions. *Sustainability*, 13(3), 1478.

- Florença, S. G., Correia, P. M., Costa, C. A., & Guiné, R. P. (2021). Edible insects: Preliminary study about perceptions, attitudes, and knowledge on a sample of portuguese citizens. *Foods*, 10(4), 709.
- Giamouri, E., Pappas, A. C., Papadomichelakis, G., Simitzis, P. E., Manios, T., Zentek, J., . . . Zervas, G. (2022). The Food for Feed Concept: Redefining the Use of Hotel Food Residues in Broiler Diets. *Sustainability*, 14(6), 3659.
- Grahl, S., Strack, M., Weinrich, R., & Mörlein, D. (2018). Consumer-oriented product development: the conceptualization of novel food products based on spirulina (Arthrospira platensis) and resulting consumer expectations. *Journal of Food Quality*, 2018.
- Hajer, M., Westhoek, H., Ingram, J., Van Berkum, S., & Özay, L. (2016). *Food systems and natural resources*: United Nations Environmental Programme.
- Ibidhi, R., & Salem, H. B. (2020). Water footprint of livestock products and production systems: A review. *Animal Production Science*, 60(11), 1369-1380.
- Jedrejek, D., Lević, J., Wallace, J., & Oleszek, W. (2016). Animal by-products for feed: characteristics, European regulatory framework, and potential impacts on human and animal health and the environment.
- Kamal, H., Le, C. F., Salter, A. M., & Ali, A. (2021). Extraction of protein from food waste: An overview of current status and opportunities. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(3), 2455-2475.
- Kim, T.-K., Yong, H. I., Kim, Y.-B., Kim, H.-W., & Choi, Y.-S. (2019). Edible insects as a protein source: A review of public perception, processing technology, and research trends. *Food science of animal resources*, 39(4), 521.
- Klamczynska, B., & Mooney, W. (2017). Heterotrophic microalgae: a scalable and sustainable protein source. In *Sustainable protein sources* (pp. 327-339): Elsevier.
- Köhler, R., Kariuki, L., Lambert, C., & Biesalski, H. (2019). Protein, amino acid and mineral composition of some edible insects from Thailand. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 22(1), 372-378.
- Kumar, P., Mehta, N., Abubakar, A. A., Verma, A. K., Kaka, U., Sharma, N., . . . Lorenzo, J. M. (2023). Potential alternatives of animal proteins for sustainability in the food sector. *Food Reviews International*, 39(8), 5703-5728.
- Laleg, K., Cassan, D., Barron, C., Prabhasankar, P., & Micard, V. (2016). Structural, culinary, nutritional and anti-nutritional properties of high protein, gluten free, 100% legume pasta. *PloS one*, 11(9), e0160721.

- Maynard, D. d. C., Vidigal, M. D., Farage, P., Zandonadi, R. P., Nakano, E. Y., & Botelho, R. B. A. (2020). Environmental, social and economic sustainability indicators applied to food services: A systematic review. *Sustainability*, 12(5), 1804.
- Birleşmiş Milletler (2023). Reducing food loss and waste: Taking Action to Transform Food Systems. Web sayfası: <https://www.un.org/en/observances/end-food-waste-day> Erişim tarihi: 19.01.2024
- Mohanty, S., Swain, C. K., Kumar, A., & Nayak, A. (2020). Nitrogen footprint: a useful indicator of agricultural sustainability. *Nutrient dynamics for sustainable crop production*, 135-156.
- Papargyropoulou, E., Lozano, R., Steinberger, J. K., Wright, N., & bin Ujang, Z. (2014). The food waste hierarchy as a framework for the management of food surplus and food waste. *Journal of Cleaner Production*, 76, 106-115.
- Paul, A. A., Kumar, S., Kumar, V., & Sharma, R. (2020). Milk Analog: Plant based alternatives to conventional milk, production, potential and health concerns. *Critical reviews in food science and nutrition*, 60(18), 3005-3023.
- Pimentel, D., & Pimentel, M. (2003). Sustainability of meat-based and plant-based diets and the environment. *The American journal of clinical nutrition*, 78(3), 660S-663S.
- Polak, R., Phillips, E. M., & Campbell, A. (2015). Legumes: health benefits and culinary approaches to increase intake. *Clinical Diabetes*, 33(4), 198-205.
- Poutanen, K. S., Kårlund, A. O., Gómez-Gallego, C., Johansson, D. P., Scheers, N. M., Marklinder, I. M., . . . Sozer, N. (2022). Grains—a major source of sustainable protein for health. *Nutrition reviews*, 80(6), 1648-1663.
- Prandi, B., Faccini, A., Lambertini, F., Bencivenni, M., Jorba, M., Van Droogenbroek, B., . . . Elst, K. (2019). Food wastes from agrifood industry as possible sources of proteins: A detailed molecular view on the composition of the nitrogen fraction, amino acid profile and racemisation degree of 39 food waste streams. *Food Chemistry*, 286, 567-575.
- Read, Q. D., Brown, S., Cuéllar, A. D., Finn, S. M., Gephart, J. A., Marston, L. T., . . . Muth, M. K. (2020). Assessing the environmental impacts of halving food loss and waste along the food supply chain. *Science of the Total Environment*, 712, 136255.
- Ritala, A., Häkkinen, S. T., Toivari, M., & Wiebe, M. G. (2017). Single cell protein—state-of-the-art, industrial landscape and patents 2001–2016. *Frontiers in microbiology*, 8, 2009.
- Roe, B. E., Qi, D., & Bender, K. E. (2020). Some issues in the ethics of food waste. *Physiology & Behavior*, 219, 112860.

- Sánchez-Bravo, P., Chambers, E., Noguera-Artiaga, L., López-Lluch, D., Chambers IV, E., Carbonell-Barrachina, Á. A., & Sendra, E. (2020). Consumers' attitude towards the sustainability of different food categories. *Foods*, 9(11), 1608.
- Stephens, N., Di Silvio, L., Dunsford, I., Ellis, M., Glencross, A., & Sexton, A. (2018). Bringing cultured meat to market: Technical, socio-political, and regulatory challenges in cellular agriculture. *Trends in Food Science & Technology*, 78, 155-166.
- Takacs, B., & Borrion, A. (2020). The use of life cycle-based approaches in the food service sector to improve sustainability: a systematic review. *Sustainability*, 12(9), 3504.
- Thrane, M., Paulsen, P., Orcutt, M., & Krieger, T. (2017). Soy protein: Impacts, production, and applications. In *Sustainable protein sources* (pp. 23-45): Elsevier.
- Tubiello, F. N., Rosenzweig, C., Conchedda, G., Karl, K., Gütschow, J., Xueyao, P., . . . De Barros, J. (2021). Greenhouse gas emissions from food systems: building the evidence base. *Environmental Research Letters*, 16(6), 065007.
- van Zanten, H. H., Mollenhorst, H., de Vries, J. W., van Middelaar, C. E., van Kernebeek, H. R., & de Boer, I. J. (2014). Assessing environmental consequences of using co-products in animal feed. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 19, 79-88.
- Vanham, D., & Leip, A. (2020). Sustainable food system policies need to address environmental pressures and impacts: The example of water use and water stress. *Science of the Total Environment*, 730, 139151.

Yazarlar Hakkında / About Authors

**Dr. Öğr. Üyesi Aslıhan ÖZDEMİR | Hacettepe Üniversitesi |
aslihan.demir[at]hacettepe.edu.tr | ORCID: 0000-0003-3053-3089**

Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü'nden 2010 yılında mezun olmuştur. 2011-2014 yılları arasında Bakırköy Dr. Sadi Konuk Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde diyetisyen olarak görev yaptıktan sonra 2014 yılında Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak görev yapmaya başlamıştır. 2013 yılında yüksek lisansını, 2019 yılında doktorasını tamamlamıştır. Doktora eğitimi sırasında 5 ay süre ile (Eylül 2015-Ocak 2016) Chester Üniversitesi'nde misafir araştırmacı olarak bulunmuştur. 2023 yılı itibari ile Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü'nde Dr. Öğretim Üyesi olarak görev yapmaktadır. Genel çalışma konuları arasında toplu beslenme sistemleri, sürdürülebilirlik, besin güvenliği, obezite ve bağırsak mikrobiyotası yer almaktadır.

**Assist. Prof. Aslıhan ÖZDEMİR, PhD | Hacettepe University |
aslihan.demir[at]hacettepe.edu.tr | ORCID: 0000-0003-3053-3089**

She graduated from the Department of Nutrition and Dietetics, Faculty of Health Sciences at Hacettepe University in 2010. After working as a dietitian at Bakırköy Dr. Sadi Konuk Training and Research Hospital between 2011 and 2014, she started working as a research assistant at the Department of Nutrition and Dietetics at Hacettepe University Faculty of Health Sciences Department of Nutrition and Dietetics in 2014. She completed her master's degree in 2013 and her doctorate in 2019. During her doctoral education, she spent 5 months (September 2015-January 2016) as a visiting researcher at the University of Chester. As of 2023, she serves as an Assistant Professor at the Department of Nutrition and Dietetics, Faculty of Health Sciences, Hacettepe University. Her general research areas include food service systems, sustainability, food safety, obesity, and gut microbiome.

Prof. Dr. Zehra BÜYÜKTUNCER DEMİREL | Hacettepe Üniversitesi | zbtuncer[at]hacettepe.edu.tr | ORCID: 0000-0002-2039-8568

Prof. Dr. Zehra Büyüktuncer-Demirel, 2000 yılında Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Teknolojisi Yüksekokulu Beslenme ve Diyetetik Bölümü Lisans programından mezun olmuştur. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Diyetetik Yüksek Lisans Programını 2003 yılında, Beslenme ve Diyetetik Doktora Programını ise 2008 yılında tamamlamıştır. Prof. Dr. Zehra Büyüktuncer-Demirel, 2001 yılında araştırma görevlisi olarak başladığı Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü'nde 2011 yılında yardımcı doçent, 2012 yılında doçent, 2018 yılında profesör kadrosuna atanmıştır. Prof. Büyüktuncer-Demirel, 2008-2010 yıllarında İngiltere'de Chester Üniversitesi Klinik Bilimler Bölümünde öğretim görevlisi olarak çalışmış; 2019 – 2020 yıllarında Amerika Birleşik Devletleri'nde, Columbia Üniversitesi, Irving Medical Center ve Sleep Center of Excellence'da misafir araştırmacı olarak görev almıştır. Prof. Büyüktuncer-Demirel, sekiz yıldır Avrupa Diyetetik Dernekleri Federasyonu ve Uluslararası Diyetetik Dernekleri Konfederasyonu Türkiye delegesidir. Türkiye Bilimler Akademisi Gıda ve Beslenme Çalışma grubu üyesidir. Prof. Dr. Zehra Büyüktuncer-Demirel'in ilgi alanı beslenme bilimleri olup, fonksiyonel besinler, bağırsak mikrobiyotası, sirkadiyen ritim ve gen-diyet etkileşimleri konularında çalışmaktadır.

Prof. Dr. Zehra BÜYÜKTUNCER DEMİREL | Hacettepe University | zbtuncer[at]hacettepe.edu.tr | ORCID: 0000-0002-2039-8568

Prof. Zehra Buyuktuncer-Demirel graduated from Hacettepe University in 2000 with a BSc degree in Nutrition and Dietetics. She completed an MSc degree in Dietetics (2003) and a PhD degree in Nutrition and Dietetics (2008) at the Institute of Health Science, Hacettepe University. Prof. Büyüktuncer-Demirel was appointed as assistant professor in 2011, associate professor in 2012, and professor in 2018 at Hacettepe University Faculty of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics, where she started as a research assistant in 2001. Dr. Buyuktuncer-Demirel worked as a lecturer at University of Chester, Department of Clinical Sciences in the UK between 2008 and 2010. Also, she worked as a visiting researcher at Columbia University, Irving Medical Center and Sleep Center of Excellence in the United States at 2019 – 2020. Prof. Büyüktuncer-Demirel has been the Turkey delegate of the European Federation of the Associations of Dietitians, and the International Confederation of Dietetic Associations for eight years. She is a member of the Turkish Academy of Sciences Food and Nutrition Working Group. Her research interests different aspects of nutritional sciences including functional foods, gut microbiome, circadian rhythm and gene-diet interactions.

**ALTERNATİF GIDA KAYNAKLARI:
TÜKETİCİ KABULÜ VE
DUYUSAL YÖNDEN DEĞERLENDİRME –
DÜNYADAN VE ÜLKEMİZDEN ÖRNEKLER**

ALTERNATIVE FOOD SOURCES:
CONSUMER ACCEPTANCE AND
SENSORY EVALUATION –
GLOBAL AND LOCAL EXAMPLES

Senem Kamiloğlu Beştepe

Atıf Künyesi: Kamiloğlu Beştepe, S. (2024). Alternatif Gıda Kaynakları: Tüketici Kabulü ve Duyusal Yönden Değerlendirme. Şahin, K. (Ed.), *Alternatif Gıda Kaynakları* (s. 205-232) içinde. Ankara Basım Yayın

ALTERNATİF GIDA KAYNAKLARI: TÜKETİCİ KABULÜ VE DUYUSAL YÖNDEN DEĞERLENDİRME – DÜNYADAN VE ÜLKEMİZDEN ÖRNEKLER

Doç. Dr. Senem KAMILOĞLU BEŞTEPE

Bursa Uludağ Üniversitesi

Özet

Et tüketiminin azaltılması ve hayvansal kaynaklı proteinlerin daha fazla alternatif proteinlerle değiştirilmesi, çevre ve sağlıkla ilgili kaygıların yanı sıra aşırı nüfus artışı ve sınırlı protein hammadde riski nedeniyle gıda güvencesini sağlamak için de gereklidir. Bu çalışmada, farklı alternatif protein kaynakları ile tüketici kabulü üzerine yapılan araştırmalar (i) bitki bazlı süt ve et ürünleri alternatifleri, (ii) yapay et, (iii) böcek bazlı proteinler ve (iv) mikrobiyal proteinler ana başlıkları altında incelenmiştir. Yapılan birçok çalışma tüketicilerin alternatif protein kaynaklarını tüketmeyi tercih etme sebeplerinin başında; hayvan refahı, çevre duyarlılığı ve sağlıklı beslenme bilincinin yer aldığını göstermiştir. Yüksek oranda işlenmiş veya yapay olarak algılama, maliyet, bulunabilirlik ve duysal özellikler tüketicilerin alternatif protein kaynaklarını tüketmeyi tercih etmeme sebepleri arasında yer almaktadır. Gıda neofobisi ve iğrenme de özellikle böcek bazlı protein içeren gıdaların tercih edilmemesinin başlıca nedenleri arasındadır. Yapılan araştırmalar, tüketicilerin; yapay et, böcek bazlı gıdalar ve mikrobiyal proteinleri tüketme isteklerinin, bitki bazlı süt ve et ürünlerine kıyasla önemli ölçüde daha düşük olduğu ortaya koymuştur. Tüm bu bulgular alternatif protein kaynaklarının tüketiciler tarafından genel kabulünün hala daha düşük olduğuna işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler

*Bitki Bazlı Süt Ürünleri Alternatifleri, Bitki Bazlı Et İkameleri, Yapay Et,
Böcek Bazlı Proteinler, Mikrobiyal Proteinler*

ALTERNATIVE FOOD SOURCES: CONSUMER ACCEPTANCE AND SENSORY EVALUATION – GLOBAL AND LOCAL EXAMPLES

Assoc. Prof. Dr. Senem KAMILOĞLU BEŞTEPE

Bursa Uludag University

Abstract

Reducing meat consumption and replacing animal-derived proteins with more alternative proteins is necessary to ensure food security due to the risk of overpopulation and limited raw materials in addition to environmental and consumer health concerns. In this study, consumer research on different alternative protein sources was examined under 4 categories: (i) plant-based dairy and meat product alternatives, (ii) cultured meat, (iii) insect-based proteins and (iv) microbial proteins. Many studies have shown that animal welfare, environmental awareness and healthy nutrition are the main reasons why consumers prefer to consume alternative protein sources. Perceptions such as overprocessed or artificial raw material, cost, availability and sensory properties are among the major reasons why consumers do not prefer to consume alternative protein sources. Food neophobia, entomophagy and disgust are among the main reasons why foods containing insect-based proteins are not preferred. Overall, willingness to consume cultured meat, insect-based foods and microbial proteins was found to be significantly lower than plant-based dairy and meat alternatives. All these findings indicate that the general acceptance of alternative protein sources by consumers is still quite low in quantity.

Keywords

*Plant-Based Dairy Alternatives, Plant-Based Meat Substitutes, Cultured Meat,
Insect-Based Proteins, Microbial Proteins*

GİRİŞ

Çok sayıda çalışma, aşırı et tüketiminin insan ve çevre sağlığı açısından olumsuz etkileri olduğunu ve alternatif gıda kaynaklarına yönelmenin daha sürdürülebilir olduğunu göstermektedir (Bryant, 2022; Eckl vd., 2021; Rust vd., 2020). Tahminlere göre dünya nüfusu 2030 yılında yaklaşık 8,4–8,7 milyara, 2050 yılında ise 9–10 milyara ulaşacaktır. İlaveten, bireylerin ortalama yaşam süresinin 2045–2050 yıllarında 77 yıla kadar uzaması beklenmektedir. Dolayısıyla, et tüketiminin azaltılması ve hayvansal kaynaklı proteinlerin daha fazla alternatif proteinlerle değiştirilmesi, çevre ve sağlıkla ilgili kaygıların yanı sıra aşırı nüfus artışı ve sınırlı protein hammaddesi riski nedeniyle gıda güvenliğini sağlamak için de gerekmektedir (Siddiqui vd., 2022).

