




Tarıma Çok Yönlü Yaklaşım: Ürün ve Bilgi Üretimi 1

Editörler
Prof. Dr. Nurhan KESKİN
Prof. Dr. Zeliha GÖKBAYRAK
Doç. Dr. Burçak İŞÇİ

İKSAD
Publishing House

Tarıma Çok Yönlü Yaklaşım:

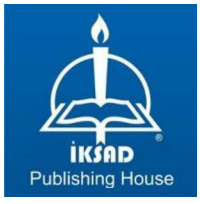
Ürün ve Bilgi Üretimi 1

Editörler

Prof. Dr. Nurhan KESKİN
Prof. Dr. Zeliha GÖKBAYRAK
Doç. Dr. Burçak İŞÇİ

Yazarlar

Prof. Dr. Birhan KUNTER
Prof. Dr. Hakan ENGİN
Prof. Dr. Murat TUNÇTÜRK
Prof. Dr. Nurhan KESKİN
Prof. Dr. Ramazan ÇAKMAKÇI
Prof. Dr. Rüveyde TUNÇTÜRK
Prof. Dr. Songül ÇAKMAKÇI
Prof. Dr. Savaş KORKMAZ
Prof. Dr. Yusuf Ersoy YILDIRIM
Prof. Dr. Zeliha GÖKBAYRAK
Doç. Dr. Abdullah GÜLLER
Doç. Dr. Ali KARANFİL
Doç. Dr. Burçak İŞÇİ
Doç. Dr. Çiğdem GÜNEŞ
Doç. Dr. Engin GÜR
Doç. Dr. Filiz RANDA-ZELYÜT
Doç. Dr. İsmail TAŞ
Doç. Dr. Mustafa TERİN
Doç. Dr. Mustafa USTA
Doç. Dr. Şahin KÖK
Dr. Öğr. Üyesi Fırat ALATÜRK
Dr. Öğr. Üyesi Osman DOĞAN
Arş. Gör. Dr. Serap DEMİREL
Dr. Güzin TARIM
Arş. Gör. Ramazan AKTÜRK
Zir. Yük. Müh. Ali KILINÇ
Zir. Yük. Müh. Yudum BURCU
Zir. Yük. Müh. Zeynelabidin KURT
Zir. Müh. Mehmet NAMAZ
Zir. Müh. Nisa SİNANOĞLU



Copyright © 2024 by iksad publishing house
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or transmitted in any form or by
any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses permitted by copyright law. Institution of Economic Development and Social Researches Publications®
(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)
TÜRKİYE TR: +90 342 606 06 75
USA: +1 631 685 0 853
E mail: iksadyayinevi@gmail.com
www.iksadyayinevi.com

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.
Iksad Publications – 2024©

ISBN: 978-625-367-980-4
Cover Design: İbrahim KAYA
November / 2024
Ankara / Türkiye
Size = 16x24 cm

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....1

BÖLÜM 1
SERT ÇEKİRDEKLİ MEYVE AĞAÇLARINDA ÇİÇEK TOMURCUĞU OLUŞUMU
Prof. Dr. Hakan ENGİN
Prof. Dr. Zeliha GÖKBAYRAK.....3

BÖLÜM 2
COĞRAFİ İŞARET VE TÜRKİYE'DE COĞRAFİ İŞARETLİ ÜZÜM ÇEŞİTLERİ
Doç. Dr. Burçak İŞÇİ
Zir. Müh. Nisa SİNANOĞLU.....29

BÖLÜM 3
ASMADA VERİM VE KALİTE PERFORMANSINA ÇOK YÖNLÜ YAKLAŞIM: EKOLOJİ VE ÇEŞİT İLİŞKİSİ
Zir. Yük. Müh. Ali KILINÇ
Prof. Dr. Nurhan KESKİN
Prof. Dr. Birhan KUNTER.....57

BÖLÜM 4
ÜZÜM MUHAFAZASINDA KULLANILAN AMBALAJ MATERYALLERİ
Dr. Güzin TARIM.....81

BÖLÜM 5
BAĞCILIKTA YAZ BUDAMASI UYGULAMALARI
Dr. Öğr. Üyesi Osman DOĞAN.....95

BÖLÜM 6
BAKÜLOVİRÜSLERİN ENTOMOPATOJENİK POTANSİYELİ VE BİYOİNSEKTİSİT OLARAK KULLANIM STRATEJİLERİ
Zir. Yük. Müh. Zeynelabidin KURT
Doç. Dr. Abdullah GÜLLER
Doç. Dr. Mustafa USTA
Arş. Gör. Dr. Serap DEMİREL.....119

BÖLÜM 7
ÜLKEMİZ GÜLLERİNDE TESPİT EDİLEN VİRÜS HASTALIKLARI
Doç. Dr. Ali KARANFİL
Doç. Dr. Filiz RANDA-ZELYÜT
Prof. Dr. Savaş KORKMAZ……..……....141

BÖLÜM 8
MEYVE YETİŞTİRİCİLİĞİNDE ZARARLI AFİTLER (HEMIPTERA: APHIDIDAE) İLE BİYOLOJİK MÜCADELE
Arş. Gör. Ramazan AKTÜRK
Doç. Dr. Engin GÜR
Doç. Dr. Şahin KÖK.....161

BÖLÜM 9
BİTKİ PARAZİTİ NEMATODLARIN BAĞCILIK AÇISINDAN ÖNEMİ
Prof. Dr. Zeliha GÖKBAYRAK
Doç. Dr. Çiğdem GÜNEŞ.....189

BÖLÜM 10
MİKROBİYAL VE HÜCRESEL TARIMSAL PROTEİN ÜRETİMİ
Prof. Dr. Ramazan ÇAKMAKÇI
Dr. Öğr. Üyesi Fırat ALATÜRK.....215