Son yıllarda tüketicilerin daha sürdürülebilir ve sağlıklı beslenmeye yönelmeye çalıştıkları görülmektedir. Bu araştırmanın amacı, daha sağlıklı ve sürdürülebilir beslenmeye geçiş için tüketicilerin alternatif gıda kaynaklarına olan bakış açılarını değerlendirmektir. Farklı alternatif protein kaynakları üzerine yapılan tüketici araştırmaları; (i) bitki bazlı süt ve et ürünleri alternatifleri, (ii) yapay et, (iii) böcek bazlı proteinler ve (iv) mikrobiyal proteinler olmak üzere 4 ana başlık altında incelenmiştir.

FARKLI ALTERNATİF PROTEİN KAYNAKLARI ÜZERİNE YAPILAN TÜKETİCİ ARAŞTIRMALARI

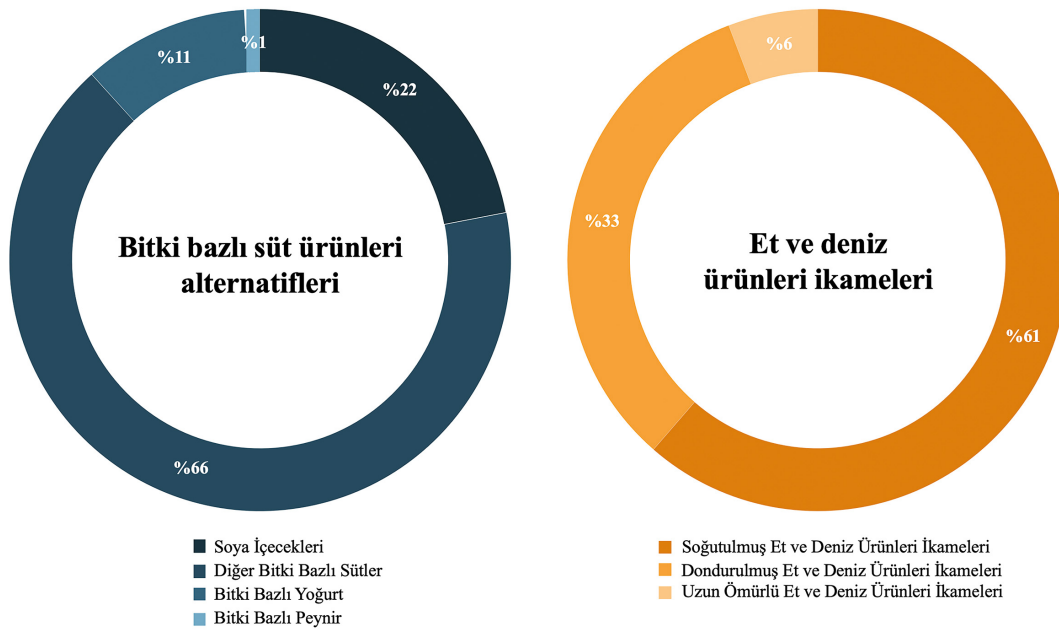
Bitki Bazlı Süt ve Et Ürünleri Alternatifleri

İnek sütü uzun yıllar besin değeri nedeniyle vazgeçilmez bir gıda olarak değerlendirilmiştir. Ancak son yıllarda laktoz intoleransı, alerji ve farklı yaşam tarzları nedeniyle bitki bazlı süt alternatiflerine olan talep artmıştır (Reyes-Jurado vd., 2023). Euromonitor verilerine göre %22’lik bir oranla soya içeceği Avrupa’da en yaygın olarak tüketilen bitki bazlı süt alternatifidir. Soya içeceğini %11’lik oranla bitki bazlı yoğurt alternatifleri takip etmektedir. Bitki bazlı peynir alternatifleri pazarın sadece %1’ine tekabül etmekle birlikte, geri kalan bölümü soya dışındaki diğer bitki bazlı içecekler oluşturmaktadır (Şekil 1). Tüketicilerin bitki bazlı süt ürünleri alternatiflerine olan eğilimleri ile ilgili çok sayıda güncel veri mevcuttur (Tablo 1).

Yapılan anket çalışmaları tüketicilerin bitki bazlı süt alternatifi ürünlerini çoğunlukla hayvan refahı ve çevre üzerine olumlu etkilerinden dolayı tüketmeyi tercih ettiklerini ortaya koymuştur (Rombach vd., 2023; Slade ve Markevych, 2023).

Şekil 1.

2022 verilerine göre Avrupa’da tüketilen süt ürünleri alternatifleri ve et ve deniz ürünleri ikameleri (Euromonitor International, 2023).



Sağlıklı beslenme tercihi de tüketicilerin bitkisel bazlı süt alternatiflerini tüketmeyi tercih etmelerinin ana etkenleri arasında yer almaktadır (Acquah vd., 2023; Çakır Biçer vd., 2023; Martínez-Padilla vd., 2023). Danimarka’da 341 katılımcı ile gerçekleştirilen bir çalışmada bitki bazlı süt içeceklerini doğal, sağlıklı, lezzetli veya besin değeri açısından inek sütüne eşit olarak algılayan katılımcıların bu ürünleri tüketmeyi tercih etmek istedikleri sonucuna ulaşılmıştır (Martínez-Padilla vd., 2023).

Tablo 1.*Bitki Bazlı Süt Ürünleri Alternatifleri İle İlgili Gerçekleştirilen Bazı Güncel Tüketici Anket Verileri*

Ülke(ler)	Katılımcı sayısı	Bulgular	Referans
ABD	486	• Hayvan refahını vurgulamak veganların ve diğer etik açıdan bilinçli tüketicilerin ilgisini çekmektedir. • Yeşil ve temiz ürün imajı hem veganlar hem de iklim bilincine sahip olan tüketiciler için önemlidir. • Gıda fiyatlarındaki enflasyonun tüketicilerin normal ürüne dönüşüne yol açabileceği öngörülmektedir.	Rombach vd. (2023)
Danimarka	341	• Yulaf içeceği katılımcılar tarafından en sık olarak tüketilen bitki bazlı süt alternatifidir. • Yulaf içecekleri kahve/çay veya yulaf lapası ile tüketilirken, soya içeceklerinin tek başına tüketilmesi tercih edilmektedir. • Bitki bazlı süt içeceklerini doğal, sağlıklı, lezzetli veya besin değeri açısından inek sütüne eşit olarak algılayan katılımcılar bu ürünleri tüketmeyi tercih etmektedir. • Bitki bazlı süt içeceklerini yüksek oranda işlenmiş veya yapay olarak algılayan katılımcılar ise bu ürünleri tüketmeyi tercih etmemektedir.	Martínez-Padilla vd. (2023)
Gana	120	• Sağlık ve beslenme bitkisel bazlı süt içeceklerini tüketmeyi tercih etmenin ana etkenleridir. • Tat, maliyet, bulunabilirlik ve kültür ise bitkisel bazlı süt içeceklerini tüketimin önündeki engellerdir. • Orta yaşlı yetişkinler sağlık nedenleriyle şekerli içecekleri tercih ederken, anneler çocukları için aromasız bitkisel bazlı süt alternatiflerini tercih etmektedir.	Acquah vd. (2023)
Kanada	902	• Süt alternatiflerini satın alan katılımcıların çoğu, süt alternatifleri mevcut olmadığında inek sütünü tüketme eğilimindedirler. • Hayvan refahı, çevre ve beslenme üzerine ek bilgilerin süt alternatiflerini tüketme tercihleri üzerindeki etkisinin önemli olmadığı görülmüştür.	Slade ve Markevych (2023)

Tablo 1 (devam).

Bitki bazlı süt ürünleri alternatifleri ile ilgili gerçekleştirilen bazı güncel tüketici anket verileri

Ülke(ler)	Katılımcı sayısı	Bulgular	Referans
Orta (Avusturya, Almanya), Batı (Belçika, Hollanda) ve Kuzey (Danimarka, İsveç) Avrupa	416–1829	• Bitki bazlı süt ve yoğurt kategorileri için tüketiciler, daha az yumuşak ve tatlı bir tada yönelik duyusal değişiklikler talebinde bulunmuşlardır. • Bitki bazlı süt ve yoğurt alternatifleri yüksek beğeni puanları alırken, bitki bazlı yarı sert peynir alternatifleri için düşük beğeni puanları rapor edilmiştir. • Bitki bazlı peynir alternatiflerinde daha az yapay tat ve koku istenmektedir.	Waehrens vd. (2023)
Türkiye	895	• Katılımcıların çoğu (kadınların %36,4’ü ve erkeklerin %72,7’si) bitkisel bazlı süt ürünlerini hiç tüketmediklerini bildirmiştir. • En sık tüketilen bitkisel bazlı süt ürünleri; badem sütü (%80,9), Hindistan cevizi sütü (%60,2) ve soya sütü (%51,2)’dür. • Tüketiciler, en sık “yağ içeriğinin daha iyi olması” nedeniyle bitki bazlı süt alternatiflerini tercih ettiklerini, tercihlerinde en çok diyetisyenlerin etkili olduğunu, bu ürünleri en sık süpermarketten ve çevrimiçi olarak satın aldıklarını belirtmişlerdir. • Bitki bazlı süt alternatiflerinin sağlığa yararlı olduğunu düşünme ve düzenli egzersiz yapma, bu ürünleri düzenli olarak tüketme olasılığını artırmaktadır.	Çakır Biçer vd. (2023)
Yeni Zelanda	113	• Bitki bazlı yoğurtların genel kabul edilebilirliğinin düşük olduğu görülmüştür. • Bitki bazlı yoğurtlar ile ilişkili duyusal sorunlar algılanan ekşilik (asitlik), topaklı görünüm ve beyaz olmayan renktir. • Vanilya aroması ve kremesi/pürüzsüz doku ise katılımcıların bitki bazlı yoğurtlarda beğendikleri duyusal özellikler olarak tespit edilmiştir.	Jaeger vd. (2023)

Bitki bazlı süt alternatifi ürünlerini yüksek oranda işlenmiş veya yapay olarak algılayan katılımcıların bu ürünleri tüketmeyi tercih etmedikleri görülmektedir (Martínez-Padilla vd., 2023). Maliyet ve bulunabilirlik de bitkisel bazlı süt alternatiflerinin tüketimin önündeki bazı engellerdendir (Acquah vd., 2023). Kanada’da 902 kişinin katılımı ile gerçekleştirilmiş olan bir tüketici anket çalışmasının sonuçları süt alternatiflerini satın alan katılımcıların çoğunun bu ürünler mevcut olmadığında inek sütünü tüketme eğiliminde olduklarına işaret etmiştir (Slade ve Markevych, 2023). Benzer şekilde ABD’de 486 katılımcı ile gerçekleştirilen başka bir çalışma da gıda fiyatlarındaki enflasyonun bitkisel bazlı süt alternatiflerini satın alan tüketicilerin normal ürüne dönüşüne yol açabileceği öngörülmüştür (Rombach vd., 2023).

Bitki bazlı alternatif süt ürünlerinin tüketiciler tarafından tercih edilmeme nedenlerinden bir diğeri de duyuşal beğenirliklerinin düşük olmasıdır. Orta (Avusturya, Almanya), Batı (Belçika, Hollanda) ve Kuzey (Danimarka, İsveç) Avrupa’da gerçekleştirilen kapsamlı bir anket çalışmasında tüketicilerin bitki bazlı süt ve yoğurtların daha az yumuşak ve daha tatlı olması yönünde duyuşal değişikliklerin yapılması talebinde bulundukları belirtilmiştir. Aynı çalışmada bitki bazlı peynir alternatiflerinde daha az yapay tat ve koku istendiği de ortaya koyulmuştur (Waehrens vd., 2023). Yeni Zelanda’da gerçekleştirilmiş olan başka bir çalışmada da bitki bazlı yoğurtlarda ekşilik (asitlik), topaklı görünüm ve beyaz renk olmaması ile ilişkili duyuşal sorunlar algılanmıştır (Jaeger vd., 2023).

Bitki bazlı et ikameleri, bitkilerden veya bitki kaynaklı bileşenlerden yapılan, gerçek etin tadını, kokusunu ve dokusunu taklit edecek şekilde üretilen gıdalardır (Bakr vd., 2023). Geleneksel olarak bu ürünlerin hazırlanmasında soya ve buğday proteinleri kullanılmaktadır. Kullanılan diğeri bazı protein kaynakları arasında çeşitli yağlı tohumlar (örneğin; kanola, ayçiçeği), tahıllar (örneğin; pirinç), ve baklagillerden (örneğin; acı bakla, fasulye, bezelye, mercimek) elde edilen proteinler bulunmaktadır. Beyond Meat® ve Impossible Foods™ gibi popüler bitki bazlı et ikameleri markaları da ürünlerinde tekstüre bitkisel proteinleri kullanmaktadır (Tyndall vd., 2022). Euromonitor verilerine göre Avrupa’da tüketilen et ve deniz ürünleri ikamelerinin %61’ini soğutulmuş, %33’ünü dondurulmuş ve %6’sını uzun ömürlü ürünler oluşturmaktadır (Şekil 1).

Tüketicilerin bitki bazlı et ikamelerine olan eğilimleri ile ilgili çok sayıda güncel çalışma mevcuttur (Tablo 2). Yapılan birçok çalışma bitki bazlı süt ürünleri alternatifleri için olduğu gibi hayvan refahı, çevre duyarlılığı ve sağlıklı beslenme bilincinin katılımcıların bitki bazlı et ikamelerini tüketmeyi tercih etme sebeplerinin başında yer aldığını göstermiştir (Chen vd., 2023; Chung vd., 2023; Jiang ve Farag, 2023; Ketelings vd., 2023; Wang vd., 2023).

Öte yandan, Kanada ve Kuveyt'te toplam 617 katılımcı ile gerçekleştirilen bir çalışmada diyetinde ağırlıklı olarak et ile beslenen tüketiciler için hayvan refahı ve sağlık bilincinin bitki bazlı et ikamelerine yönelik tutumlar üzerinde önemli bir etkisi olmadığı da görülmüştür (Bakr vd., 2023). Nitekim bitki bazlı et ikamelerini satın alan tüketicilerin çok büyük bir oranının bu ürünleri bulamadığında normal et de satın aldıkları tespit edilmiştir (Neuhofer ve Lusk, 2022).

Bitki bazlı et ikameleri hakkındaki bilgi ve önceden edinilen deneyimlerin tüketicilerin bu ürünleri satın alma istekliliğiyle pozitif olarak ilişkili olduğu belirtilmektedir (Chen vd., 2023). İsveç'te 483 katılımcı ile gerçekleştirilen bir araştırmada ağırlıklı olarak et ve balık tüketen katılımcıların tada, algılanan protein içeriğine ve tokluğa önem verdikleri, daha karma bir diyeti benimseyen katılımcıların ise tat, pişirme kolaylığı, sağlık, iklim değişikliği ve gıda ile iklim arasındaki bağlantıyı önemsedikleri görülmüştür (Spendrup ve Hovmalm, 2022).

Demografik yapının da tüketicilerin bitki bazlı et ikamelerine olan eğilimleri üzerinde önemli etkisi olduğu tespit edilmiştir. ABD'de geniş katılımlı bir çalışmanın sonuçları bitki bazlı et ikamelerini satın alan tüketicilerin genellikle genç, bekar, kadın, üniversite eğitimi almış, çalışan ve yüksek gelirli kişiler olduklarına işaret etmiştir (Neuhofer ve Lusk, 2022). Benzer şekilde Çin'de gerçekleştirilen çalışmalarda da daha iyi gelire ve eğitime sahip kadın tüketicilerin bitki bazlı et ikamelerini tüketme olasılıklarının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Jiang ve Farag, 2023; Wang vd., 2023). Özellikle yaşın en güçlü demografik belirleyici olduğu görülmektedir (Chen vd., 2023; Chung vd., 2023).

Bitki bazlı et ikamelerinin tüketiminin benimsenmesinin önündeki engeller arasında pek çok tüketici grubunun bu ürünleri yapay ve pahalı bulması yer almaktadır (Spendrup ve Hovmalm, 2022). Ete bağımlılık da bitki bazlı et ikamelerinin tüketiminin sınırlı olmasının nedenleri arasındadır (Bakr vd., 2023). Nitekim yıllar içerisinde bitki bazlı et ikamelerinin et endüstrisindeki pazar payındaki artışa rağmen, bu ürünleri satın alanların sayısında düşüş olduğu görülmektedir (Neuhofer ve Lusk, 2022).

Tablo 2.*Bitki Bazlı Et İkameleri İle İlgili Gerçekleştirilen Bazı Güncel Tüketici Anket Verileri.*

Ülke(ler)	Katılımcı sayısı	Bulgular	Referans
ABD	38966	• Bitki bazlı et ikamelerini satın alan tüketicilerin genellikle genç, bekar, kadın, üniversite eğitimi almış, çalışan ve yüksek gelirli kişiler oldukları tespit edilmiştir. • Katılımcıların yaklaşık %20'sinin en az bir kez, %12'sinin birden fazla bitki bazlı et ikamelerini satın aldığı görülmüştür. • Katılımcıların yaklaşık %3'ü sadece bitki bazlı et ikamelerini tüketmektedir. • Bitki bazlı et ikamelerini satın alan tüketicilerin yaklaşık %86'sı et de satın almaktadır. • Yıllar içerisinde bitki bazlı et ikamelerinin et endüstrisindeki pazar payındaki artışa rağmen, bu ürünleri satın alanların sayısı düşmektedir.	Neuhofer ve Lusk (2022)
Çin	1232	• Beslenme ve çevre üzerindeki olumlu etkiler katılımcıların bitki bazlı et ikamelerini tüketme isteğini arttırmaktadır. • Bitki bazlı et ikameleri hakkındaki bilgi, önceden edinilen deneyimler, eğitim, gelir düzeyi ve çocukların varlığı, tüketicilerin bu ürünleri satın alma istekliliğiyle pozitif olarak ilişkilidir. • Katılımcıların yaşı ise bitki bazlı et ikamelerini tüketme isteği ile ters orantılıdır.	Chen vd. (2023)
	1206	• Katılımcıların %60,1'i daha önce en az bir kere bitki bazlı et ikamesi tüketmiştir. • Daha önce hiç bitki bazlı et ikamesi tüketmeyen katılımcıların %41,9'u bu ürünü denemeyi, %31,4'ü satın almayı düşündüğünü belirtmiştir. • Sağlık bitki bazlı et ikamelerini satın alma niyetinin en güçlü tutumsal belirleyicisi iken, en güçlü demografik belirleyici yaş olarak tespit edilmiştir.	Chung vd. (2023)
	591	• Daha iyi gelire ve eğitime sahip tüketicilerin bitki bazlı et ikamelerini tüketme olasılıkları daha yüksektir. • Hayvan refahı, gıda güvenliği, sürdürülebilirlik ve duygusal faydalar bitki bazlı et ikamesi tüketimi için motive edici faktörlerdir. • Çevresel destek ve uygun satın alma koşulları, bitki bazlı et ikamelerinin satın alınmasını motive etme konusunda bilgi ve önceki deneyimlere ağır basmaktadır.	Jiang ve Farag (2023)

Tablo 2 (devam).

Bitki bazlı et ikameleri ile ilgili gerçekleştirilen bazı güncel tüketici anket verileri.

Ülke(ler)	Katılımcı sayısı	Bulgular	Referans
Çin	579	- Katılımcıların sırasıyla %85 ve %82'si bitki bazlı et ikamelerini yeme ve satın alma konusunda deneyimli olduklarını bildirmişlerdir. - Katılımcıların yarısından fazlası yeni gıdalar denemek istedikleri için (%58) ya da sağlıklı gıdalara ilgi duydukları için (%56) bitki bazlı et ikamelerini tükettiklerini belirtmişlerdir. - Kadınların, en az lisans diplomasına sahip olanların, daha yüksek gelire sahip olanların, dini inançları olanların ve diyet kısıtlamaları olanların bitki bazlı et burgerlerini satın alma olasılıklarının daha yüksek olduğu görülmüştür.	Wang vd. (2023)
Hollanda	120	- Bitki bazlı et ikameleri genellikle et ürünlerinden daha sağlıklı olarak algılanmaktadır. - Tüketicilerin bitki bazlı et ikamelerinin protein içeriğini et ürünlerine göre olduğundan fazla tahmin ettikleri tespit edilmiştir.	Ketelings vd. (2023)
İsveç	483	- Fleksiteryan diyeti benimseyen katılımcılar bitki bazlı et ikamesi ürünlere pozitif yaklaşıtlarını ve sürdürülebilir bulduklarını ifade etmişlerdir. - Tüm tüketici grupları bitki bazlı et ikamelerini daha modern, yapay ve pahalı bulmaktadırlar. - Ağırlıklı olarak et ve balık tüketen katılımcılar tada, algılanan protein içeriğine ve tokluğa önem verirken, daha karma bir diyeti benimseyen katılımcılar tat, pişirme kolaylığı, sağlık, iklim değişikliği ve gıda ile iklim arasındaki bağlantıyı önemsemektedirler.	Spendrup ve Hovmalm (2022)
Kanada ve Kuveyt	617	- Bitki bazlı et ikamelerinin tüketiminin artmasının önündeki engeller ete bağlılık ve öznel normlardır. - Et tüketen katılımcılar için hayvan refahı ve sağlık bilincinin bitki bazlı et ikamelerine yönelik tutumlar üzerinde önemli bir etkisi olmadığı görülmüştür. - Tüketiciler bitki bazlı et ikamelerini etten daha az sağlıklı bir alternatif olarak algılama eğilimindedir ve bu da gelecekte bitki bazlı et ikamelerinin benimsenmesine engel teşkil edebilecek bir faktördür.	Bakr vd. (2023)

Yapay Et

“*In vitro* et”, “temiz et” ya da “hücre kültürü bazlı et” olarak da adlandırılan “kültürlenmiş et” hayvanın yetiştirilmesine gerek kalmadan laboratuvar koşullarında hücre kültüründen elde edilen et olarak tanımlanmaktadır (Piochi vd., 2022). “Yapay et” olarak adlandırılan ifade, her ne kadar Amerikan Et Bilimi Derneği’nin tanımına göre uygun olarak nitelendirilmese de bilimsel yayınlarda kültürlenmiş et yerine hala en yaygın kullanılan ifadelerden biridir (Hocquette vd., 2022). Yapay et üretim sisteminin genel süreci beş aşamayı içermektedir: (i) doku numunesinin toplanması (örneğin, canlı hayvan, tavuk, balık), (ii) hücre bankacılığı, (iii) büyüme, (iv) hasat ve (v) gıda işleme (Broucke vd., 2023).

2011 yılında ortaya çıkan yapay et hâlâ oldukça genç bir teknoloji olup, ekonomik açıdan ve biyoproses ile ilgili birçok zorlukla karşı karşıya kalmıştır (Hubalek vd., 2022). 2013 yılında, Londra’da bir duyuşal panelde pişirilmiş ve tadına bakılmış olan dünyanın ilk yapay et bazlı burger köftesinin (yaklaşık 142 g) tahmini maliyeti 330.000 Amerikan dolarından (yani 2324 Amerikan doları/g) fazla olmuştur. Günümüzde ise 100’den fazla ticari firmanın yapay et üzerinde çalışmasıyla üretim maliyeti yaklaşık 15 Amerikan doları/kg’a düşürülmüştür (Chen vd., 2022). Bununla birlikte, Aralık 2020’de, Kaliforniyalı startup Eat Just firması tarafından üretilen yapay bir tavuk ürünü (bitkisel proteinler ile hibritleştirilmiş %70 yapay tavuk hücreleri) güvenli tüketim ve ticari satış için ilk yapay et ürünü olarak Singapur’da piyasaya sürülmek üzere onay almıştır (Ye vd., 2022).

Son yıllarda yapay etin tüketici kabulü üzerine çok sayıda araştırma gerçekleştirilmiştir. Tablo 3’te yapay et ile ilgili gerçekleştirilen bazı güncel tüketici anket verileri yer almaktadır. Çin’de 1532 katılımcı ile gerçekleştirilen bir ankete göre katılımcıların %70’i “yapay et” kelimesini duymuş olmasına rağmen büyük çoğunluğu daha önce “kültürlenmiş et” terimini duymadıklarını belirtmiştir (Li vd., 2023). Benzer şekilde, Kamerun, Kongo, Demokratik Kongo Cumhuriyeti, Gana, Fildişi Sahili, Kenya, Fas, Nijerya, Senegal, Güney Afrika, Tanzanya ve Tunus’u içeren toplam 12 Afrika ülkesinde 12000’den fazla katılımcı ile gerçekleştirilen başka bir tüketici anketinde de katılımcıların %64’ü “yapay et” kelimesini daha önce duydıklarını belirtmişlerdir (Kombolo Ngah vd., 2023). Türkiye’de üniversite öğrencileri ile gerçekleştirilen bir anket sonuçları ise katılımcıların neredeyse yarısının “yapay et” kavramını duymadığını ortaya koymuştur (Ede ve Yalçın, 2023). Hem Avrupa’da hem Çin’de gerçekleştirilen çalışmalarda “kültürlenmiş” ifadesinin “yapay” ve “laboratuvarda yetiştirilen” ifadelerine kıyasla daha az sevimsiz bulunduğunu ortaya konulmuştur (Asioli vd., 2023; Li vd., 2023). Tüm bu bulgular “kültürlenmiş et” teriminin tüketiciler tarafından bilinirliğinin hala düşük olduğuna işaret etmektedir.

Tablo 3'te belirtilen 12 Afrika ülkesinden katılımcılar ile gerçekleştirilen ankette elde edilen bulgulardan bir diğeri de katılımcıların çok düşük bir oranının (%9) yapay eti denemeye istekli olmasıdır (Kombolo Ngah vd., 2023). Öte yandan, Çin, İtalya, Portekiz, İspanya ve Türkiye'deki tüketicilerin yapay eti deneme amaçlı tüketmeyi isteme oranları çok daha yüksek olarak tespit edilmiştir (%44–66) (Ede ve Yalçın, 2023; Li vd., 2023; Liu vd., 2023). Bununla birlikte, yapay eti denemeye istekli olan katılımcıların bu ürünü düzenli olarak tüketmeye yanaşmadığı görülmektedir (Liu vd., 2023). Demografik yapının yapay eti tüketme istediği üzerine etkisinin olduğu görülmektedir. Daha varlıklı ve eğitim düzeyi yüksek ülkelerden olan katılımcıların yapay eti denemeye ve satın almaya daha istekli olduğu görülmektedir (Kombolo Ngah vd., 2023). Yine yapılan çalışmalarda genç (18-30 yaş aralığı) ve erkek katılımcıların yapay eti tüketme istediklerinin daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Katılımcıların meslekleri de yapay ete olan yaklaşımları üzerinde etkili bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda, et sektöründe çalışanların düzenli olarak yapay et tüketimi yapmak istemedikleri görülmektedir (Liu vd., 2023).

Türkiye'de gerçekleştirilmiş anket çalışmaları katılımcıların yapay eti tüketmek istememe nedenlerinin başında bu ürünü sağlıklı ve güvenilir bulmamalarının geldiğini ortaya koymuştur (Baybars vd., 2023; Ede ve Yalçın, 2023). Geleneksel etten daha çevre dostu, etik, güvenli ve sağlıklı olması motivasyon kaynağı olarak görülse de, bu faktörler yapay ete yönelik tüketici desteğini sınırlı oranda artırabilmiştir (Li vd., 2023; Liu vd., 2023). Öte yandan Çek Cumhuriyeti'nde Z ve Y kuşağına ait toplam 740 katılımcı ile gerçekleştirilen bir çalışma Z kuşağının, Y kuşağına kıyasla yapay eti geleneksel etten daha sağlıklı bulduğunu ve yapay et tüketiminin insan sağlığı üzerindeki sonuçları konusunda daha az endişe duyduğunu bildirilmiştir (Pilařová vd., 2023). Yapay etin maliyeti anket katılımcılarının bu ürünü tüketmeyi tercih etmeme sebeplerinden bir diğeridir. Farklı ülkelerde yapılan anket sonuçları katılımcıların büyük çoğunluğunun yapay ete geleneksel etten daha fazla ödemeye istekli olmadığını göstermektedir (Kombolo Ngah vd., 2023; Liu vd., 2023).

Sonuç olarak yapılan tüketici anketleri yapay ete yönelik genel tutumun bitki bazlı et ikamelerine kıyasla önemli ölçüde daha düşük olduğunu ortaya koymaktadır (Antoniak vd., 2022; van Dijk vd., 2023). Dolayısıyla tüketicilerin yüksek bir oranının (%33–39) gelecek için yapay eti bir alternatif olarak kabul etmeye hazır olmadıklarını görülmektedir (Ede ve Yalçın, 2023; Kombolo Ngah vd., 2023).

Tablo 3.*Yapay Et İle İlgili Gerçekleştirilen Bazı Güncel Tüketici Anket Verileri.*

Ülke(ler)	Katılımcı sayısı	Bulgular	Referans
12 Afrika ülkesi	>12,000	- Katılımcıların %64'ü "yapay et" kelimesini daha önce duymuştur. - Çoğunluğu 31-50 yaş arası erkekler olmak üzere katılımcıların %9'u yapay eti denemeye isteklidir. - Katılımcıların %31'i yapay etin kırsal yaşamı olumsuz etkileyeceğini düşünmektedir. - Katılımcıların %33'ü gelecek için yapay eti bir alternatif olarak kabul etmeye hazır değildir. - Daha varlıklı ve eğitim düzeyi yüksek ülkelerden olan katılımcılar yapay eti denemeye ve satın almaya daha isteklidir. - Katılımcıların büyük çoğunluğu yapay ete geleneksel etten daha fazla ödemeye istekli değildir.	Kombolo Ngah vd. (2023)
Çek Cumhuriyeti	740	- Z kuşağı, Y kuşağına kıyasla yapay eti geleneksel etten daha sağlıklı bulmaktadır ve yapay et tüketiminin insan sağlığı üzerindeki sonuçları konusunda daha az endişe duymaktadır. - Etik, ekolojik, sağlık ve güvenlik faktörleri Z kuşağının yapay et tüketme isteklerini önemli ölçüde etkilemektedir.	Pilarova vd. (2023)
Çin	1532	- Katılımcıları %70'i "yapay et" kelimesini duymuş olmasına rağmen büyük çoğunluğu daha önce "kültürlenmiş et" terimini duymamıştır. "Kültürlenmiş et" teriminin "yapay et" ifadesine kıyasla daha az sevimsiz olduğunu düşünülmektedir. - Katılımcıların %44'ü yapay eti denemeye istekli olup, %32'sinin satın alma olasılığı yüksektir. - Üretim sürecine ilişkin tarafsız bilgilerin aktarılması yapay ete yönelik tüketici desteğini sınırlı oranda artırmıştır.	Li vd. (2023)
Hollanda ve Finlandiya	376	Katılımcıların yapay ete yönelik genel tutumu bitki bazlı et ikamelerine kıyasla önemli ölçüde daha düşüktür.	Van Dijk vd. (2023)

Tablo 3 (devam).

Yapay et ile ilgili gerçekleştirilen bazı güncel tüketici anket verileri.

Ülke(ler)	Katılımcı sayısı	Bulgular	Referans
İtalya, Portekiz ve İspanya	2171	Katılımcıların yapay ete karşı tutumları şu şekilde tespit edilmiştir: • %49'u yapay eti kabul edilebilir, %23'ü merak uyandırıcı ve %29'u tiksindirici bulmaktadır. • %66'sı yapay eti denemeye isteklidir. • %43'ü düzenli olarak tüketmek istememektedir. • %94'ü yapay ete geleneksel etten daha fazla ödemeye isteksizdir. • En yüksek kabul oranı 18-30 yaş aralığındaki katılımcılardadır. • Et sektöründe çalışanlar düzenli olarak tüketim yapmak istememektedir. • Erkeklerin kabul oranı kadınlara göre daha yüksektir. • İspanyol katılımcıların kabul oranı diğer ülkelerden daha yüksektir. • Düzenli tüketim için motivasyon kaynakları geleneksel etten daha çevre dostu, etik, güvenli ve sağlıklı olmasıdır.	Liu vd. (2023)
Türkiye	417	• Katılımcılar yapay etin etik, doğal, sağlıklı, lezzetli ve güvenli olmadığını düşünmektedirler. • Katılımcılar yapay eti düzenli tüketmek bir yana, denemek dahi istemediklerini belirtmişlerdir.	Baybars vd. (2023)
	140	Katılımcıların yapay ete karşı tutumları şu şekilde tespit edilmiştir: • %46'sı bu kavramı duymamıştır. • %53'ü yenilebilir bulmamaktır. • %65'i deneme amaçlı tüketebileceğini belirtmiştir. • %15'i gerçekçi bulmuştur. • %63'ü sağlıklı ve güvenilir bulmamaktadır. • %57'si besin değerinin daha düşük olduğunu düşünmektedir. • %39'u gelecekte et ihtiyacını karşılayabileceğini düşünmektedir. • %69'u ticari bir girişim olduğunu düşünmektedir. • %37'si dini açıdan değerlendirilmesi gerektiğini düşünmektedir. • %59'u Türk mutfağındaki yemeklerin yapay et ile hazırlanmasının sürdürülebilir olmadığını belirtmiştir.	Ede ve Yalçın (2023)

Böcek Bazlı Proteinler

Entomofaji böcek yeme alışkanlığı olarak tanımlanmaktadır. Pek çok kültürde, özellikle Sahra altı Afrika’da, güney ve güneydoğu Asya’da ve Latin Amerika’da böcekler yüzyıllardır tüketilmektedir. Yenilebilir böcek türleri arasında tırtıllar, arılar, karıncalar, çekirgeler, un kurtları ve cırcır böcekleri yer almaktadır (Penedo vd., 2022). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü’nün “Yenilebilir Böcekler: Gıda ve Yem Güvenliği İçin Gelecekteki Beklentiler” raporu bilim camiasından ve popüler basından büyük ilgi görmüştür (Mancini vd., 2022; van Huis vd., 2022). Yakın zaman önce Avrupa’da bazı yenilebilir böcek türlerinin gıdalarda belirli miktarlarda kullanımının onaylanmasının ardından böcek bazlı gıdalar ile ilgili çalışmaların sayısı oldukça artmıştır (Delgado vd., 2023). Tablo 4’te böcek bazlı gıdaların tüketici kabulü ile ilgili bazı güncel anket verileri yer almaktadır.

Yapılan tüketici anketleri gıda neofobisi ve iğrenmenin bütün ve işlenmiş böcekleri deneme istediğini olumsuz yönde etkileyen faktörlerin başında geldiğini göstermektedir (Sogari vd., 2023). Gıda neofobisinin böcek yemeyi deneyimleme ve tekrarlama ile azalacağı öne sürülmektedir (Hopkins vd., 2023; Ordoñez López vd., 2023). Almanya’da 422 katılımcı ile gerçekleştirilen bir çalışmada cırcır böceği görüntülerinin iğrenmeyi artırdığı tespit edilmiştir. Protein içeriği ve sürdürülebilirliğe ilişkin iddiaların olumsuz bakış üzerinde etkisinin sınırlı olmakla birlikte ambalaj üzerindeki tanıdık içeriklerin görselleri ve şeffaf pencerelerin iğrenmeyi azaltmada etkili olduğu bildirilmiştir (Naranjo-Guevara vd., 2023). Çin’de 968 kişi ile tüketicilerin sporcu proteinlerine alternatif olarak böcek proteinli gıdaları satın alma niyeti üzerine yapılan bir çalışmada da böceklerle etkin temas ve paketleme optimizasyonunun böcek proteini içeren gıdalara karşı olan korku ve reddedişin üstesinden gelmeye yardımcı olacağı öne sürülmüştür (Ren vd., 2023).