BÖLÜM 11
GELECEĞE YÖNELİK GIDA ÜRETİM STRATEJİLERİ VE ALTERNATİF PROTEİN KAYNAKLARI
Prof. Dr. Songül ÇAKMAKÇI
Prof. Dr. Ramazan ÇAKMAKÇI…….....253

BÖLÜM 12
AĞRI İLİ PATNOS İLÇESİNDE ÇİFTÇİLERİN TARIMSAL DESTEKLERDEN FAYDALANMA DURUMLARININ ANALİZİ
Doç. Dr. Mustafa TERİN
Zir. Müh. Mehmet NAMAZ.....277

BÖLÜM 13
ALTERNATİF ŞEKER BİTKİLERİ
Zir. Yük. Müh. Yudum BURCU
Prof. Dr. Rüveyde TUNÇTÜRK
Prof. Dr. Murat TUNÇTÜRK.....297

BÖLÜM 14
KULLANILMIŞ SULARIN, SULAMADA YENİDEN KULLANIMIYLA SAĞLANAN SU VE GÜBRE TASARRUFU
Doç. Dr. İsmail TAŞ.....323

BÖLÜM 15
EM 38 İLE TOPRAK TUZLULUĞUNUN ÖLÇÜLMESİ VE HARİTALANMASI
Doç. Dr. İsmail TAŞ
Prof. Dr. Yusuf Ersoy YILDIRIM.....369

BÖLÜM 11

GELECEĞE YÖNELİK GIDA ÜRETİM STRATEJİLERİ VE ALTERNATİF PROTEİN KAYNAKLARI

Prof. Dr. Songül ÇAKMAKÇI[1*]
Prof. Dr. Ramazan ÇAKMAKÇI[2]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14277436

[1]Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 25240, Erzurum-Türkiye. ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-0334-5621
[2]Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkiler Bölümü, 17100 Çanakkale-Türkiye. ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-1354-1995
*sorumlu yazar: cakmakci@atauni.edu.tr

1. GİRİŞ

Antik çağlardan beri ihtiyacı olan gıdaları üretmenin, dönüştürmenin, saklamanın ve tüketmenin yollarını geliştiren insan; gıda güvenliği, sağlık ve çevre sorunlarının çözümünde bilimin ve gelişen teknolojilerin daha da önemli olacağı bir dönemle karşı karşıyadır. Zaman içerisinde bilim, teknoloji, sosyal, ekonomik, politik ve demografik alanlarda meydana gelen değişimlere uygun, uyarlanabilir, esnek ve dönüştürücü projelerle birlikte mevcut olanın ötesine geçerek yeniliğe, değer üretmeye ve gıdayı tasarımla etkilemeye yönelmiş/yönelmektedir. İklim değişikliğine uyum ve etkilerinin hafifletilmesi, küresel nüfus artışı, kirlilik, atık ve biyolojik çeşitlilik kaybının azaltılması ve artan nüfusun güvenli gıdalarla beslenmesi tarımsal gıda endüstrisinin ve gıda tedarik zincirinin karşılaştığı önemli zorluklardır.

Küresel nüfus artışıyla birlikte özellikle gıda ve suya yönelik acil talep artmaktadır (Xiong vd., 2023; Nobanee ve Shanti, 2024). Dünyanın geleneksel biyolojik kaynakları tükenirken bir yandan da sağlıklı ve sürdürülebilir gıda kaynaklarına ihtiyaç artmaktadır. Artan dünya nüfusunu sınırlı kaynaklarla beslemek tarım-gıda sektörü için giderek daha büyük bir küresel sorun haline gelmekte ve gıda seçimleri de insan sağlığını ve çevreyi etkileyecek şekilde değişmektedir. Gıda sistemleri iklim ve arazi kullanımındaki değişikliğin, tatlı su kaynaklarının tükenmesinin ve aşırı nitrojen ve fosfor girdisi nedeniyle su ve kara ekosistemlerinin kirlenmesinin önemli bir nedenidir (Springmann vd., 2018; Landesz, 2023). Hızlı kentsel genişleme ve endüstriyel gelişmeler kaynak kıtlığına neden olmaktadır. İklim krizinin yanı sıra tüketim ve üretim sistemlerinin doğal kaynaklara yaptığı baskı gıda sistemlerini tehlikeye atmaktadır (FAO, 2017). Aşırı iklim olaylarının artması teknolojik ilerlemenin verim üzerindeki olumlu etkisini yavaşlatmakta hatta olumsuz etkilemektedir (Lesk vd., 2021; Zhao vd., 2022). Üretimdeki artış nedeniyle, gıda güvenliği son yıllarda belli oranda iyileşme gösterse de KOViD-19 salgını ve deprem gibi felaketler sırasında ve sonrasında daha fazla karmaşıklaşma nedeniyle önemi fark edilmeye başlayan gıdaya erişim ve güvenlik, birçok ülke ve bölgenin karşı karşıya olduğu ciddi bir sorundur (Xie vd., 2021; Çakmakçı vd., 2023a). Nitekim, 2020 yılında dünya çapında 811 milyondan fazla insan iklimle ilgili şoklar, gelir eşitsizliği, arazi mülkiyetindeki değişiklikler ve ekonomik krizler nedeniyle yetersiz beslenmeyle karşı karşıya kalmıştır (FAO ve WHO, 2021). İnsanların sağlıklı ve mutlu beslenme arayışıyla birlikte, nüfus artışı, değişen demografi, iklim değişikliği, doğal kaynakların tükenmesi, adaletsiz gıda