Demografik yapının böcek bazlı gıdaları tüketme eğilimi üzerine etkisinin olduğu görülmektedir. Toplam 3006 kişinin katılımı ile gerçekleştirilen bir çalışma Meksika ve Çin gibi entomofaji geleneğine sahip ülkelerde, Belçika, İtalya ve ABD gibi bu geleneğe sahip olmayan ülkelere kıyasla, diyetle bütün veya işlenmiş un kurtlarını dahil edilmesi daha yüksek oranda kabul görmüştür. Yine entomofaji geleneğine sahip olmayan ülkelerde genç katılımcıların diyetlerinde işlenmiş un kurtları kabul etmeye daha açık oldukları görülmektedir (Tzompa-Sosa vd., 2023). Benzer şekilde Yeni Zelanda’da 1322 kişinin dahil olduğu başka bir çalışmada da genç katılımcıların böcekleri tüketme isteğinin daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Payne vd., 2023). İlâveten, bu çalışmalarda erkek katılımcıların böcekleri tüketme isteğinin kadınlardan daha yüksek olduğu da tespit edilmiştir (Payne vd., 2023; Tzompa-Sosa vd., 2023).

Tablo 4.

Böcek Bazlı Proteinler İle İlgili Gerçekleştirilen Bazı Güncel Tüketici Anket Verileri.

Ülke(ler)	Katılımcı sayısı	Bulgular	Referans
Almanya	422	• Ambalaj üzerindeki tanıdık içeriklerin görselleri ve şeffaf pencereler iğrenmeyi azaltmada etkilidir. • Organik ve spesifik mühürlerin varlığı, varsayılan gıda güvenliğini önemli ölçüde artırmaktadır. • Protein içeriği ve sürdürülebilirliğe ilişkin iddialar daha az etkilidir. • Kriket görüntülerinin iğrenmeyi artırmada önemli bir etkisi olmuştur.	Naranjo-Guevara vd. (2023)
Avustralya	601	• Gıda neofobisi ile katılımcıların vegan veya vejetaryen diyeti gibi diyet seçimleri arasında bir ilişki görülmüştür. • Gıda neofobisinin, böcek yemeyi deneyimleme ile azaldığı tespit edilmiştir. • Gelecekte böcek tüketme isteğindeki azalışın da gıda neofobisi ile ilişkili olduğu görülmüştür.	Hopkins vd. (2023)
Belçika, Çin, İtalya, Meksika ve ABD	3421	• Gıda neofobisi ve iğrenme, bütün ve işlenmiş böcekleri deneme istediğini olumsuz yönde etkilemektedir. • Daha önce böcek tüketmeyi deneyimlemiş katılımcılarda iğrenmenin azaldığı ve olumlu bir deneyimin hem bütün hem de işlenmiş böcek tüketim istediğini arttırabileceği öne sürülmüştür.	Sogari vd. (2023)
	3006	• Erkekler un kurtlarını denemeyi kadınlardan daha yüksek oranda kabul etmiştir. • Entomofaji geleneğine sahip ülkeler (Meksika ve Çin), bu geleneğe sahip olmayan ülkelere (Belçika, İtalya ve ABD) kıyasla, diyetle bütün veya işlenmiş un kurtlarını dahil etmeyi daha yüksek oranda kabul etmişlerdir. • Tüketici kabulü Meksika'da bilgilendirmeden ve Çin'de yaştan etkilenmiştir. • Entomofaji geleneğine sahip olmayan ülkelerde gençlerin (<42) diyetlerinde işlenmiş un kurtlarını kabul etmeye daha açık olduğu görülmüştür. • Tüm katılımcı ülkelerde işlenmiş un kurtlarının kabulü, bütün un kurtlarına kıyasla daha yüksek olarak tespit edilmiştir.	Tzompa-Sosa vd. (2023)

Tablo 4 (devam).*Böcek bazlı proteinler ile ilgili gerçekleştirilen bazı güncel tüketici anket verileri.*

Ülke(ler)	Katılımcı sayısı	Bulgular	Referans
Çin	968	- Algılanan değer, böcek içeren gıdaları satın alma isteğini etkileyen en önemli faktörlerden biridir. - Algılanan değer, satın alma niyeti üzerinde doğrudan etkisi bulunmaktadır. - Memnuniyetin artışının, sporcu proteini tüketenlerin böcek proteini alternatiflerini satın alma isteklerinin önemli ölçüde artırabileceği öne sürülmüştür. - Böceklerle etkin temas, gıda işleme tekniklerinin çeşitlendirilmesi ve paketlemenin optimizasyonu böcek proteinlerine karşı olan korku ve reddedişin üstesinden gelmeye yardımcı olacaktır.	Ren vd. (2023)
Fransa	617	- Çevresel sürdürülebilirlik ve besin değeri, entomofajinin ana motivasyon kaynakları olarak belirlenmiştir. - Yabancılaşma ve iğrenme, entomofajinin önündeki temel engeller olarak ortaya çıkmaktadır. - Entomofajiye aşinalığın artırılması ve tekrarlı olarak maruz kalmak gıda neofobisini ve iğrenme duyarlılığında azalış sağlayacaktır.	Ordoñez López vd. (2023)
İngiltere	248	Çevre üzerine etkileri konusunda bilgilendirme katılımcıların kricket içeren sosislere daha yüksek puan vermesine yol açmıştır.	Michel ve Begho (2023)
Yeni Zelanda	1322	- Erkek katılımcıların böcekleri tüketme isteği kadınlardan daha yüksektir. - Genç (<56) katılımcıların böcekleri tüketme isteği daha yüksektir. - Katılımcıların %60'ından fazlası böcekleri sağlıklı yaşam için kapsül gibi kabul edilebilir bir formda düzenli olarak tüketebileceklerini belirtmişlerdir. - Katılımcılar, böcek tüketiminin diğer protein kaynaklarına kıyasla çevresel faydalarının farkında olmakla beraber, potansiyel sağlık yararları konusunda daha az bilgiye sahiptirler.	Panye vd. (2023)

Böceklerin tüketim formu anket katılımcılarının entomofajiye bakış açısını etkileyen faktörlerden bir diğeridir. Yapılan çalışmalar işlenmiş böceklerin bütün böceklere kıyasla tüketici kabulünün daha yüksek olduğuna işaret etmektedir (Tzompa-Sosa vd., 2023). Benzer şekilde, tüketiciler böcekleri sağlıklı yaşam için kapsül gibi kabul edilebilir bir formda düzenli olarak tüketebileceklerini belirtmektedirler (Payne vd., 2023).

Besin değerine ilaveten, çevresel sürdürülebilirlik entomofajinin bir diğer motivasyon kaynağı olarak görülmektedir (Ordoñez López vd., 2023). İngiltere’de 248 katılımcı ile gerçekleştirilen bir çalışmada böcek bazlı gıdaları tüketmenin çevre üzerine etkileri konusunda bilgilendirmenin kriket içeren sosislere daha yüksek puan vermesine yol açtığı tespit edilmiştir (Michel ve Begho, 2023). Yeni Zelanda’da gerçekleştirilmiş başka bir çalışmada anket katılımcılarının böcek tüketiminin diğer protein kaynaklarına kıyasla çevresel faydalarının farkında olmakla beraber, potansiyel sağlık yararları konusunda daha az bilgiye sahip oldukları görülmüştür (Payne vd., 2023). Dolayısıyla, çevresel sürdürülebilirlik ve besin değerinin vurgulanmasının gelecekte böcek bazlı gıdaların tüketilmesinin teşvik edilmesinde faydalı olacağı düşünülmektedir.

Mikrobiyal Proteinler

Gıda ve yem olarak kullanılan bakteri, maya, mantar ve alg gibi mikroorganizmaların kurutulmuş hücreleri topluca “mikrobiyal protein” olarak bilinmektedir. “Mikrobiyal protein” terimi yerine tek veya iplikli hücrelerde çeşitli mikroorganizmaların büyümesini belirten “tek hücreli protein” teriminin kullanımı da yaygındır. Öte yandan “tek hücreli protein” terimi sıkça lipitler ve karbonhidratlar gibi protein olmayan bileşenleri de içeren yenilebilir mikrobiyal biyokütleyi bir bütün olarak tanımlamak için de kullanılmaktadır (Can Karaca vd., 2023).

Mikrobiyal proteinler ile ilgili yürütülmüş olan tüketici kabul araştırmalarının, bitki-bazlı protein alternatifleri, yapay et ve böcek bazlı gıdalara kıyasla daha sınırlı olduğu görülmektedir. Yapılan çalışmaların büyük çoğunluğu tüketicilerin mikroalg bazlı gıdaları satın alma isteğine yöneliktir (Maehle ve Skjeret, 2022; Mellor vd., 2022; Van der Stricht vd., 2023). Norveç’te 1011 katılımcı ile gerçekleştirilen çevrimiçi anket sonuçları çevresel kaygıların tüketicilerin mikroalg bazlı gıdalara yönelik tutumları ve satın alma niyetleri üzerinde önemli derecede olumlu etkiye sahip olduğunu göstermiştir (Maehle ve Skjeret, 2022). İngiltere’de daha sınırlı sayıda katılımcı ile gerçekleştirilmiş olan bir başka çalışmada tüketicilerin alglerin gıda kaynağı olduğuna dair önceden var olan bilgilerinin sınırlı olduğu görülmüştür. Ancak katılımcıların alg tüketme fikrine açık olduğu ve alg tüketim kabulünün algılanan yenilik, yenilebilirlik, sağlık, sürdürülebilirlik ve uygun fiyat gibi çeşitli ürün özelliklerinden etkilendiği belirtilmiştir (Mellor vd., 2022). Hollanda, Almanya, Macaristan, İspanya ve İtalya’da gerçekleştirilen daha güncel başka bir çalışmada mikroalg proteinli makarna ambalajı üzerinde yer alan bilgilerin katılımcıların satın alma isteklerini etkilediği görülmüştür (Van der Stricht vd., 2023).

Mikroalg proteinlerine ilaveten, mantar bazlı bir et alternatifi olan mikoproteinlerin tüketici kabulüne ilişkin bazı çalışmalar da bulunmaktadır (Chezan vd., 2022; Dean vd., 2022). İngiltere, Pakistan, Çin, ABD, Fransa, Yeni Zelanda, Hollanda, Meksika,

Brezilya, Endonezya, İspanya ve Dominik Cumhuriyeti'ni içeren oldukça geniş bir coğrafyada 4488 kişinin katılımı ile gerçekleştirilmiş güncel bir çalışmanın sonuçları mikoproteinleri tüketme isteğinin en büyük etmeninin sağlık olduğunu göstermiştir. Bunu sırasıyla besinsel faydalar, güvenli beslenme ve sürdürülebilirlik takip etmiştir. Katılımcı profili bazında bakıldığında erkekler ve omnivorlar için mikoproteinleri tüketmeyi teşvik eden faktörlerin başında sağlık gelirken, kadınlar için besinsel faydalar, vejetaryenler ve esnek beslenenler için güvenli tüketim başlıca faktörler olarak tespit edilmiştir (Dean vd., 2022). Başka bir çalışmada genç katılımcıların mikoproteinlere yaklaşımının daha olumlu olduğu görülmüştür. Benzer şekilde, şehirde yaşayanların kırsalda ikamet edenlere kıyasla mikoprotein tüketimine daha pozitif yaklaştığı belirtilmiştir. Elde edilen niteliksel veriler ışığında mikoprotein kabulünde duyuşal özelliklerin en önemli faktör olduğu ileri sürülmüştür (Chezan vd., 2022). Tüm bu bulgular mikrobiyal proteinlerin genel kabulünün hala oldukça düşük olduğuna işaret etmektedir.

SONUÇ

Bu çalışmada bitki bazlı süt ve et ürünleri alternatifleri, yapay et, böcek bazlı proteinler ve mikrobiyal proteinler üzerine yapılmış güncel tüketici araştırmaları incelenmiştir. Yapılan birçok çalışma hayvan refahı, çevre duyarlılığı ve sağlıklı beslenme bilincinin tüketicilerin alternatif protein kaynaklarını tüketmeyi tercih etme sebeplerinin başında yer aldığını göstermiştir. Demografik yapıya bakıldığında ise, genç ve eğitim düzeyi yüksek tüketicilerin alternatif protein kaynaklarını denemeye ve satın almaya daha istekli olduğu görülmektedir. Kadınlar bitki bazlı süt ve et ürünleri alternatiflerini tüketmeye daha yatkın olmakla beraber, yapay et ve böcek bazlı protein içeren gıdalar için erkeklerin tüketim isteklerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yüksek oranda işlenmiş veya yapay olarak algılama, maliyet, bulunabilirlik ve duyuşal özellikler tüketicilerin alternatif protein kaynaklarını tüketmeyi tercih etmeme sebepleri arasında yer almaktadır. Gıda neofobisi ve iğrenme de özellikle böcek bazlı protein içeren gıdaların tercih edilmemesinin başlıca nedenleri arasındadır. Genel olarak yapay et, böcek bazlı gıdalar ve mikrobiyal proteinlere yönelik tutumun bitki bazlı süt ve et ürünleri alternatiflerine kıyasla önemli ölçüde daha düşük olduğunu ortaya koyulmuştur. Tüm bu bulgular alternatif protein kaynaklarının tüketiciler tarafından genel kabulünün hala daha düşük olduğuna işaret etmektedir.

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Acquah, J. B., Amissah, J. G. N., Affrifah, N. S., Wooster, T. J., & Danquah, A. O. (2023). Consumer perceptions of plant based beverages: The Ghanaian consumer's perspective. *Future Foods*, 7, 100229. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2023.100229>
- Antoniak, M. A., Szymkowiak, A., & Pepliński, B. (2022). The Source of Protein or Its Value? Consumer Perception Regarding the Importance of Meat(-like) Product Attributes. *Applied Sciences*, 12(9), 4128. <https://doi.org/10.3390/app12094128>
- Asioli, D., Banovic, M., Barone, A. M., Grasso, S., & Nayga, R. M. (2023). European consumers' valuation for hybrid meat: Does information matter? *Applied Economic Perspectives and Policy*, 45(1), 44–62. <https://doi.org/10.1002/aecpp.13283>
- Bakr, Y., Al-Bloushi, H., & Mostafa, M. (2023). Consumer Intention to Buy Plant-Based Meat Alternatives: A Cross-Cultural Analysis. *Journal of International Consumer Marketing*, 35(4), 420–435. <https://doi.org/10.1080/08961530.2022.2122103>
- Baybars, M., Ventura, K., & Weinrich, R. (2023). Can in vitro meat be a viable alternative for Turkish consumers? *Meat Science*, 201, 109191. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109191>
- Broucke, K., Van Pamel, E., Van Coillie, E., Herman, L., & Van Royen, G. (2023). Cultured meat and challenges ahead: A review on nutritional, technofunctional and sensorial properties, safety and legislation. *Meat Science*, 195, 109006. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.109006>
- Bryant, C. J. (2022). Plant-based animal product alternatives are healthier and more environmentally sustainable than animal products. *Future Foods*, 6, 100174. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100174>
- Çakır Biçer, N., Baş, D., Seçkiner, S., Kahrıman, M., & Baş, M. (2023). Evaluation of Consumers' Perceptions and Purchase Decisions Regarding Plant-Based Milk Alternatives in Turkey. *Izmir Democracy University Health Sciences Journal*, 6(1), 82–102. <https://doi.org/10.52538/iduhs.1215432>
- Can Karaca, A., Nickerson, M., Caggia, C., Randazzo, C. L., Balange, A. K., Carrillo, C., Gallego, M., Sharifi-Rad, J., Kamiloglu, S., & Capanoglu, E. (2023). Nutritional and Functional Properties of Novel Protein Sources. *Food Reviews International*, 39(9), 6045–6077. <https://doi.org/10.1080/87559129.2022.2067174>
- Chen, B., Zhou, G., & Hu, Y. (2023). Estimating consumers' willingness to pay for plant-based meat and cultured meat in China. *Food Quality and Preference*, 111, 104962. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2023.104962>
- Chen, Y. P., Feng, X., Blank, I., & Liu, Y. (2022). Strategies to improve meat-like properties of meat analogs meeting consumers' expectations. *Biomaterials*, 287, 121648. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2022.121648>

- Chezan, D., Flannery, O., & Patel, A. (2022). Factors affecting consumer attitudes to fungi-based protein: A pilot study. *Appetite*, 175, 106043. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2022.106043>
- Chung, J. Y., Bryant, C. J., & Asher, K. E. (2023). Plant-based meats in China: a cross-sectional study of attitudes and behaviours. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 36(3), 1090–1100. <https://doi.org/10.1111/jhn.13092>
- Dean, D., Rombach, M., Koning, W. de, Vrieskoop, F., Satyajaya, W., Yuliandari, P., Anderson, M., Mongondry, P., Urbano, B., Luciano, C. A. G., Hao, W., Eastwick, E., Achirimbi, E., Jiang, Z., Boereboom, A., Rashid, F., Khan, I., Alvarez, B., & Aguiar, L. K. (2022). Understanding Key Factors Influencing Consumers' Willingness to Try, Buy, and Pay a Price Premium for Mycoproteins. *Nutrients*, 14(16), 3292. <https://doi.org/10.3390/nu14163292>
- Delgado, L., Garino, C., Moreno, F. J., Zagon, J., & Broll, H. (2023). Sustainable Food Systems: EU Regulatory Framework and Contribution of Insects to the Farm-To-Fork Strategy. *Food Reviews International*, 39(9), 6955–6976. <https://doi.org/10.1080/87559129.2022.2130354>
- Eckl, M. R., Biesbroek, S., van't Veer, P., & Geleijnse, J. M. (2021). Replacement of Meat with Non-Meat Protein Sources: A Review of the Drivers and Inhibitors in Developed Countries. *Nutrients*, 13(10), 3602. <https://doi.org/10.3390/nu13103602>
- Ede, G., & Yalçın, H. (2023). Beslenme ve Diyetetik Öğrencilerinin Yapay Et Tüketimine İlişkin Tutumları. *Akademik Gıda*, 21(1), 80–89. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.1274031>
- Euromonitor International (2023) <https://www.euromonitor.com/>
- Hocquette, É., Liu, J., Ellies-Oury, M.-P., Chriki, S., & Hocquette, J.-F. (2022). Does the future of meat in France depend on cultured muscle cells? Answers from different consumer segments. *Meat Science*, 188, 108776. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108776>
- Hopkins, I., Farahnaky, A., Gill, H., Danaher, J., & Newman, L. P. (2023). Food neophobia and its association with dietary choices and willingness to eat insects. *Frontiers in Nutrition*, 10. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1150789>
- Hubalek, S., Post, M. J., & Moutsatsou, P. (2022). Towards resource-efficient and cost-efficient cultured meat. *Current Opinion in Food Science*, 47, 100885. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2022.100885>
- Jaeger, S. R., Cardello, A. V., Jin, D., Ryan, G. S., & Giacalone, D. (2023). Consumer perception of plant-based yoghurt: Sensory drivers of liking and emotional, holistic and conceptual associations. *Food Research International*, 167, 112666. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112666>
- Jiang, M., & Farag, K. W. (2023). Is China ready for change? Consumer behaviour towards buying plant-based meat alternatives: applying the COM-B model. *British Food Journal*, 125(9), 3127–3144. <https://doi.org/10.1108/BFJ-07-2022-0596>