dağılımı, diyetlerin kalitesi ve yeterliliğinde azalma, gıda israfı, ekonomik ve ekolojik bozulma, su kıtlığı, arazi bozulması, doğal afetlere karşı savunmasızlık, güvensizlik, çevre ve halk sağlığı ve kaynak kısıtlığı gelecekte sürdürülebilir ve sağlıklı gıda tedariği açısından büyük zorluklar oluşturmaktadır. Olumsuz çevresel etkileri ve gıda güvenliğine yönelik tehditlere karşı direnç noksanlığı (Horton, 2023), iklim değişikliğine (Zurek vd., 2022) ve su güvenliğine (Rockström vd., 2023) olumsuz etkileri dolayısıyla mevcut gıda üretim sistemlerinin amaca tam uygun olmadığı görülmektedir. Son yıllarda ortaya çıkan bazı durumlarda görüldüğü üzere, gelişmiş teknolojiler ve denetim sitemleri dahi gıda kalitesi ve güvenliğini garanti edememektedir.

Doğal kaynakların kirlendiği, yanlış yönetildiği ve ciddi şekilde tükendiği günümüz dünyasında, ekosistemleri ve doğal kaynakları korurken, artan nüfusu besleyecek sürdürülebilir bir gıda sistemi geliştirmek zorlu bir görev haline gelmiştir. Herkes için yeterli, çevresel açıdan sürdürülebilir, besleyici, güvenli ve erişilebilir gıdanın sağlanması sürdürülebilir hedeflerin başında gelmektedir. Geleceğin gıdaları ve trendleri, insanın hayatta kalmasının garantisi olarak daha sağlıklı, güvenli, besleyici ve daha lezzetli gıda üretimiyle birlikte küresel gıda arzı, gıda güvenliği, beslenme ve sağlık sorunlarını çözmeyi amaçlamaktadır (Liu vd., 2022; Wang ve Zhang, 2024). Ancak mevcut uzun tedarik zincirine dayalı gıda sitemi; küresel nüfusu besleyemediği, olumsuz ekolojik, çevresel, lojistik ve beslenme baskıları oluşturduğundan dolayı yeni ve verimli sürdürülebilir gıda sistemlerine ve gıda kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır (Soria-Lopez vd., 2023). Tarım sistemlerinin gıda ve beslenme, iklim, çevre ve geçim güvenliğine ilişkin küresel hedeflerle uyumlu olmadığı (DeClerck vd., 2023), hatta nedeni olduğu çevresel bozulmanın kurbanı olabileceği ve beslenme ve gıda güvenliğini sağlayamamanın yanı sıra iklim değişikliği, çeşitlilik ve sağlık hedeflerini karşılamak için büyük bir dönüşüme ihtiyaç duyulduğu kabul edilmektedir (Rockström vd., 2020; DeClerck vd., 2023). Gelecekte, gıda sistemlerinin daha az kaynak kullanarak gıda üretimini artırmak ve gıda israfını azaltmak için büyük değişikliklere ihtiyacı olacağı açıktır.

Gıda güvenliği ve sürdürülebilir gıda üretimiyle birlikte, nanopartiküller, nanoemülsiyonlar, mikroorganizmalar, fonksiyonel malzemeler, değiştirilmiş biyopolimerler ve genler gıda bilimi alanında giderek daha önemli konular haline gelmektedir (Gupta vd., 2023). Gıda endüstrisinde, yeni gıdaların ve yeni

gıda endüstrilerinin ortaya çıkışı ve gelişimi, alternatif protein kaynakları, fonksiyonel gıdaların evrimi ve kullanımının artması, nanoteknolojinin kullanımı artan trendler olarak gözden geçirilmiştir.

Bu derlemenin temel amacı, gıda sistemlerindeki farklı eğilim ve bakış açılarını inceleyerek, etkili, sürdürülebilir küresel gıda sistemlerine yönelik stratejilerin geliştirilmesi, faydaları, sınırlamaları ve sistemlerin gelecekteki zorluklarına ilişkin görüşler belirtmek ve gıda güvenliği yönetimini de kapsayan gelecekte yapılacak araştırmalar ve gıda trendleri için öneriler sunmaktır. Bu bölümde, geleceğin gıdaları ve protein kaynakları konusunda, güvenlik, koruma, beslenme, duyusal, refah, çevresel zorlukların üstesinden gelme fırsatlarıyla birlikte, yeni yaklaşımlar, yenilikçi yorumlar, gelecekteki olasılıklar ve teknolojiler tartışılmaktadır.

2. GIDA KALİTESİ, GÜVENLİĞİ VE YETERLİLİĞİ

Gıda güvenliği yönetimi çevre, gıda, ekonomi ve tarım bilimini kapsayan çok yönlü bir kavramdır (Shen vd., 2021). Gıda güvenliği beslenme ihtiyaçlarını karşılamak ve sağlıklı bir yaşam sürdürmek için yeterli, güvenli, kültürel olarak kabul edilebilir, besin değeri açısından yeterli, sağlıklı ve besleyici gıdanın bulunabilirliğini ve erişilebilirliğini kapsar (Qasrawi vd., 2023; Oyelami vd., 2023). Sağlıklı bir yaşam için yeterli, güvenli, besleyici gıdanın tüm bireylerin ihtiyaç ve tercihlerini karşılayacak şekilde fiziksel ve ekonomik olarak erişilebilir olması gerekir. Gıda güvenliği stratejileri gıdanın sadece miktarına değil, vitaminler, mineraller ve proteinler gibi gıda bileşenleri ile duyusal, tekstürel ve fonksiyonel özelliklerden oluşan gıda kalitesine de odaklanmaktadır (Çakmakçı ve Çakmakçı, 2023). Başlangıçta gıdanın bütünlüğünü, stabilitesini ve güvenliğini garanti altına alma zorluklarıyla başlayan gıda teknolojisi, zamanla lezzeti artırılmış gıda ürünlerinin geliştirilmesi daha sonra sağlık ve refaha odaklanmıştır (Silva vd., 2018; Augusto, 2020). En az bozulma ve en az maliyetle güvenli, stabil ve besleyici ürünler elde edilse de görünüş, tat, koku, lezzet ve doku gibi duyusal özellikler de dikkate alınmalıdır.

Gıdanın temel amacı beslenme olmasına rağmen insanlar gıda seçimlerini sadece lezzet ve besin değerlerine, gıdaların sunumuna göre değil, aynı zamanda kültürel, dini, tarihi, ekonomik veya sosyal statüye ve çevresel faktörlere göre de yapmaktadırlar. Gıda arzının yanı sıra, gıda güvenliği, aynı zamanda bölgesel erişilebilirlik, gıda tedariki, kullanımı, satın alma gücü, gıda

kalitesi, siyasi ve sosyo-ekonomik istikrarla da ilgilidir (Xie vd., 2021). Gıda güvenliği insanların üretken bir yaşam için yeterli gıdaya erişiminin sağlanmasıyla birlikte, taze, özgün, kullanışlı ve lezzetli ürünlere yönelik gelişen taleplerini kapsamaktadır (Gupta vd., 2023).

Gıda güvenliğinin sağlanmasına yönelik özel tavsiyeler arasında agroekoloji, sürdürülebilirlik ve ekosistemlerin dayanıklılığının artırılmasının yanı sıra toprak sağlığının korunması ve üreticilerin ekonomik risklere karşı hassasiyetinin azaltılması (Çakmakçı vd., 2023a); gıda sistemlerinin dönüştürülmesi (Horton, 2023); küçük ölçekli çiftçilerin modern tarıma organik olarak entegre olmalarının desteklenmesi ve teşvik edilmesi (Heitala vd., 2021); değiştirilmesi ve bitkisel kaynaklı gıda tüketiminin teşvik edilmesi (Parodi vd., 2018), diyetlerin bileşiminin optimize edilmesi, gıda israfının azaltılması ve tahıl tüketiminde bileşimin ayarlanması (Wang, 2019; Liu vd., 2020) yer almaktadır. Gıda kalitesi ve güvenliğinin sağlanmasında yeni tekniklerin, kaynakların ve materyallerin önemi de giderek artmaktadır (Gupta vd., 2023).

Gıda üretim süreçlerinin başlangıcından itibaren çözülmesi gereken ilk zorluk güvenlik olup, halen mevcuttur ve yeni ürün ve teknolojiler geliştirildikçe geleceğin en önemli zorluklarından biri olarak güncelliğini koruyacaktır. Mevcut üretim sistemleri bölgesel dengenin ve ekosistem sağlığının korunmasından ödün vermeden, sağlıklı beslenme sorununu çözmede başarısız olmakta, çevresel zararlar ve sosyal adaletsizlikler oluşturmaktadır (Zimmerer vd., 2021; Çakmakçı vd., 2023 a). Güvenlikten sonraki zorluk, güvenli ürünlerin mikrobiyolojik, kimyasal, fiziksel ve biyokimyasal stabilitenin garanti edilerek korunmasıdır (Augusto, 2020). Üretim ve gelir eşitsizliği gıdaya erişim sorunlarını artırmaktadır. Gelir ve fiyatlardaki değişiklikler beslenme dengesini olumsuz yönde etkilemekte ve beslenme giderek daha dengesizleşmektedir (Santeramo vd., 2018). Kaynak kıtlığı ve iklim değişikliğinin gıda güvenliği üzerindeki olumsuz etkileri bilinmesine rağmen gıda yeterliliği ön plana çıkarken gıda güvenliği ve beslenme kalitesinin geleceği düşünülmemektedir (Mylona vd., 2018). Verimi artırma baskısı yoğun üretim sistemlerini teşvik etmiş, gıda sektörü daha büyük organizasyonlara yoğunlaşmış, yüksek verimli tür ve çeşitler, biyolojik çeşitlilik kaybı ve çevresel etkilere neden olmuş, erişilebilir kaliteli gübre ve diğer kaynaklar azalmaya başlamıştır. Her şeye rağmen, sistemlerin dayanıklılığı, gıda güvenliği ve beslenme için ön koşul olan sürdürülebilir gıda

güvenliği, nihai hedef olmaya devam etmekte ve bu çoklu hedeflere ulaşmak için akıllı seçimler ve stratejiler gerekmektedir. Gıda talebinin çevresel etkilerini en aza indirerek ve sosyal fırsatları en üst düzeye çıkararak sürdürülebilir bir şekilde ele alınması gerekmekte ancak bunun her zaman mümkün olabileceğini söylemek zor görünmektedir.