- Ketelings, L., Benerink, E., Havermans, R. C., Kremers, S. P. J., & de Boer, A. (2023). Fake meat or meat with benefits? How Dutch consumers perceive health and nutritional value of plant-based meat alternatives. *Appetite*, 188. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2023.106616>
- Kombolo Ngah, M., Chriki, S., Ellies-Oury, M.-P., Liu, J., & Hocquette, J.-F. (2023). Consumer perception of “artificial meat” in the educated young and urban population of Africa. *Frontiers in Nutrition*, 10. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1127655>
- Li, H., Van Loo, E. J., Trijp, H. C. M. van, Chen, J., & Bai, J. (2023). Will cultured meat be served on Chinese tables? A study of consumer attitudes and intentions about cultured meat in China. *Meat Science*, 197, 109081. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.109081>
- Liu, J., Almeida, J. M., Rampado, N., Panea, B., Hocquette, É., Chriki, S., Ellies-Oury, M.-P., & Hocquette, J.-F. (2023). Perception of cultured “meat” by Italian, Portuguese and Spanish consumers. *Frontiers in Nutrition*, 10. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1043618>
- Maehle, N., & Skjeret, F. (2022). Microalgae-based food: Purchase intentions and willingness to pay. *Future Foods*, 6, 100205. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100205>
- Mancini, S., Sogari, G., Espinosa Diaz, S., Menozzi, D., Paci, G., & Moruzzo, R. (2022). Exploring the Future of Edible Insects in Europe. *Foods*, 11(3), 455. <https://doi.org/10.3390/foods11030455>
- Martínez-Padilla, E., Faber, I., Petersen, I. L., & Vargas-Bello-Pérez, E. (2023). Perceptions toward Plant-Based Milk Alternatives among Young Adult Consumers and Non-Consumers in Denmark: An Exploratory Study. *Foods*, 12(2), 385. <https://doi.org/10.3390/foods12020385>
- Mellor, C., Embling, R., Neilson, L., Randall, T., Wakeham, C., Lee, M. D., & Wilkinson, L. L. (2022). Consumer Knowledge and Acceptance of “Algae” as a Protein Alternative: A UK-Based Qualitative Study. *Foods*, 11(12), 1703. <https://doi.org/10.3390/foods11121703>
- Michel, P., & Begho, T. (2023). Paying for sustainable food choices: The role of environmental considerations in consumer valuation of insect-based foods. *Food Quality and Preference*, 106. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2023.104816>
- Naranjo-Guevara, N., Stroh, B., & Floto-Stammen, S. (2023). Packaging Communication as a Tool to Reduce Disgust with Insect-Based Foods: Effect of Informative and Visual Elements. *Foods*, 12(19), 3606. <https://doi.org/10.3390/foods12193606>
- Neuhofer, Z. T., & Lusk, J. L. (2022). Most plant-based meat alternative buyers also buy meat: an analysis of household demographics, habit formation, and buying behavior among meat alternative buyers. *Scientific Reports*, 12(1), 13062. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-16996-5>
- Ordoñez López, M. F., Ghnimi, S., & Liu, C. (2023). Willingness to consume insect-based food in France: Determinants and consumer perspectives. *LWT*, 185, 115179. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115179>

- Payne, P., Ryan, A., & Finlay-Smiths, S. (2023). Insects as mini-livestock: New Zealand's public attitudes toward consuming insects. *Kōtuitui: New Zealand Journal of Social Sciences Online*, 18(3), 310–326. <https://doi.org/10.1080/1177083X.2022.2156357>
- Penedo, A. O., Bucher Della Torre, S., Götze, F., Brunner, T. A., & Brück, W. M. (2022). The Consumption of Insects in Switzerland: University-Based Perspectives of Entomophagy. *Foods*, 11(18), 2771. <https://doi.org/10.3390/foods11182771>
- Pilařová, L., Balcarová, T., Pilař, L., Kvasničková Stanislavská, L., Rosak-Szyrocka, J., Pitrová, J., Moulis, P., & Kvasnička, R. (2023). Exploring Ethical, Ecological, and Health Factors Influencing the Acceptance of Cultured Meat among Generation Y and Generation Z. *Nutrients*, 15(13), 2935. <https://doi.org/10.3390/nu15132935>
- Piochi, M., Micheloni, M., & Torri, L. (2022). Effect of informative claims on the attitude of Italian consumers towards cultured meat and relationship among variables used in an explicit approach. *Food Research International*, 151, 110881. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110881>
- Ren, L., Yang, F., & Gu, C. (2023). A study of the purchase intention of insect protein food as alternative foods for fitness proteins. *Heliyon*, 9(9), e20239. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20239>
- Reyes-Jurado, F., Soto-Reyes, N., Dávila-Rodríguez, M., Lorenzo-Leal, A. C., Jiménez-Munguía, M. T., Mani-López, E., & López-Malo, A. (2023). Plant-Based Milk Alternatives: Types, Processes, Benefits, and Characteristics. *Food Reviews International*, 39(4), 2320–2351. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1952421>
- Rombach, M., Dean, D. L., & Bitsch, V. (2023). “Got Milk Alternatives?” Understanding Key Factors Determining U.S. Consumers’ Willingness to Pay for Plant-Based Milk Alternatives. *Foods*, 12(6), 1277. <https://doi.org/10.3390/foods12061277>
- Rust, N. A., Ridding, L., Ward, C., Clark, B., Kehoe, L., Dora, M., Whittingham, M. J., McGowan, P., Chaudhary, A., Reynolds, C. J., Trivedy, C., & West, N. (2020). How to transition to reduced-meat diets that benefit people and the planet. *Science of The Total Environment*, 718, 137208. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137208>
- Siddiqui, S. A., Alvi, T., Sameen, A., Khan, S., Blinov, A. V., Nagdalian, A. A., Mehdizadeh, M., Adli, D. N., & Onwezen, M. (2022). Consumer Acceptance of Alternative Proteins: A Systematic Review of Current Alternative Protein Sources and Interventions Adapted to Increase Their Acceptability. *Sustainability*, 14(22), 15370. <https://doi.org/10.3390/su142215370>
- Slade, P., & Markevych, M. (2023). Killing the sacred dairy cow? Consumer preferences for plant-based milk alternatives. *Agribusiness*. <https://doi.org/10.1002/agr.21833>

- Sogari, G., Riccioli, F., Moruzzo, R., Menozzi, D., Tzompa Sosa, D. A., Li, J., Liu, A., & Mancini, S. (2023). Engaging in entomophagy: The role of food neophobia and disgust between insect and non-insect eaters. *Food Quality and Preference*, 104, 104764. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2022.104764>
- Spendrup, S., & Hovmalm, H. P. (2022). Consumer attitudes and beliefs towards plant-based food in different degrees of processing – The case of Sweden. *Food Quality and Preference*, 102, 104673. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2022.104673>
- Tyndall, S. M., Maloney, G. R., Cole, M. B., Hazell, N. G., & Augustin, M. A. (2022). Critical food and nutrition science challenges for plant-based meat alternative products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1–16. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2107994>
- Tzompa-Sosa, D. A., Moruzzo, R., Mancini, S., Schouteten, J. J., Liu, A., Li, J., & Sogari, G. (2023). Consumers' acceptance toward whole and processed mealworms: A cross-country study in Belgium, China, Italy, Mexico, and the US. *PLOS ONE*, 18(1), e0279530. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0279530>
- Van der Stricht, H., Profeta, A., Hung, Y., & Verbeke, W. (2023). Consumers' willingness-to-buy pasta with microalgae proteins – Which label can promote sales? *Food Quality and Preference*, 110, 104948. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2023.104948>
- van Dijk, B., Jouppila, K., Sandell, M., & Knaapila, A. (2023). No meat, lab meat, or half meat? Dutch and Finnish consumers' attitudes toward meat substitutes, cultured meat, and hybrid meat products. *Food Quality and Preference*, 108, 104886. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2023.104886>
- van Huis, A., Halloran, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H., & Vantomme, P. (2022). How many people on our planet eat insects: 2 billion? *Journal of Insects as Food and Feed*, 8(1), 1–4. <https://doi.org/10.3920/JIFF2021.x010>
- Wachrens, S. S., Faber, I., Gunn, L., Buldo, P., Bom Frøst, M., & Perez-Cueto, F. J. A. (2023). Consumers' sensory-based cognitions of currently available and ideal plant-based food alternatives: A survey in Western, Central and Northern Europe. *Food Quality and Preference*, 108, 104875. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2023.104875>
- Wang, G., Plaster, M. T., Bai, Y., & Liu, C. (2023). Consumers' experiences and preferences for plant-based meat food: Evidence from a choice experiment in four cities of China. *Journal of Integrative Agriculture*, 22(1), 306–319. <https://doi.org/10.1016/j.jia.2022.09.008>
- Ye, Y., Zhou, J., Guan, X., & Sun, X. (2022). Commercialization of cultured meat products: Current status, challenges, and strategic prospects. *Future Foods*, 6, 100177. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100177>

Yazar Hakkında / About Author

Doç. Dr. Senem KAMILOĞLU BEŞTEPE | Bursa Uludağ Üniversitesi |
skamiloglu[at]uludag.edu.tr | ORCID: 0000-0003-3902-4360

Doç. Dr. Senem KAMILOĞLU BEŞTEPE lisans eğitimini 2010 yılında ODTÜ Gıda Mühendisliği Bölümünde, yüksek lisans eğitimini 2012 yılında İTÜ Gıda Mühendisliği Bölümünde tamamlamıştır. 2016 yılında Gent Üniversitesi ve İTÜ’de müşterek olarak tamamladığı doktora eğitimi neticesinde, “Uygulamalı Biyolojik Bilimler Doktoru” ve “Gıda Mühendisi Doktoru” unvanlarını içeren çift diploma sahibi olmuştur. 2020 yılında ÜAK tarafından “Doçent” unvanı almış olup, günümüzde Bursa Uludağ Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünde öğretim üyesi ve Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi’nde (BITUAM) laboratuvar koordinatörü olarak görev yapmaktadır. Araştırma konuları arasında gıda işlemenin polifenollerinin biyoerişilebilirliği üzerine etkisi, gıda atıklarının polifenoller ve karotenoidler gibi biyoaktif bileşiklerin kaynağı olarak değerlendirilmesi ve alternatif protein kaynakları yer almaktadır. Birçok ulusal ve uluslararası araştırma projelerinde yer almıştır. 53 uluslararası ve 9 ulusal hakemli makale ve de 20 adet kitap bölümü yayınlamıştır. Scopus veritabanına göre h-indeksi 30 olup, 2021-2023 yılları arasında Stanford Üniversitesi tarafından oluşturulan Dünyanın En Etkili Bilim İnsanları listesinde yer almıştır.

Assoc. Prof. Dr. Senem KAMILOĞLU BEŞTEPE | Bursa Uludag University
skamiloglu[at]uludag.edu.tr | ORCID: 0000-0003-3902-4360

Associate Professor Senem KAMILOĞLU BEŞTEPE obtained her Bachelor’s degree in Food Engineering from METU in 2010 and her master’s degree in Food Engineering from ITU in 2012. She completed her PhD jointly at Ghent University and ITU in 2016 and received a double degree with the titles of “Doctor of Applied Biological Sciences” and “Doctor of Food Engineering”. In 2020, she received the title of “Associate Professor” by the Turkish Interuniversity Board. Currently, she works as a faculty member at Bursa Uludag University in the Department of Food Engineering and serves as the laboratory coordinator at the Science and Technology Application and Research Center (BITUAM). Her research topics include the impact of food processing on the bioaccessibility of polyphenols, valorization of food waste as a source of bioactive compounds, such as polyphenols and carotenoids, and exploring alternative protein sources. She has taken part in many national and international research projects. So far, she has published 53 international and 9 national peer-reviewed articles and 20 book chapters. According to the Scopus database, her h-index is 30 and she was featured among World’s Top 2% Scientists List 2021-2023 created by Stanford University.

**ETİK VE MORAL DEĞERLER AÇISINDAN
ALTERNATİF GIDA KAYNAKLARI
-HELAL EKSENİNDE BİR DEĞERLENDİRME-**

ALTERNATIVE FOOD SOURCES IN TERMS OF
ETHICAL AND MORAL VALUES
-AN EVALUATION ON THE AXIS OF HALAL-

Murat Şimşek

Atıf Künyesi: Şimşek, M. (2024). Etik ve Moral Değerler Açısından Alternatif Gıda Kaynakları -Helal Ekseninde Bir Değerlendirme-. Şahin, K. (Ed.), *Alternatif Gıda Kaynakları* (s. 233-250) içinde. Ankara Basım Yayın

ETİK VE MORAL DEĞERLER AÇISINDAN ALTERNATİF GIDA KAYNAKLARI -HELAL EKSENİNDE BİR DEĞERLENDİRME-

Prof. Dr. Murat ŞİMŞEK
Marmara Üniversitesi

Özet

Bilimsel ve teknolojik gelişmelerin hayatımıza dahil ettiği yenilikler arasında alternatif gıda ve protein arayışları da yer almaktadır. Bu arayışlar içerisinde yapay et, böcek proteini ve tek hücre proteinleri en önemlileridir. Bu tarz proteinler kök hücre, doku nakli ve genetiği değiştirilmiş organizmalar gibi tamamen laboratuvar ortamında yüksek düzeyde kontrollü ortamda ve gıda kaynaklı patojen riskini azaltarak üretilen biyoteknolojik ürünlerdir. Alternatif gıda arayışı, artan dünya nüfusu nedeniyle tüketilen doğal gıda tedarikindeki yaşanabilecek sorunlar ve bunların yerine sürdürülebilir protein alternatiflerinin geliştirilmesi düşüncesine dayanmaktadır. Elbette günümüzdeki biyoteknolojik gelişmelerin sosyal, iktisadi, tıbbi ve dini açıdan ortaya çıkaracağı tartışmalar ve problemler olacaktır. Bu tarz çalışmalar henüz çok yeni olduğu için bu konuda; dini, etik ve moral değerler bakımından henüz yeterli sayıda değerlendirme bulunmamaktadır. Konuyla ilgili literatür ise yeni oluşmaktadır. Alternatif gıda kaynaklarının etik ve moral değerler açısından değerlendirmesi önemlidir. Meselenin İslam dini esasları bakımından durumu ise ülkemiz açısından daha da bir önem taşımaktadır. Biyoteknolojik yöntemlerle üretilen alternatif proteinlerin insanların kabulü ve helal olup olmadığının tespiti bu noktada araştırmayı beklemektedir. Alternatif gıda kaynağının protein kaynağı, üretim süreci, bunların gelişimi için kullanılan besiyeri bileşenlerinin kaynağı ve bunlara ilaveten insan sağlığına etkisi helalliğini belirlemede etkili unsurlardır. Bitkisel kaynaklı alternatif proteinler hakkında nispeten daha geniş bir çerçeve bulunmakla birlikte İslami kriterler bakımından yapay et ve böcek gibi yenilmesi ile ilgili özel durumların bulunduğu alternatif proteinler riskli konular olarak da değerlendirilebilir.

Anahtar Kelimeler

Alternatif Proteinler, Gıda, Beslenme, Yapay Et, Böcek, Etik, Helal

ALTERNATIVE FOOD SOURCES IN TERMS OF ETHICAL AND MORAL VALUES -AN EVALUATION ON THE AXIS OF HALAL-

Prof. Dr. Murat ŞİMŞEK

Marmara University

Abstract

Among the innovations that scientific and technological developments have brought into our lives are the search for alternative foods and proteins. Among these searches, cultured meat, insect protein and single cell proteins are the most important ones. These proteins are bio-technological products such as stem cells, tissue transplants and genetically modified organisms, which are produced in a highly controlled environment in the laboratory conditions to reduce the risk of foodborne pathogens. The search for alternative foods is based on the potential problems in the supply of natural foods consumed by the growing world population and the development of sustainable protein alternatives to replace them. Of course, today's bio-technological developments will have social, economic, medical, and religious implications and problems. Since such studies are still very new, there are not enough evaluations in terms of religious, ethical, and moral values. The literature on the subject is just emerging. It is important to evaluate alternative food sources in terms of ethical and moral values. The evaluation of the issue in terms of Islamic religious principles is even more important for our country. The acceptance of alternative proteins produced with biotechnology and the determination of whether they are halal or not await research at this point. In this regard, the source of the protein, the production process, the environment, and nutrients used for their development, as well as their health status are among all the factors in determining their halal status. While there is a relatively broader framework for alternative proteins of plant origin, some alternative proteins with special conditions for eating such as cultured meat and insects can be considered risky issues in terms of Islamic criteria.