3. İNSAN BESLENMESİNDE ALTERNATİF PROTEİN KAYNAKLARI

3.1. Bitki Bazlı Proteinlere Yönelik Trendler

Et, süt ve ürünleri insan beslenmesinde önemli protein kaynakları olmasına rağmen, mevcut pazar gelişmeleri ve sürdürülebilirlik açısından hayvansal proteinlerin tahıllar, yalancı tahıllar, yağlı tohumlar, bezelye, fasulye, baklagiller, çimen, yeşil yapraklar, tohumlar, kuruyemişler, patates, mantar, algler gibi bitki bazlı proteinlerle kısmen değiştirilmesi gerektiğini göstermektedir (Lonnie vd., 2018; Aschemann-Witzel vd., 2021; Banach vd., 2023). Kirlilik, sera gazı emisyonları ve et üretiminden kaynaklanan çevresel sorunlar hayvansal gıdaların tüketimini azaltırken (Kotebagilu vd., 2023), KOVİD-19 salgınının insan beslenmesinin, özellikle bitki bazlı diyetlere dönüştürülmesine katkıda bulunduğu gözlemlenmiştir (Williams vd., 2023). Bitki bazlı proteinlerin geçmişi daha uzun, üretim maliyetleri daha düşük, erişimleri daha kolay ve çevresel olarak daha sürdürülebilir özellikleri vardır (Sim vd., 2021). Sınırlı doğal kaynaklar içerisinde bitki bazlı gıdalar ve proteinler büyüyen bir trenddir (Aschemann-Witzel vd., 2021). Sera gazı emisyonlarını ve su ayak izlerini azaltmak ve sürdürülebilir bir yaşam tarzını teşvik etmek için ağırlıklı olarak bitki bazlı bir beslenme modeli olan Akdeniz diyeti önerilmektedir (Dernini vd., 2017).

Hayvansal proteinler bitki bazlı proteinlere kıyasla daha iyi sindirilebilirliğe ve biyoyararlılığa sahip olmakla birlikte (Galanakis, 2021), genel olarak alternatif protein kaynaklarının hayvansal proteinlerden daha sürdürülebilir olduğu varsayılmaktadır (Munialo vd., 2022). Nüfus ve gelir artıkça ete olan talep artmaktadır (Palmieri vd., 2023). Et gibi hayvansal kaynaklı gıdalar besin maddeleri açısından en zengin gıdalar arasında olmasına rağmen (Pethick vd., 2023), sürdürülebilir kalkınma hedefleri ve tüketicilerin sağlık ve çevre konularında daha fazla bilinçlenmesiyle birlikte, gelecekte vegan gıdalar ve bitki bazlı diyetlere olan talep ve tüketimin artacağı öngörülmektedir (Kotebagilu vd., 2023). Hayvansal ürünlerin küresel üretimi

ve tüketimi çevre, arazi, enerji ve kaynak kullanımı bakımından sorun olmayı sürdürüyor olsa da gelirlerin artması ve gıda fiyatlarının düşmesi hayvansal bazlı diyetleri artırmakta ve gelecekte de artırmaya devam edeceği kabul edilmektedir (Lehikoinen ve Salonen, 2019). Ancak insan sağlığı, çevre ve doğal kaynaklar açısından, daha az hayvansal gıdaya ve daha az işlenmiş tam tahıllar, baklagiller, sebzeler, kuruyemişler ve meyveler gibi bitki bazlı gıdalara doğru ilerleyen bir gıda sistemi sürdürülebilir ve faydalıdır (Hassoun vd., 2022a; Henn vd., 2022; Trasca vd., 2024). Gıda sistemlerinde sağlık ve çevresel kaygılar nedeniyle hayvansal protein ikamelerine ve bitki bazlı beslenme rejimlerine doğru tüketici eğilimlerine rağmen (Bryant vd., 2019; Fehér vd., 2020; Raptou vd., 2024), et açısından zengin batı kültüründe kökleşmiş durumda olan hayvansal ürünlerin tüketimini azaltma eğilimi nispeten zor görülmektedir (Cheah vd., 2020).

Bitki bazlı diyetlerin benimsenmesinin artması; beslenmeye bağlı sağlık sorunlarının yanı sıra tarım ve gıdaya bağlı sera gazı emisyonlarını, çevresel etkiyi ve tarım arazisi, su ve gübre talebini de önemli ölçüde azaltacağı tahmin edilmektedir (Alcorta vd., 2021; Sun vd., 2022; Springmann vd., 2023; Bunge vd., 2024). Gıda ikameleri için baklagillere ilaveten, buğday ve yulaf gibi tahıllar ve şeker pancarının yeşil yaprakları gibi kaynaklar uygundur. Aslında buğday ve soya birlikte et ikamesinde kullanılabilirken, yulaf ise tedarik, besin içeriği, tat ve renk gibi olumlu özellikleri ile yoğurt, krema ve tatlılar gibi diğer süt ikamelerinde alternatif olarak kullanılabilir (Cardello vd., 2022; Banach vd., 2023). Bezelye ve nohut gibi diğer protein kaynaklarına yönelim olsa da soya, bitki bazlı proteinlerin birincil kaynağı olup et ve süt ürünlerine önemli bir alternatiftir (Sim vd., 2021; Chandran vd., 2023; Banach vd., 2023). Baklagil proteinlerinin çevresel açıdan hayvansal proteinlere sürdürülebilir bir alternatif olduğu bildirilmiştir (Liu vd., 2023).

Soya, bezelye, nohut, bakla, barbunya ve yeşil fasulye gibi baklagil proteinleri; buğday, mısır, pirinç, sorgum ve yulaf gibi tahıl proteinleri ve yer fıstığı, keten tohumu, susam ve ayçiçeği gibi yağlı tohum proteinleri protein takviyesi olarak kullanılmaktadır (Sá vd., 2020; Chandran vd., 2023). Börülce, şeker pancarı ve yonca gibi birçok bitkinin yaprakları bitki bazlı protein kaynakları olarak kullanılabilir (Banach vd., 2023). Çevresel etkileri endişe verici olan hayvansal protein tüketimini azaltmak için, siyanobakteri, tek hücre proteinleri, deniz yosunları, algler, mantarlar ve mikoprotein, böcekler, denizanası, yapay et ve sentetik proteinler gibi umut vadeden besinsel ve

çevresel performansa sahip alternatif ve sürdürülebilir protein kaynakları ile düşük çevresel etkiye sahip zengin bitki bazlı protein kaynaklarının dikkate alınması gerektiği belirtilmektedir (Parodi vd., 2018; Aschemann-Witzel vd., 2021; Banach vd., 2023; Soria-Lopez vd., 2023).

Gelecekte; ara sıra kullanılan ve halen kullanılmayan binlerce bitki türü gıda olarak kullanılabileceği gibi (Khoury vd., 2019); toprak, su ve gübreye ihtiyaç duymadan gıda kaynağı olabilen keşfedilmiş ve keşfedilmemiş denizanası, deniz yosunu ve suda yaşayan hayvan türleri de gelecek için potansiyel gıda kaynaklarıdır (Bernhardt ve O'Connor 2021; Choudhary vd., 2021; Duarte vd., 2022; Ranasinghe vd., 2022). Kahverengi, kırmızı ve yeşil algler ve deniz biyolojik kaynakları, küresel gıda güvenliğine katkıda bulunan önemli kaynaklar olup yüksek protein, vitamin, mineral ve biyoaktif bileşik içerikleri ve sürdürülebilirlikleri nedeniyle gıda, yem, ilaç ve biyoteknolojik uygulamalarda kullanılmaktadır (Choudhary vd., 2021; Duarte vd., 2022).

Bitki bazlı gıdalar, alternatif proteinlerin en büyük bölümünü oluşturur. Gelecekte; hem kolza tohumu ve ayçiçeği tohumu küspesi gibi tarımsal endüstrilerin yan ürünleri işlenebilir ve gıda sistemlerinin karlılığını artırmak için protein kaynağı olarak kullanılabilecek hem de hayvansal, bitkisel ve mikrobiyal kaynaklar kullanılarak üretilecek alternatif hücresel proteinler önemli hale gelecektir (Liu vd., 2023). Yer fıstığı, badem, soya ve Hindistan cevizi içeren, görünüşte süte benzese de gerçek süt ürünü olmayan, bitkisel süt veya bitki bazlı süt adı verilen doğal bir emülsiyon olan alternatiflere ultrason uygulanması, fiziksel stabilite, fermantasyon ve süt kadar mikroorganizma çoğalmasına elverişli olması gibi avantajlar sağlamıştır (Sarangapany vd., 2022). Ortaya çıkan gıda trendlerinin hayvansal kaynaklı ürünlerin yerine geçecek sürdürülebilir alternatiflerin geliştirilmesinde önemli bir potansiyele sahip olduğu (Hassoun vd., 2022b), ancak bitki bazlı alternatif gıdaların sağlık, çevre ve beslenme kalitesi üzerindeki etkisinin daha fazla araştırılması ve değerlendirilmesi gerektiği bildirilmiştir (Alae-Carew vd., 2022).

3.2. Hücresel Tarım Proteinleri

Alternatif proteinler gelecekte gıda güvencesi ve sürdürülebilir gıda üretimi açısından önemlidir. Fermantasyon yoluyla yeni tip gıda ve gıda bileşenleri üretimi mümkün olabilirken, halen çok küçük ölçekte de olsa, sentetik biyoloji teknikleri, kök hücre biyolojisi ve doku mühendisliğindeki gelişmeler sonucunda, kök hücreler kullanılarak biyoreaktörlerde kültür eti gibi alternatif proteinlerin biyoteknolojik üretimi mümkün olabilmektedir (Rubio vd., 2020; Zhang vd., 2020). Hücresel tarım, farklı ürünlerin üretimi için yeni ortaya çıkan bir alandır ve doku mühendisliği teknikleri gelecek için umut vericidir (Reiss vd., 2021). Bitki bazlı et ve laboratuvarda geliştirilen etler klasik ete alternatifler olarak öne sürülse de bunların beslenme, ekonomi, sağlık, kaynak ve çevresel etkileri kapsamlı araştırma gerektirmektedir (Dolgin, 2020, Rubio vd., 2020). Gerçekten de ileriye dönük yeni bir çözüm olarak tanıtılan hücresel yetiştiricilik (tarım) teknikleriyle deri, balık, yumurta, süt ve deniz ürünleri proteinleri başarıyla üretilmiş olsa da kültür eti üretimi halen başlangıç ve araştırma aşamasında olup (Hassoun vd., 2024) son yıllarda üstte belirtilen avantajları olan yapay et, bitkisel proteinli et ve hücre kültürlü et üretiminde bir gelişme eğilimi olduğu bildirilmektedir (Wang ve Zhang, 2024).

Teknik olarak birçok zorlukları olmakla birlikte (Stephens vd., 2018), arazi ve su ihtiyacı ve doğal kaynaklara bağımlılığı azaltacak, besin değeri, tat ve aroma açısından gerçek et ürünlerine daha benzer sağlıklı, güvenli ve sürdürülebilir alternatif olan hücre kültürlü et üretimini kolaylaştıran stratejiler de geliştirilmektedir (Benny vd., 2022; Wang vd., 2023a). Sentetik kültür ortamında doku ve kök hücre kültürü kullanılarak biyoreaktörlerde hayvansal dokusu veya kültürlenmiş et üretimi (Hassoun vd., 2024) ve kültürlenmiş et üretmek için mikroorganizmaları belli koşullar altında belirli ürünler üretmeye programlayan hassas fermantasyon (Singh vd., 2022) yenilikçi teknolojiler olarak önemli fırsatlar sunma potansiyeline sahiptir. Bununla birlikte, et yerine kullanılma konusunda bitki bazlı proteinler hala et ikamesi olarak en büyük potansiyele sahiptir; ilaveten halen emekleme ve deney aşamasında olan, enerji yoğun ve mevcut koşullarda ekonomik olarak uygulanabilir olmayan, laboratuvarda yetiştirilen etin seri üretimi ve tüketicilerce kabulü konusundaki sorunlar nedeniyle pazar potansiyelinin düşük olabileceği bildirilmiştir (Post vd., 2020; De Oliveira Padilha vd., 2022; Parlasca ve Qaim, 2022).