Keywords

Alternative Proteins, Food, Nutrition, Cultured Meat, Insect, Ethics, Halal

GİRİŞ

Bilimsel araştırmacılar, nüfus artışı ve küresel ısınma sonucu önümüzdeki 30 yılda tarım arazilerinin azalacağını, temiz su temininin zorlaşacağını ve bu durumun yeterli gıda teminini olumsuz yönde etkileyeceğini öngörmektedir. Bu süreçte dünya nüfusunun artışı ile mevcut gıda üretimi ihtiyacının da iki katına çıkması beklenmektedir. Bu bağlamda hızla artacak olan hayvansal protein ve et talebi üretici ve tüketicileri alternatif et ve protein üretimine yöneltmektedir (Demirci & Yetim, 2021, s. 12). Alternatif protein üretimi konusu henüz çok yeni olduğu için bu hususta İslam hukukunun görüşünün paylaşıldığı yeterli sayıda çalışma bulunmamaktadır. Önemli bir iki araştırmayı zikretmek gerekirse Syed Fazal ur Rahim'in, "Islamic jurisprudence and the status of arthropods: as alternative source of protein and with regard to E120" (2018) adlı makalesi ile Hamdan, M. N., Post, M. J., Ramli, M. A. ve Mustafa, A. R. (2018)'in "Cultured meat in Islamic perspective" adlı çalışmaları örnek verilebilir. Böcekler hakkında ise klasik İslam hukuk kaynaklarındaki bilgileri toplayan Kemal b. Sadık Yasin'in (2007) *Ahkâmü'l-haşerât fi'l-fikhi'l-İslâmî* adlı eseri ile Adil Abdüssettâr Abdülhasen el-Cenâbî'nin (2015) "Fıkhu'l-haşerât dirâse mukârene li-ahkâmî'l-haşerât ve'd-deydân fi'l-fikhi'l-İslâmî" adlı çalışması zikredilebilir.

İNSAN GIDASİ OLARAK HAŞERE VE BÖCEK PROTEİNLERİ

Alternatif protein kaynaklarından biri böceklerdir. Böceklerin besin kaynağı olarak tüketimi (entomofaji) dünyada yaklaşık 2 milyar insanın geleneksel olarak uyguladığı bir diyetdir. Özellikle Asya, Afrika ve Güney Amerika'da yaygındır. Hayvanlar aleminin bir türü olan böcekler eski çağlardan beri tıp ve farmakoloji alanlarında tedavi amacıyla kullanılmaktaydı (Yavuz, 2019). Günümüzde ise çiftlikte böcek üretimi şeklinde bir endüstri ortaya çıkmıştır. Böceklerin yüksek protein içermesi, verimli oluşu, üretimindeki kolaylıklar üreticileri bunları endüstriyel olarak çiftlikte üretmeye sevk etmiştir. Bu sebeple Avrupa ve Amerika'da böcek protein endüstrisi hızla gelişmiştir. Böceklerle, altı ayaklı çiftlik hayvanı adı verilmektedir. Doğada yüz binlerce böcek türü bulunur. Ancak insan veya hayvan besini olarak yetiştirilen en yaygın böcek türleri; cırcır böceği, hamam böceği, un kurdu, kın kanatlılar, karınca, çekirge vb. böceklerdir. Besin kıtlığına ve protein ihtiyacına çözüm olacağı düşünülen böcek proteinlerinin bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Özellikle insan besini olarak tüketildiğinde sağlık bakımından böcek proteinlerinin yapısı ve içeriği, sindirilebilirlik katsayıları ve aminoasitlerinin nispi oranları gibi ölçümlerinin ve insan vücuduna üçüncü nesilde vermesi muhtemel risklerin analizi henüz tamamlanmamış görünmektedir. Diğer bir dezavantajlı durum da etik, psikolojik ve dini kaygılara dayalı olarak insanlar tarafından bu tür proteinlerin kabul durumudur (Demirci & Yetim, 2021, s. 13-14).

Fıkhi Açıdan Böcekler

Klasik fıkıh eserleri böcekleri haşerat (haşere) kavramı içerisinde ele almıştır. Fıkıh uzmanları sözlük anlamına yakın bir şekilde uçsun uçmasın yeryüzünde yaşayan küçük hayvanların hepsine haşere tabirini kullanmışlardır. Böcekleri de içine alan bu tabir fare, yılan, akrep gibi küçük sürüngenleri ve sinek, arı, ipek böceği gibi uçan canlıları da ifade eder (Kemal Yasin, 2007, s. 32-37).

Böcekleri birçok şekilde tasnif etmek mümkündür. Bir grup zararlı hayvanlardır. Diğer bir grup ise insanların faydalanmasına uygundur. İkinci grup arasında doğrudan kendisi veya bal gibi ürettiği ürünler insan beslenmesinde tüketilenler, insanlar tarafından ziynet ve hobi olarak edinilenler, hayvan beslenmesinde kullanılanlar, polen aşılama, toprağı verimli hale getirme ve çevreyi temizleme gibi faydalı olanlar ile bilimsel araştırmalar ve tıp alanında kullanılanlar sayılabilir. Fıkıh literatürünce haşereler kan dolaşım sistemi olup olmamaları bakımından da tasnif edilir. Örneğin fare, yılan, kertenkele, kirpi, keler, çöl sıçanı gibi kan dolaşım sistemi olanlar ile akrep, çekirge, yaban arısı, karınca, arı, karasinek, sivrisinek, örümcek gibi kan dolaşım sistemi bulunmayan hayvanlar şeklinde ayrıma tabi tutulurlar. Ayrıca bazı fakihler karada yaşayan, suda yaşayan ve hem karada hem suda yaşayan haşereler şeklinde bir ayırım yapmışlardır (Kemal Yasin, 2007, s. 45-50).

Kur'an'da on iki yerde bazı haşere türleri zikredilmektedir. Bunlar sivri sinek (Bakara, 2/26), çekirge, buğday güvesi, kurbağa (Araf, 7/133), arı (Nahl, 16/68), kara sinek (Hac, 22/73), karınca (Neml, 27/18), örümcek (Ankebut, 29/41), ağaç kurdu (Sebe, 34/14) ve kelebektir (Kâria, 101/4). Bunlardan arı, karınca ve örümcek aynı zamanda sure isimleridir. Hadislerde birçok yerde haşere ve böceklerden bahsedilmiştir (Kemal Yasin, 2007, s. 55-61).

Haşerat çeşitlerinden böcek ve sürüngenlerden İslam hukuku ilkelerine göre yenilmesi caiz görülen bazı türler vardır. Bu konuda fıkıh mezheplerinin farklı yaklaşımları da bulunmaktadır.

Çekirge

İslam bilginleri çekirgenin yenmesinin helal olduğu konusunda ittifak etmişlerdir. Bu konuda Hz. Peygamber'den bazı söz ve uygulamalar nakledilmiştir. Bir hadiste “Bize iki ölü (meyte) ve iki kan helal kılındı. İki ölü, çekirge ve balık; iki kan, karaciğer ve dalaktır (İbn Mace, “Et’ime”, 31) buyrulmuştur. Bir rivayette ise Abdullah b. Ebû Evfâ isimli sahabe şöyle demiştir: “Allah Resulü ile çıktığımız altı veya yedi gazvede çekirge yedik.” (Buhârî, Zebâih ve’s-Sayd”, 13). Bu gibi delillere dayalı olarak Hanefî, Şafî ve Hanbelîler hayvanların dinî kurallara uygun biçimde boğazlanmasına (tezkiye) gerek olmadığını ve balıklarda olduğu gibi ölü çekirgenin yenilebileceğini

savunurken Malikiler besmele ve niyet ile boğazlamayı şart koşmaktadırlar. Şia – İmâmiyye mezhebine göre ise canlı olarak yakalanması gerektiği söylenmiştir (*Mv.F*, 5/142-143; el-Cenâbî, 2015, s. 299).

Meyve ve Tahıl Kurdu

Hanefi ve Maliki mezheplerine göre bir gıdada kendiliğinden oluşmuş, o gıda içinde yaşayıp gelişmiş kurtçukların yenmesi caizdir. Bunlar ister meyvede ister tahılda isterse hurmada olsun, az veya çok olsun, canlı veya ölü olsun farkı yoktur. Hanefiler gıdadan ayrılıp can (ruh) taşıyan böcek şeklinde olanların yenmeyeceğini söylemişlerdir. Malikiler ise kurtçukların gıdadan türemiş olmasa da canlı olarak yakalanıp, yerken tezkiyeye niyet edilmesinin yeterli olacağını söylemişlerdir. Gıda maddesi içinde ölmüş olan kurtçukların ise yiyecek maddesinde ayrıştırılamadığı durumlarda o maddeye denk veya daha az olduğu sürece yenebileceğini, değilse yenmeyeceğini savunmuşlardır. Şafii ve Hanbeliler ise meyve ve tahıllarda oluşan kurtları, insanın içi alıyorsa, ayrıştırmak güç olduğu için o yiyeceklerle birlikte yemeyi helal saymışlardır. Ancak gıdadan ayrıştırılan kurtların müstakil olarak yenmesi mubah değildir (*Mv.F*, 5/143-144; el-Cenâbî, 2015, s. 299-300).

Bazı Böcekler

Yaban arısı (eşek arısı), örümcek, kın kanatlılar, kara sinek, pire, karınca, hamam böceği gibi haşereler hakkında da yine Hanefiler, Şafililer ve Hanbeliler bunların yasaklanan pis şeylerden (*habais*) oldukları gerekçesiyle yenmelerinin helal olmayacağı görüşüne varmışlardır. Bu görüşte olanlar delil olarak “Peygamber onlara iyiliği emreder ve onları kötülükten meneder; yine onlara temiz şeyleri helâl, pis şeyleri (*habais*) haram kılar.” (Araf, 7/157) ayetinin umumuna dayalı olarak bu tarz haşeratın pis (*habais*) olduğunu, Hz. Peygamber’in çoğunlukla zararlı oldukları gerekçesiyle bunların öldürülmesine izin verdiğini ve bunların kazurat tarzı pis şeyler olduğunu ileri sürmüşlerdir. Ancak Malikiler insana zararı olmadığı sürece bu tür böceklerin besmele ile boğazlanmak şartıyla yenmesini caiz görmüşlerdir. Malikiler bu görüşlerine delil olarak Kur’an’da bunu yasaklayan bir delilin bulunmamasını, Hz. Peygamber’den haşeratın haramlığına dair bir rivayetin gelmemesini ve Hz. Peygamber’e yağ, peynir ve hayvan derilerinden yapılan elbiseleri giymenin hükmü sorulduğunda “Helal, Allah’ın kitabında helal kıldığı, haram ise Allah’ın kitabında haram kıldığıdır. Sustuğu (hükmünü belirtmediği) şeyler ise bağışlanmıştır” (Tirmizî, “Libâs”, 6; İbn Mâce, “Et’ime”, 60) şeklindeki cevabını delil getirmişlerdir (Kemal Yasin, 2007, s. 349-352).

Malikiler haşeratın yenmesini helal sayınca onların İslami usulle kesilmesi (tezkiye) konusunda da şartlar ileri sürmüşlerdir. Bu konuda tezkiyenin mutlaka başının kesilmesi şeklinde olmasının şart olmayıp, böceğin bir şekilde öldürürken tezkiye niyetinin var olması gerektiğini ileri sürmektedirler.

Mesela böceğin kafasını kopartarak, derisini yüzerek, kızartarak, sıcak suya atarak, bacaklarını veya kanatlarını keserek tezkiye niyetiyle hayatına son verilebileceğini savunmaktadırlar. Onlara göre çekirge dahil kendiliğinden ölen hiçbir böcek yenmez (Kemal Yasin, 2007, s. 353-354).

Keler / Kertenkele

Keler (*ed-dabb*) dört ayaklı, iri gövdeli, geniş karınlı ve uzun kuyruklu bir sürüngendir. Kertenkele sınıfına dahil pullu canlı türüdür. Hadis rivayetlerinde geçenler büyük ihtimalle çöl kertenkelesi tarzı sürüngenlerdir. Keler yemek Araplarda da çok matah bir şey sayılmamaktaydı. Nitekim bir Arap şair tecâhül-i ârif tarzı mizah sanatını icra ederken “Geldiğinde sana bir Temimli övünerek / De ki ona: Geç sen bunu da keler yemen nasıl onu söyle?” diyerek Temim kabilesinin övünecek bir yanlarının olmadığını gerçeğini çarpıcı bir anlatımla dile getirmiştir (Durmuş, 2024).

Keler türünün yenilmesi konusunda fakihler ihtilaf etmişlerdir. Hanefiler bazı rivayetlere dayalı olarak bu tür sürüngenlerin yenmesinin helal olmadığı görüşüne varmışlardır. Hatta Ebu Hanife haram olarak değerlendirmiştir. Onun esas aldığı bir rivayete göre bir sahabi, Hz. Peygamberle birlikte bulundukları bir savaş yolculuğu esnasında yiyeceklerin bitmesi nedeniyle açlık çekildiğini, sahabeden bazılarının keler yakalayıp kazanlarda pişirmeye başladıklarını, Hz. Peygamber’in bu durumu öğrenince kazanları döküp o etleri atmalarını emrettiğini nakletmiştir (Ahmed b. Hanbel, *el-Müsned*, 4/196). Yine bir rivayete göre Hz. Peygamber keler eti yemeyi yasaklamıştır (Ebu Davud, “Et ‘ime”, 27), kendisine hediye edilen keler etini yememiş, onu bir dilenciye vermek isteyen Hz. Aişe’ye “Kendin yemediğin şeyi başkasına mı veriyorsun” demiştir (Zeyla’î, ty. 4/195). Ayrıca sahabeden Hz. Ali ve Câbir’in keler yemeyi mekruh saydıkları rivayetinden hareketle Hanefiler bu keraheti tahrimen (harama yakın) mekruh olarak yorumlamışlardır (*Mv.F*, 5/142-143). Bunlar da göstermektedir ki Hz. Peygamber keleri yemeyi kerih gördüğü gibi, başkalarının da yemesini kerih görmüştür. Mütakaddim dönem Hanefilerden sadece Tahâvî keleri mubah saymıştır (Kemal Yasin, 2007, s. 339-340).

Maliki, Şafii ve Hanbeli mezhepleri ise keleri mubah görmüşlerdir. Bu konuda bazı hadis rivayetlerini delil getirmişlerdir. O rivayetlerden birinde İbn Abbas ve Halid b. Velid, Hz. Peygamber ile birlikte Hz. Meymune validemizin evine gitmişlerdi. Sofraya kızartılmış bir keler eti getirilmişti. Hz. Peygamber, sofradaki yemeğin kızarmış bir keler olduğunu öğrenince elini çekerek yemekten vazgeçmişti. Bunu fark eden İbn Abbas, onun haram olup olmadığını sordu. Bunun üzerine o, “Hayır, bizim yörede bulunmaz, hoşuma gitmediği için yemiyorum” cevabını verdi. Halid dedi ki: Ben yemeği önüme çektim, Allah Resulü bakarken o keleri yedim (Buhârî, “Zebâ’ih ve’s-sayd”, 33). Yine bir rivayette Allah Resulü bir gün “Keşke, yağlı bir beyaz ekmek olsa da yesek”, dedi.

Ensâr'dan bir kişi bu ekmeği hazırladı ve ona getirdi. Hz. Peygamber ekmeğe katılan yağın ne tür bir deri kapta olduğunu sordu. O kişi de keler derisinden yapılmış bir tulum içinde olduğunu söyleyince Hz. Peygamber ondan yemedi. Ama etrafındakiler yediler. (İbn Mâce, "Et'ime", 47).

Bazı Sürüngeñler

Kirpi, cırboğa (çöl sıçanı/dipodidae), daman (kır sıçanı /el-veber) gibi sürüngeñler konusunda da mezhepler ihtilaf etmişlerdir. Hanefiler bunların yenmesini helal görmezken Malikiler, Şafililer ve bazı görüşlerinde Hanbeliler yenmesini helal görmüşlerdir. Yılan ve fare gibi bazı sürüngeñler konusunda ise bazı Malikiler yenilebileceği görüşüne varmışlardır (Kemal Yasin, 2007, s. 341-346).

Günümüzde Üretilen Böcek Proteinleri

İnsan beslenmesinde böcek tüketimi konusunda dinler ve kültürler arasında görüş birliği bulunmamaktadır. Doğru toplumlarında daha yaygın bir durum bulunurken batı toplumlarında böcek yeme fikri tiksindirici bulunmaktadır (Demirci ve Yetim, H. 2021, s. 18-19). İslami literatürde de konu tartışmalıdır. İslam hukuk ilkeleri bakımından kesin ve ittifakla yenilmesi helal kabul edilen tek böcek çekirgeğdir. Diğer haşerat konusunda farklı görüşler söz konusudur. Yukarıda zikredildiği üzere haşereleer konusunda mezheplerin farklı kriter ve yaklaşımları söz konusudur. Bunun nedeni ise haşerat konusunda doğrudan yasaklayıcı sabit bir delilin bulunmaması, meselenin içtihatlarla helal ve haram konusundaki genel ilkeler çerçevesinde çözüme kavuşturulma çabasıdır.

Günümüzde çiftlikte böcek üretimi şeklinde icra edilen endüstriyel ürünler konusunu yukarıdaki tartışmalar ve ilkeler çerçevesinde değerlendirmek gerekir. Burada kesin olan tek husus çekirgeğden üretilen proteinlerin helal olacağıdır. Yine buna kıyasla çekirge türü veya familyasına ait böceklerin, çekirgeye kıyasla aynı hükümde olup olmayacağı yeni içtihatlarla muhtaçtır. Yine bir gıdada kendiliğinden oluşmuş, o gıda içinde yaşayıp gelişmiş un kurdu ve meyve kurdu gibi kurtçuk böceklerden elde edilen proteinlerden bazı kriterler dikkat alınmak şartıyla yararlanabileceği anlaşılmaktadır. Tabii bunların o gıdalarla birlikte bulunması durumunda tüketilebileceği esasına da riayet gerekecektir. Diğer böceklerden elde edilen proteinler konusunda ise mezhepsel ve bölgesel yaklaşım farklılıkları dikkate alınmalıdır. Bu konuda en geniş çerçevenin Maliki mezhebinde yer aldığı söylenebilir. Onlara göre genel prensip olarak haşeratın insan gıdası olarak tüketimi caizdir. Onlar, böceğin insana zararlı olmaması, canlı olarak yakalanması ve İslami usullerle tezkiyesi gibi şartlara riayet edildiği sürece yenmesinin mubah olduğunu ileri sürmüşlerdir. Bu açıdan bakıldığında Maliki mezhebine göre bu böceklerden elde edilen proteinler de helal olacaktır.

Böceklerin ve onlardan elde edilen proteinlerin hayvan yemi olarak kullanılması meselesi ise ayrı bir tartışma konusudur. Bu durum genel kural olarak caiz olmakla birlikte bu tarz yemlerle beslenen ilgili hayvanın eti yenmek üzere kesilmesinden belli bir süre önce pislik içeren gıdaların kesilmesi hükmünce (*cellâle*) bazı tedbirlere ihtiyaç duyulabilir.

Böceklerle ilgili olarak İslam hukuk kaynaklarında temiz olup olmadıkları, satımlarının caiz olup olmadığı, imha edilmelerinin hükmü gibi tartışmalar da bulunmaktadır. Örneğin balık ve çekirgenin ölüsü rivayetlere dayanarak (Ahmed b. Hanbel, *el-Müsned*, 2/97; İbn Mâce, “Et’ime”, 31) bütün İslâm âlimlerince temiz sayılmıştır. Hanefi mezhebine göre su hayvanlarının ve akıcı kanı olmayan pire, akrep ve çekirge gibi böceklerin ölüsü temizdir. Şafii mezhebinde çekirge dışında akıcı kanı olmayan böceklerin ve Şafii ile Hanbeli mezheplerinde karada da yaşayabilen kurbağa ve timsah gibi su hayvanlarının ölüsü dinen pis (necis) sayılır. Balığın kanı ile pire ve sivrisinek gibi akıcı kanı olmayan böceklerden çıkan kan Hanefi ve Hanbelilere göre pis (necis) değildir; Şafii ve Malikilere göre ise pistir. Buna göre Şafii ve Malikilere göre akan kanları ile üst üste yığılıp tuzlanan balıklar pis (necis) olduğundan yenmez (Öğüt, 2023).

FIKHİ AÇIDAN YAPAY ET MESELESİ

Bilimsel ve teknolojik gelişmelerin hayatımıza dahil ettiği bir diğer alternatif protein türü ise yapay etir. Alternatif et, **kültürlenmiş et** (cultured meat / el-lahm el-müstenbet), **yapay et** (synthetic meat / el-lahm el-istinâ‘î), **laboratuvar et** (*in vitro* meat / el-lahm el-muhteber) gibi İngilizce ve Arapça isimlerle birlikte literatüre girmiştir. Yüksek düzeyde kontrollü ortamda ve gıda kaynaklı patojen riskini azaltarak üretilmesi nedeniyle **temiz et** (clean meat / el-lahm en-nazîf) diye de adlandırılmıştır. Yapay et hayvanın vücudu dışında laboratuvarında, besi ortamında *hücre kültürü* veya *doku kültürü* esaslı tekniklerle ya da daha başka yöntemlerle üretilen bir alternatif protein kaynağıdır. Bu işlemlerde hücre veya dokular, etin ana bileşeni olan kas liflerinin büyümesi için doğru bir ortama yerleştirilir. Besi ortamına, hücre veya dokunun çoğalması için gerekli olan bütün besin öğeleri ilave edilir. Bu yolla elde edilen ürün, tam anlamıyla bir et olmasa da tadı ve görünümü itibarıyla ete benzer bir protein kaynağı olmaktadır (Hamdan vd., 2018). Meselenin kök hücre, doku nakli ve Genetiği Değiştirilmiş Organizma (GDO) tartışmalarıyla da bağlantısı vardır. Bir yandan GDO tartışmaları devam ederken, bir taraftan da alternatif protein kaynağı iddiasıyla yapay et ortaya çıkmıştır (Şimşek, 2021).

Yapay Etin Fikhi Durumu

Yapay etin fikhi bakımdan durumu ile ilgili olarak iki temel ölçüt vardır; bunlardan ilki kültürlenecek doku veya kök hücrenin, etinin yenmesi dinen helal ve İslami usullere göre kesilmiş hayvanlardan alınması, ikincisi ise bu hücrelerin gelişimi için kullanılacak

besi yerindeki bileşenlerin helal kriterlerine uygun olmasıdır. Yapay et, doğal olmayan alternatif bir protein kaynağı olup temel bir besin maddesi değildir. İslam’da temel ilke, fitrata uygun ve doğal ürünlerin tüketilmesidir. Bununla birlikte yeni biyoteknolojik gelişmeler sayesinde ortaya çıkan alternatif besin maddelerinin dini bakımdan tahlil ve değerlendirilmesi gerekmektedir.

Yapay et konusunda fıkıh araştırmalarında yapılan tartışmalarda kullanılan bazı argümanlar şu şekildedir: Bazı araştırmacılar yapay et meselesine ilkten karşı çıkmaktadırlar. Onlar, GDO tartışmalarında olduğu gibi bu konunun da Alalh’ın ilk yaratılış anında varlık türlerinin temel yapısına koyduğu özellikleri (fitrat) bozmak manasına geleceğini ileri sürmektedirler. Bu tartışmalarda kullanılan bir diğer argüman ise balık ve çekirge dışındaki hayvanların etlerinin helal olması için İslami usullere göre Allah’ın adı anılarak kesilmelerinin gerekmesidir. Yapay et üretiminde helal kesime karşılık olarak kültür doku ve hücrelerin helal yolla kesilmiş bir hayvandan alınmasıyla sağlanması düşünülmektedir (Yetim & Tekiner, 2020, s. 95). Bu konu “Hayvanın karnındaki yavrunun (cenin) helal olması (tezkiyesi), anne hayvanın etinin helal olması (tezkiyesi) ileler.” (Ebu Davud, “Edâhî”, 18) hadisi çerçevesinde tartışılmaktadır. Bazı mezheplere göre hayvanın İslami usullere göre boğazlanması neticesinde karnından çıkan yavru da helal sayılır. Burada temel kıyaslardan biri hayvanın karnından çıkan ölü yavrunun eti helal ise, İslami usulle kesilen bir hayvandan alınan dokudan üretilen yapay et de helal olabilir şeklindedir. Bu kıyasta hayvanın karnındaki yavrunun kas hücrelerinin oluşum prosesi ile kültürlenmiş etin imali esnasında kas hücrelerinin oluşumu arasına bir bağlantı kurulur (Hamdan vd., 2018; Chriki and Hocquette, 2020). Ayrıca yapay et kültürlenmesinde anne karnında yavrunun oluşumunda olduğu gibi doğal seleksiyondaki gibi kandan ete doğru bir dönüşüm olduğu iddia edilir. Buna delil olarak Kur’an’da zikredilen nutfe (katışık nutfe / netfe-i emşâc, İnsan, 76/2), kan pıhtısı (alaka), çiğnenmiş et (mudga) ve kemikleşme süreçleri (Mü’minun, 23/14) gibi yaratılış aşamaları ileri sürülür. Bu aşamalarda necisten temize doğru bir dönüşüm vardır (Hamdan vd., 2018).

Bazı araştırmalarda tartışılan bir diğer mesele ise besi ortamındaki serum işlemidir. Serum, santrifüj ayırma tekniği ile yeni doğan buzağı kanından kan hücrelerini ayırmak suretiyle ekstrakte edilen bir sıvıdır. Serumun kandan ayrılma işleminin istihale sayılıp sayılmayacağı tartışmalıdır. Çünkü bu işlem sadece serumu kandan ayırmaya yöneliktir ve fiziksel veya kimyasal olarak herhangi bir değişiklik içermez. Dolayısıyla helal kılıcı bir istihale söz konusu olmamaktadır. Bu itiraza karşılık şu argüman ileri sürülmüştür: Serum ekstrakte işlemi esnasında istihaleye uğramadığı için necis olarak kabul edilse bile etin kültürlenmesi esnasında kullanımı, serumu doğasını dönüştürür. Yani hücreler, replikatif süreçte serumdaki besinleri diğer hücrelere dönüştürür. Bu süreç ise necis gıdalarla beslenen hayvanların etinin yenilmesi meselesine kıyas edilmiştir.

Yani fıkıh dilinde cellâle denen necis gıdalarla beslenen hayvanların etleri kesimden önce belirli günler bekletilmeleriyle helal hale gelir. Tıpkı burada doğal olarak gerçekleşen hayvanın yediği necis gıdanın doğasını değiştirip emilerek hayvan etinin bir parçası haline gelmesinde olduğu gibi serum ortamındaki kan vb. ortam maddelerinin de daha sonra temizlendiği iddia edilmektedir. Diğer bir yaklaşımda yapay etin helal olabilmesi için buzağı kanından alınan serum yerine daha başka hücre besi maddeleri bulunmalıdır. Çünkü serum hem sağlık açısından riskli hem de dini bakımdan tartışmalıdır (Hamdan vd., 2018).

Yukarıdaki yaklaşımda yapay etin helal olup olmadığına karar vermede etin kültürlenmesinde kullanılan kaynak hücre/doku ve kültür ortamının kilit rol oynadığı görülmektedir. Bu yaklaşıma göre kök hücre veya dokunun helal usulle kesilmiş bir hayvandan alınması ve bu süreçte kullanılan besilerin helal maddeler olması veya bir görüşe göre besiyeri maddelerinin necis dahi olsa süreçte işlevini tamamlayıp o proteinden ayrıştırılması durumunda helal yapay et elde edilebileceği ileri sürülmektedir. Nitekim onlara göre buzağı kanından alınan serum kullanılsa bile anne karnındaki yavrunun yenmesi caiz olunca ondan alınmış serumu da besi ortamında kullanmak caiz olacaktır. Yani besi ortamında hücreyi necis yapmayacaktır. Kanaatimizce bu görüş sahiplerinin ileri sürdükleri kıyaslar çok naif ve zayıftır. Yapay et üretimindeki kas hücre çoğaltılmasının plesanta içerisindeki buzağıya benzetilmesi isabetli gözükmemektedir. Reaktörlerdeki kas hücreleri bakımından zengin materyal sıvı halde olup çıkartıldıktan sonra birçok işleminden geçmektedir.

Diğer alternatif proteinlerde olduğu gibi yapay etin pazarlanmasında tüketicilerinin kabulü dikkate alınmalıdır. Dolayısıyla Müslüman tüketicilere yönelik üretilecek olan yapay etin İslam'daki helal standartlarına uygun olması gerekli olacaktır. Bütün bu tartışmalarla birlikte fıkhi açıdan yapay et konusunda şu ilkelere yer verilebilir: Kültürlenecek olan doku veya kök hücrelerin, helal ve İslami usullere göre kesilmiş hayvanlardan alınmış olması gerekir. Canlı bir hayvandan kopan/koparılan/alınan bir parça dinen leş hükmünde olduğu için dinen etinin yenmesi helal olan hayvanlardan bile olsa bu et helal değildir. Helal olmayan bir maddenin türevleri (yani ondan türetilen diğer ürünler) de helal olmayacaktır. Kök hücre veya dokunun yenmesi helal olan bir hayvandan İslami usullere göre helal kesimi tamamlandıktan sonra alınması gerekir. Ayrıca hücrelerin gelişimi için kullanılacak besi ortamının helal kriterlerine uygunluğunun karşılanması şarttır. Hücrelerin üretimi sırasında (fermentörlerde) besin ve enerji bileşeni olarak kullanılan maddelerin de dinen temiz ve helal olan kaynaklardan sağlanmış olması gereklidir. Bu şartların sağlanması durumunda üretilen yapay etin tüketilmesinde fıkhi açıdan bir sakınca olmayacağını söyleyen fıkıh araştırmacıları bulunmaktadır.

Ancak ilgili şartların sağlanmaması durumunda üretilen yapay etin tüketilmesi fıkhi açıdan sakıncalı olacaktır. Diyanet İşleri Başkanlığı Din İşleri Yüksek Kurulu bu konuda herhangi bir açıklamada bulunmadığını deklare etmiştir (<https://www.diyanet.gov.tr/tr-TR/Content/PrintDetail/32759> (20.01.2024)).

Dini ve Etik Kaygılar

Dini yaklaşımlara gelince doğa ve hayvanlarına oldukça önem veren Konfüçyanizm ve Hinduizm dini inanışlarında hayvanların doğrudan tüketilmesi ya da yapay et üretim sürecinde olduğu gibi hayvan hücrelerinin kullanılması şeklinde dolaylı kullanılması uygun görülmemektedir. Hindular bu tür işlemleri canlı türleri üzerinde hükümler kurma hırslarının bir sonucu olduğunu ve insanın kibrinden kaynaklı olduğunu iddia etmektedirler. Yahudi hahamları yapay et üretimi konusunda fikir ayrılığına düşmüşlerdir. Bazıları kültürlü etin ancak orijinal hücreler kesilmiş bir koşer (Yahudi inancına uygun şekilde kesilmiş helal) hayvanından alındığında koşer olarak kabul edilebileceğini düşünmektedir. Diğerleri kültürlü eti üretmek için kullanılan hücrelerin kaynağı ne olursa olsun, kesinlikle orijinal kimliklerini kaybedeceklerini varsayarlar. Hristiyan dini otoriteleri bu konuda henüz bir açıklamada bulunmamıştır. Yapay et hakkında bazı etik ve felsefi kaygılar da bulunmaktadır. Örneğin yapay etin bir gün insan dokusundan da kültürlenebilme olasılığı ürkütücü görülmektedir. Böyle bir durumun ortaya çıkması modern dönemde bir kanibalizmin (yamyamlığın) doğmasına yol açacağı kaygısı taşınmaktadır (Chriki & Hocquette, 2020; Yetim & Tekiner, 2020).

TEK HÜCRE PROTEİNLERİ

Sürdürülebilir protein kaynağı olarak bazı bitki bazlı proteinler de üretilmektedir. Özellikle kinoa, amarant, Spirodela, Landoltia, Lemna, Wolffia ve Wolffia cinsi su mercimekleri gibi hızla çoğalabilen çevre dostu bitkiler günümüzde yaygınlaşmaktadır. Bunlar doğru tarım uygulamaları ile et ihtiyacına alternatif protein kaynağı olarak düşünülmektedirler. Bir diğer alternatif protein ürünü tek hücre proteinleridir. Bunlar farklı besi ortamlarında uygun koşullar altında çoğaltılan mikroorganizmaların oluşturduğu biyokütle ürünleridir. Tek hücre proteini algal, bakterial ya da fungal kaynaklı olabilmektedir. Tek hücre proteini alglerin, mayaların, bakterilerin büyük çapta üretilmesi ve kurutulmasıyla hazırlanır (<https://acikders.ankara.edu.tr/>). Tek hücre proteinleri veya mikrobiyal proteinler, özellikle mantarlar, mikro algler ve bakteriler gibi tek hücreli veya çok hücreli mikroorganizmalardan üretilen proteinlerdir. Mikroorganizmalar genellikle tanklarda veya reaktörlerde, mikroalgler ise açık havuz sistemlerinde yetiştirilir. Bunlar tarım ve hayvancılıkta olduğu gibi geniş araziler ve büyük su rezervleri gerektirmez, iklimsel değişimlerden bağımsızdırlar ve sera gazı salınımına sebep olmazlar. Bunların yaygın olarak bilinenleri mantarlardır. Diğerleri ise su yosunları (algler), mayalar ve bakterilerdir. Bunlar sürdürülebilirlik açısından cazipken, gıda güvenliği açısından risklidir (Aksoy, 2021).

İslam hukuk ilkeleri açısından meseleye bakıldığında bitki bazlı proteinler ile tek hücre proteinlerin kullanımı; necis ve zararlı olmamak, alkol ve uyuşturucu gibi sarhoş edici olmamak koşuluyla helal olduğu söylenebilir. Tek hücre proteinleri içerisinde mantarlar ve su yosunları gibi olanlar da helal dairesindedir. Ancak mikrobiyaller konusu ise tartışmalıdır. Örneğin mikrobiyal mayaların orijini ve çoğaltıldıkları besi ortamındaki bileşenlerin helallığı meselesi araştırma konusudur (Şimşek, 2013; Şimşek, 2019).