3.3. Mikroalgler, Yenilebilir Böcekler ve Denizanası

Gelecekte artan protein talebini yalnızca et ve süt ürünleriyle karşılamak arazi ve emisyonlar açısından sürdürülebilir olmadığından, bitki bazlı gıdalar ve proteinler, algler, kültürlü veya in vitro et ve yenilebilir böcekler alternatif protein kaynakları olarak dikkat çekmektedir. Gıda teknolojisi ve gıda yetiştirme sistemlerinin imkân sağladığı kapalı çevre koşullarında üretim, birçok alternatif ve riski azaltılmış gıdanın kontrollü ortamlarda büyük ölçekte üretilebileceğini göstermektedir (Tzachor vd., 2021).

Algler: Proteinler, mineraller, vitaminler, antioksidanlar, bitkisel besin elementleri ve yağ asitleri açısından zengin olan alglerin fonksiyonel faydaları nedeniyle kullanımı giderek artmaktadır (Wells vd., 2017; Caporgno ve Mathys, 2018). Nitekim, yüksek miktarda protein içeren ve aynı zamanda temel amino asitler, doymamış yağ asitleri ve vitaminler açısından zengin olan algler, sağlıklı gıda üretimi için et ve et bazlı ürünlere fonksiyonel bir bileşen olarak eklenebilmektedir (Wang vd., 2023b). Sürdürülebilir ve protein açısından zengin gıdaların önemli bir kaynağı olan mikroalglerin üretiminin, gıda güvenliğini iyileştirme ve kaynak kullanımı ve çevre sorunlarını azaltma ve çözüm potansiyeli nedeniyle gelecekte büyük ölçekli üretiminin optimizasyonunun uygun olacağı önerilmiştir (Kusmayadi vd., 2021). Gıdalara alg eklenmesi daha sağlıklı gıdalar elde edilmesiyle birlikte, gıdaların raf ömürlerini de uzatmaktadır (Hassoun vd., 2024). Mikro alglerin foto-sentetik verimliliği, kapalı fotobiyoreaktörlerde optimize edilmiş dalga boylarında artırılabilmiştir (Nwoba vd., 2019). Mikroalg üretiminin hayvansal üretime kıyasla, önemli ölçüde daha az kaynak gerektirdiği ve hayvansal üretimden daha sürdürülebilir olduğu vurgulanmıştır (Liu vd., 2023).

Yenebilir böcekler: Böceklerin gıda olarak tüketilmesi konusunda bazı olumsuz duygular olmasına rağmen, bunların çoğunun insan beslenmesi için uygun olduğu ve böcek üretimi için arazi, su, yem, sera gazı emisyonları ve enerji kullanımının genellikle diğer hayvansal ve bitkisel protein kaynaklarına göre daha düşük olduğu belirtilmektedir (Guiné vd., 2021; Ordoñez-Araque vd., 2022; Fuso vd., 2024). Daha az yenilenemeyen kaynak kullanmaları (Ordoñez-Araque vd., 2022; Fuso vd., 2024); proteinler, amino asitler, yağlar, mineraller, vitaminler ve diğer besin maddeleri açısından zengin olmaları (Vinci vd., 2022; Lu vd., 2024) ve sürdürülebilir ve güvenli olmaları (Liu vd., 2023) nedeniyle yenilebilir böceklerin kullanımının yaygınlaşacağı

öngörülmektedir. Böcek hücre kültürünün kullanımı, yenilikçi gıda üretimi için önemli bir potansiyele sahiptir (Rubio vd., 2019). Kısa yaşam döngüleri, yüksek bolluk ve düşük besinsel özellikleriyle dünyanın en büyük biyolojik grubu olan ve çeşitli biyoaktif bileşikler açısından zengin olan böcekler, gelecekte gıda krizlerinin çözümünde ve beslenme ihtiyaçlarının karşılanmasında yeni bir potansiyel kaynak olarak değerlendirilmektedir (Bernardo ve Conte-Junior, 2024; Zhang vd., 2024).

Beslenme açısından böcekler, deniz yosunu ve denizanasının iyi alternatif protein kaynakları oldukları, ancak tüketim, işlevsellik ve sürdürülebilirliğin teşviki açısından böcek proteinleri için optimum işleme teknolojileri ve özel stratejilere ihtiyaç olduğu belirtilmektedir (Karaca vd., 2023; Palmieri vd., 2023). Araştırmalar domuz eti üretimine kıyasla, böcek proteini üretiminin ekosistem, arazi kullanımı, iklim değişikliği, sera gazı emisyonları ve fosil kaynaklar üzerinde olan etkisinin daha düşük olduğu bildirilmiştir (Vinci vd., 2022). Özellikle böcek proteini üretiminin düşük çevresel etkisi ve yüksek besin değeri, yenilebilir böcekleri geleceğin potansiyel gıdası ve gıda talebine sürdürülebilir bir çözüm haline getirmekte, ancak yanlış tanımlama ve taklit riskine karşı özgünlüğü, izlenebilirliği ve güvenliği sağlamak için sağlam ve yüksek verimli analitik yöntemlerin geliştirilmesi zorunlu görülmektedir (Vinci vd., 2022; Fuso vd., 2024). Gelecekte, gıda güvenliği ve güvenilirliği açısından yenilikçi böcek bazlı ürünlere ve böcek endüstrisinden tam olarak yararlanmak için yeni düzenlemelere ihtiyaç duyulacaktır.