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Ahmed b. Hanbel. el-Müsned (Mevsû'atü's-sünne el-kütübi's-sitte ve şurûhihâ içinde). İstanbul, 1992.
- Ahmad Labeeb Tajudeen. (2020). Insects as a source of high-quality protein: a demystification of halalan thayyiban. Vol 5, No 2 (2020): September 2020 – Articles Halal Certification of Insect-Based Food: A critique, Prosiding (Proceeding) 4th International Seminar Halalan Thayyiban Products and Services 2019: Bandar Seri Begawan: UNISSA Press, Universiti Islam Sultan Sharif Ali, 2020.
- Aksoy, A. B. (2021). Sürdürülebilir Protein Kaynakları: Bitki, Böcek, Yapay Et ve Tek Hücre Proteinleri. 3. Uluslararası Türk Dünyası Fen Bilimleri ve Mühendislik Kongresi 14-15 Haziran 2021, Niğde – Türkiye.
- Chriki, S. ve Hocquette, J. F. (2020). The Myth of Cultured Meat: A Review. *Frontiers in nutrition*, 7: 7. DOI: 10.3389/fnut.2020.00007.
- Demirci, M., & Yetim, H. (2021). İnsan Gıdası Olarak Böcek Proteinleri Tüketimi ve Getirdiği Sorunlar. *Helal ve Etik Araştırmalar Dergisi*, 3(2), 11-22. <https://doi.org/10.51973/head.1035367>
- Durmuş, İ. (2024). “Tecâhül-i ârif”, *TDV İslâm Ansiklopedisi*, <https://islamansiklopedisi.org.tr/tecahul-i-arif#1> (14.01.2024)
- Ebû Dâvûd, S. b. E. es-Sünen (Mevsû'atü's-sünne el-kütübi's-sitte ve şurûhihâ içinde). İstanbul 1992.
- el-Cenâbî, Adil Abdüssettâr Abdülhasen. (2015). “Fıkhu'l-haşerât dirâse mukârene li-ahkâmî'l-haşerât ve'd-deydân fi'l-fikhi'l-İslâmî”, *Mecelletü Külliyyeti'l-'Ulûmî'l-İslâmiyye li-Câmi'ati Bağdâd*, 45, 285-318.
- Hamdan, M. N., Post, M. J., Ramli, M. A., Mustafa, A. R. (2018). Cultured meat in Islamic perspective. *Journal of Religion & Health*. 57 (6), 2193–2206. DOI: 10.1007/s10943-017-0403-3.
- İbn Mâce, Muhammed b. Y. es-Sünen (Mevsû'atü's-sünneti'l-kütübi's-sitte ve şurûhihâ içinde), İstanbul 1413/1992.
- Kemal b. Sâdık Yâsîn, (2007). *Ahkâmü'l-haşerât fi'l-fikhi'l-İslâmî*, Riyâd: Mektebetü'r-Rüşd.
- Mv.F el-Mevsû'atü'l-fikhiyye*, Küveyt 1404/1983 – <https://shamela.ws/book/11430/2903>
- Öğüt, Salim (2023). “Tahâret”, *TDV İslâm Ansiklopedisi*, <https://islamansiklopedisi.org.tr/taharet> (31.12.2023)

- Şimşek, M. (2013). İslam Hukuku Açısından Karışımlarda İstihlak Yoğaltım. *Uluslararası 2. Helal ve Sağlıklı Gıda Kongresi*, 1, 401-414.
- Şimşek, M. (2019). Helal Gıda Araştırmalarında Günümüz Fıkıh Problemi Olarak İstihâlâ ve İstihlâk. *Helal ve Etik Araştırmalar Dergisi*, 1(1), 1-17.
- Şimşek, M. (2021). “Fıkhi Açıdan Yapay Et Meselesi”, *Fikriyat Dergisi*: <https://www.fikriyat.com/yazarlar/murat-simsek/2021/04/05/fikhi-acidan-yapay-et-meselesi>
- Syed Fazal ur Rahim. (2018). Islamic jurisprudence and the status of arthropods: as alternative source of protein and with regard to E120. *MOJ Food Process Technol.* 2018;6(4):330–340.
- Tirmizî, Ebû İsâ Muhammed. es-Sünen (Mevsû‘atü’s-sünneti’l-kütübi’s-sitte ve şurûhihâ içinde). İstanbul 1992.
- Yavuz, M. (2019). “İbn Sina ve Böceklerin Tıpta Kullanımları”, *Böcek Kitabı*, İstanbul: Kitabevi yayınları, s. 441-454. https://isamveri.org/pdfdrq/D279643/2019/2019_YAVUZM.pdf
- Yetim, H & Tekiner, İ. (2020). Alternatif Protein Kaynaklarından Yapay Et Üretimi Kavramına Eleştirel Bir Bakış. *Helal ve Etik Araştırmalar Dergisi*, 2 (2), 85-100. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/head/issue/58407/832170>
- Zeyla‘î, C. A. *Nasbu’r-râye li ahâdîsi’l-Hidâye*. Kahire: Dâru’l-Hadîs, ty.

Yazar Hakkında / About Author

Prof. Dr. Murat ŞİMŞEK | Marmara Üniversitesi |
murat.simsek[at]marmara.edu.tr | ORCID: 0000-0002-3496-7872

Selçuk Üniversitesi İlahiyat Fakültesi'ni bitirdi (1999). Yüksek Lisansını (2002) ve doktorasını (2008) aynı üniversitede İslam Hukuku alanında tamamladı. 2015'te doçent oldu. Konya Necmettin Erbakan Üniversitesi İlahiyat Fakültesi İslam Hukuku anabilim dalında görev yaptı. Karabük Üniversitesi İlahiyat Fakültesi'nde profesör ve dekan olarak çalıştı (2020-2022). Marmara Üniversitesi İslam Ekonomisi ve Finansı Enstitüsü'nde görev yapmaktadır. İslam hukuk tarihinin Hanefilik özelinde gelişimi, Osmanlı dönemi uygulamaları ve *Mecelle* ile ilgili araştırmaları vardır. Fıkıh usulünde sünnet, Hz. Peygamber'in tasarrufları alanında; yine teorik ve tarihi bağlamda fıkıh ilminin konusu, ilkeleri, meseleleri, ilimler tasnifindeki yeri konularında çalışmalar yaptı. Son yıllarda İslam ekonomisi, İslami finans ve İslami sigortacılık alanlarına yöneldi. Bu alanlarda akademik ve fikri yazılar kaleme aldı. Yine helal yaşam, helal gıda, helal ekonomi ve helal turizm konularında çalışmalar yürüttü. NEÜ Helal ve Sağlıklı Gıda Uygulama ve Araştırma Merkezi müdürlüğü ve TSE Helal Gıda Akademik İstişare Kurulu üyeliği görevlerinde bulundu.

Prof. Dr. Murat ŞİMŞEK | Marmara University |
murat.simsek[at]marmara.edu.tr | ORCID: 0000-0002-3496-7872

He graduated from Selçuk University Faculty of Theology (1999). He completed his master's degree (2002) and PhD (2008) in Islamic Law. He became an associate professor in 2015. He worked at Konya Necmettin Erbakan University Faculty of Theology, Department of Islamic Law. He worked as a professor and dean at Karabük University Faculty of Theology (2020-2022). He is currently working at Marmara University Institute of Islamic Economics and Finance. He has researches on the development of the history of Islamic law with a special focus on Hanafism, Ottoman period practices and *Majalla*. He has conducted studies in the field of sunnah, the Prophet's acts and the concept of nass in the method of fiqh; again in the theoretical and historical context, the subject, principles, issues, and the place of fiqh in the classification of sciences. In recent years, he has focused on Islamic economics, finance and insurance. He has written academic and intellectual articles in these fields. He also carried out studies on halal life, halal food, halal economy and halal tourism. He served as the director of NEU Halal and Healthy Food Application and Research Centre and as a member of TSE Halal Food Academic Advisory Board.

DİZİN / INDEX

A

Akdeniz Diyeti 20, 31, 167, 171, 177
Alerjenler 58, 90, 138, 154, 174
Alternatif Besinler 17, 19, 20, 21, 23, 25, 26, 172
Amarant 21, 87, 245
Antihipertansif 21, 22, 155
Antiinflamatuvar 42, 86, 155, 167, 176
Antikanserojen 42
Antimikrobiyel Direnç 52
Antinörodejeneratif 42
Antinutrient Faktör 96
Antinutrisyonel Öğeler 154
Antioksidan 20, 23, 42, 86, 88, 93, 94, 96, 105, 135, 136, 139, 153, 155, 156, 172, 173, 174
Atık Su 133, 139, 189
Atık Yönetimi 185, 187, 188, 189, 195, 196
Azot Fiksasyonu 42

B

Badem Sütü 55, 59, 60, 212
Baklagiller 20, 21, 24, 26, 55, 56, 57, 61, 81, 83, 84, 87, 88, 94, 95, 96, 100, 136, 148, 155, 172, 185, 191, 192, 193, 197, 213
Besin Endüstrisi 189, 191
Besin Güvencesizliği 169
Besin Kıtlığı 237
Besin Öğeleri 42, 145, 151
Bitki Bazlı Süt Alternatifleri 55, 59, 60, 87, 95, 209, 212
Bitki Bazlı Yoğurt Alternatifleri 96, 209
Bitkisel Bazlı Et Analogu 98
Bitkisel Protein 24, 84, 94, 97, 145, 152, 167, 172, 175, 176, 192, 213, 217
Biyoaktif Bileşenler 25, 87, 99
Biyoaktif Bileşikler 42, 86, 145, 167, 173, 176, 231
Biyçeşitlilik 39, 41, 190
Biyofotonik 114

Biyoreaktör 58, 109, 113, 115, 131, 136, 137
Biyoteknoloji 45, 49, 59, 117, 131, 136, 142, 235, 243
Böcek Bazlı Protein 193, 194

D

Doku Kültürü 59, 62, 67, 114, 242
Diyet 20, 21, 22, 23, 24, 26, 30, 31, 39, 55, 68, 83, 84, 86, 87, 91, 148, 151, 167, 169, 171, 172, 174, 176, 177, 180, 191, 192, 193, 194, 202, 203, 212, 214, 216, 221, 222, 237

E

Ekolojik Ayak İzi 147
Ekosistem 35, 37, 38, 41, 42, 51, 58, 68, 169, 188, 196
Embriyonik Kök Hücre 109, 114, 115, 116
Emülgatör 22, 81, 99, 100
Entomofaji 54, 145, 149, 172, 221, 237
Erozyon 35, 41, 196
Esansiyel Amino Asit 21, 57, 84, 86, 87, 88, 131, 134, 136, 139, 172
Etik Değerler 17, 19, 20, 23

F

Fao 20, 52, 53, 59, 68, 84, 147, 148, 150, 170, 171
Fda 53, 55, 59, 60, 64, 66
Fermente Ürünler 52, 87, 98, 105
Fikosiyanın 135
Fitokimyasal 21, 25, 192
Fonksiyonel Gıda 42, 98, 136, 155
Frankeştayn Eti 111

G

Gdo 64, 65, 66, 242, 243
Geleneksel Gıda 39, 49, 59, 139, 145, 148, 174

Gezegen Sağlık Diyeti 20
Gıda Atıkları 138, 139, 189, 195, 196
Gıda Güvenliği 37, 42, 51, 53, 54, 58, 64, 65, 66, 67, 68, 76, 92, 117, 150, 154, 171, 174, 196, 209, 215, 222, 245
Gıda Hijyeni 74
Gıda Sistemleri 49, 51, 52, 59, 197
Glüten 56 87
Gübre 37, 42, 54, 86, 91, 131, 133, 172, 176, 188, 194, 196

H

Hayvansal Protein 23, 24, 52, 54, 57, 68, 87, 92, 145, 147, 150, 152, 170, 171, 172, 175, 177, 185, 187, 237
Hayvansal Üretim 22, 51, 52, 68, 175, 185, 195, 196
Herbisit 133, 196
Hipertansiyon 19, 25, 173
Hormon 19, 114, 149, 173
Hücre Farklılaşması 58
Hücre Kültürü 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 62, 64, 66, 67, 68, 109, 114, 115, 116, 117, 172, 175, 185, 194, 197, 217, 242, 158, 169
Hücrel Tarım 191, 194, 195

İ

İnsülin Direnci 19, 24
İklim Değişikliği 17, 20, 23, 35, 49, 51, 52, 59, 68, 83, 133, 169, 172, 190, 196, 214, 216

K

Kanserojen 24
Karbon Ayak İzi 59, 172, 188, 190, 197
Kardiyovasküler Hastalıklar 24, 25, 39, 133, 172, 174
Konvansiyonel Et 109, 112, 114
Kronik Hastalıklar 19, 23, 86, 169, 174
Kültive Edilmiş Et 111
Kültürlenmiş Et 22, 56, 58, 133, 194, 217, 242, 243

L

Laboratuvar Eti 58, 111

M

Metiyonin 25, 57, 87, 134, 136, 152
Mikotoksinler 138, 174
Mikroalg Proteinleri 56, 90, 224
Mikrobiyal Proteinler 84, 207, 209, 224, 225, 245
Mikroalg 17, 20, 21, 56, 62, 90, 134, 135, 138, 148, 167, 172, 174, 175, 176, 193, 197, 245
Mikoprotein 22, 55, 56, 62, 68, 148, 172, 224, 225

N

Nanoteknoloji 114
Nitrojen Ayak İzi 188
Nütrasötik 135, 138

O

Obezite 19, 24, 31, 39, 86, 167, 170, 171, 173, 176, 203
Organoleptik 41, 192

P

Peptitler 21, 22, 92, 93, 154, 155, 156, 173
Pestisit 19, 58, 112, 138, 149, 154, 174, 194, 196
Pluripotent Kök Hücreler 109, 114, 115, 116
Popülasyon 25, 37
Protein İzolatları 81, 92, 97, 150

R

Rejeneratif Tıp 115

S

Sentetik Et 111
Soya Sütü 59, 60, 96, 212
Su Ayak İzi 171, 188, 190
Stabilizatörler 55, 57, 92, 99
Spirulina 56, 62, 90, 134, 135, 136, 138, 193, 197
Sera Gazı 20, 25, 26, 51, 52, 54, 83, 86,

91, 133, 145, 147, 167, 171, 172, 176, 189, 196, 245
Sürdürülebilirlik 20, 26, 37, 41, 51, 68, 117, 139, 147, 154, 176, 185, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 195, 196, 245
Soya Fasulyesi 21, 22, 59, 87, 89, 94, 96, 98, 99, 134

T

Tahıllar 17, 19, 20, 21, 24, 26, 55, 56, 81, 83, 84, 86, 87, 94, 95, 96, 98, 100, 136, 148, 191, 192, 197, 239
Thp (Tek Hücreli Protein) 131, 133, 134, 135, 136, 139
Tip-2 Diyabet 24, 25, 133, 173
Tokoferoller 21, 24
Toplu Beslenme Sistemleri 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197
Treonin 87, 134, 136, 152, 193
Tüketici Kabulü 92, 150, 154, 185, 191, 194, 207, 217, 221, 222, 223, 224

V

Vegan 19, 60, 61, 83, 106, 169, 194, 197, 211, 222
Vejetaryen 17, 19, 23, 61, 83, 169, 171, 174, 222, 225
Vitaminler 21, 41, 42, 57, 86, 87, 114, 136

Y

Yaban Hayatı 35, 37, 39, 41
Yabani Yenilebilir Meyve 35, 37, 38, 39, 41, 42
Yağlı Tohumlar 20, 24, 26, 55, 84, 88, 94, 100, 191, 192, 213
Yalancı Tahıllar 84, 87, 95, 100
Yapay Et 17, 20, 22, 25, 26, 58, 109, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 172, 174, 175, 176, 207, 217, 218, 219, 220, 224, 225, 235, 242, 243, 244, 245
Yeni Gıda Yönetmeliği 61, 62, 65, 67
Yenilebilir Böcekler 22, 49, 133, 145, 148, 150, 151, 154, 155, 157, 158, 173, 174, 185, 191, 193, 194, 197, 221
Yulaf Sütü 55, 96

Z

Zoonotik Hastalıklar 52, 112, 172



Yayını okumak için kodu taratın lütfen.



Yayını okumak için kodu taratın lütfen.



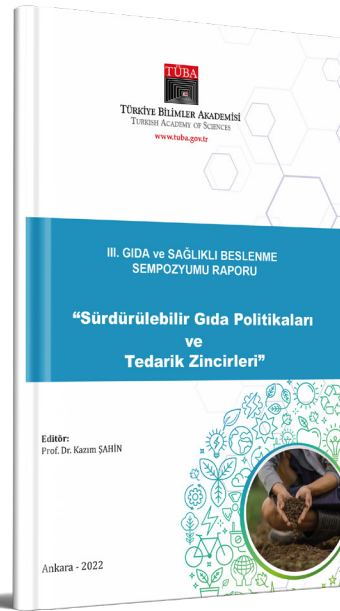
Yayını okumak için kodu taratın lütfen.

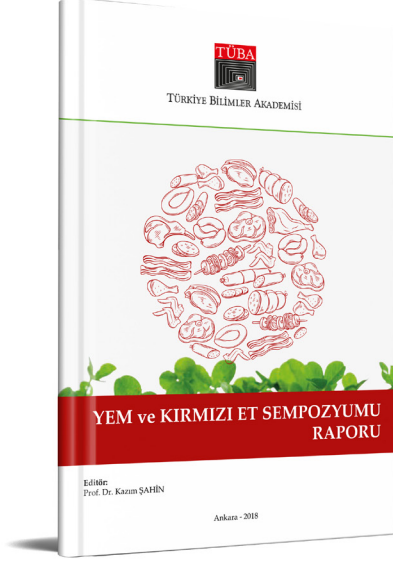


Yayını okumak için kodu taratın lütfen.



Yayını okumak için kodu taratın lütfen.

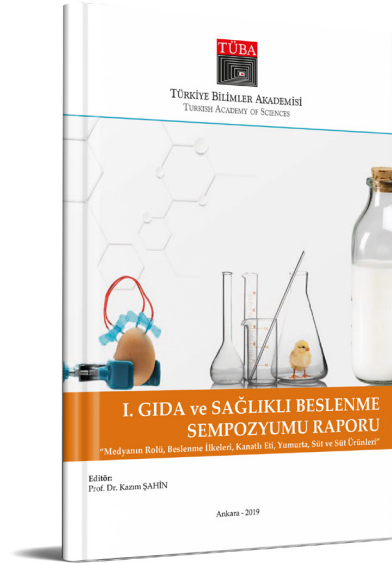




Yayını okumak için kodu taratın lütfen.



Yayını okumak için kodu taratın lütfen.



youtube.com/TurkiyeBilimlerAkademisi