Denizanası: Asya hariç, Dünyanın diğer bölgelerinde yeterince kullanılmadığı gibi potansiyel rolü hakkında çok az bilgi bulunmakla birlikte, yenebilir denizanasının çevresel sürdürülebilir alternatif bir protein kaynağı olduğu kadar, lipit, karbonhidrat, vitaminler, mineraller ve kolajen içerdiği ve kullanımının güvenli olduğu belirtilmektedir (Raposo vd., 2018; Palmieri vd., 2023). Gıda güvenliği açısından mevzuatlara uygunluk endişesi olmakla birlikte, düşük enerji, yüksek miktarda protein ve çok düşük kolesterol içeriğinden dolayı, iyi bir güvenlik sağlanması durumunda, insan tüketimi için alternatif gıda kaynağı olabileceği öne sürülmektedir (Ranasinghe vd., 2022; Torri vd., 2024).

3.4. Sentetik Biyoloji ve Mikrobiyal Proteinler

Zengin bitki bazlı protein kaynaklarına ilaveten (Lonnie vd., 2018), mikrobiyal proteinler veya tek hücre proteinleri olarak tanımlanan alg, mantar, bakterilerden üretilen gıdaların, gıda güvenliğine katkı sağlayabilecek umut verici bir yaklaşım olduğu bildirilmiştir (Leger vd., 2021; Walker ve van Loon, 2023). Bazı protein ve yüksek değerli fonksiyonel gıda bileşenlerinin üretiminde mikroorganizmalardan yararlanılabildiği gibi, kazein gibi süt proteinlerinin üretiminde mikrobiyal fermantasyon kullanılabilmektedir (Takefuji, 2021). Gelecekte, yenilikçi teknolojiler, sürdürülebilir tarım ve beslenme değişiklikleri ile birlikte karbonhidrat, protein ve yağ üretmek için mantar, bakteri, maya ve mikroalg gibi mikroorganizmaların kullanımı yaygınlaşacaktır (Landesz, 2023). Günümüzde gelişen teknolojiler ve gıda mimarisi yaklaşımıyla, farklı kaynaklardan, hayvansal gıdalar gibi görünen, hissedilen ve tadı olan ve vitamin ve minerallerle zenginleştirilmiş lezzetli, yararlı, sağlıklı ve sürdürülebilir yeni nesil gıdalar üretilebilmektedir. İster doğal ister endüstriyel olarak üretilmiş olsun, işlevsel ve güçlendirilmiş gıdalar beslenme ve sağlık açısından faydalı bileşenler ve besin maddeleri içermeli, bileşiklerin işlevselliği ve ürünün duyusal özellikleri korunmalıdır (Çakmakçı vd., 2023b).

Gıda alanındaki araştırmalar geç başlamış olsa da (da Fonseca-Pereir vd., 2022), sentetik biyoloji teknolojisi, gıda bileşenlerinin hedeflenen, verimli ve doğru üretimini sağlamak, yenilenebilir ham maddeleri gıda bileşenlerine, fonksiyonel gıda katkı maddelerine ve besin kimyasallarına dönüştürmek için mikrobiyal gıda genomlarını ve gıda bileşeni sentez yollarını tasarlamak için kullanılabilmektedir (Wang ve Zhang, 2024). Gıda bileşenleri üretimine yönelik geliştirilen enzimatik hidroliz ve hassas fermantasyon teknolojileri, yan ürünlerin değerlendirilmesi ile birçok değerli, biyoaktif ve fonksiyonel bileşenin geri kazanılmasına olanak sağlayabildiği gibi, sürdürülebilir bir gıda üretimine de yardımcı olabilir. Nitekim, sentetik biyoloji ve fermantasyon teknolojilerindeki gelişmelerin, proteinlerin fabrikasyon şeklinde üretilmesini ve gıda ve yem için et hücrelerinin üretilmesini sağlayabildiği vurgulanmıştır (Asseng vd., 2021; Tubb ve Seba, 2021). Bitkilerin, mantarların ve bakterilerin yetenekleri ve karşılıklı olarak faydalı etkileşimleri, gelecekteki gıda üretimi ve işlenmesi için kritik öneme sahiptir.

Organizmaların istenilen hedeflere yönelik tasarımı, dönüşümü ve hatta yeniden sentezi ve canlı sistemlerin tasarımı için disiplinler arası entegrasyona

dayanan sentetik biyoloji teknolojisinin (Huang ve Nikel, 2019), yeni türler ve teknolojiler oluşturarak gıda endüstrisinin üretim kapasitesini artıracağı ve kirliliği ve enerji tüketimini azaltacağı öngörülmektedir (Shi vd., 2022). Gelecekteki gıda endüstrisi, gıda teknolojisi, biyoteknoloji ve bilgi teknolojisinin yüksek entegrasyonu yoluyla gıdanın üretilme biçiminin değiştirileceği ve gelecekteki gıdaların büyük ölçüde endüstriyel atölyelerde verimli, çevre dostu ve sürdürülebilir şekilde üretilebileceği açıktır (Wang ve Zhang, 2024). Geleceğin gıda üretimi, bir yandan sağlığı geliştirici özelliğe sahip yeni mikroorganizmaları keşfedip karakterize ederek yeni gıda formülasyonlarına uyarlanmalı (Albayrak ve Duran, 2022), diğer yandan su ve kaynak kıtlığı, çevresel etki, sıcaklık değişiklikleri, gıda güvenliği, güvenirliliği, kıtlığı ve israfı gibi zorlukları maliyet etkin bir şekilde çözmeli ve aşmalıdır (Çakmakçı ve Çakmakçı, 2023). Gelecek için, sentetik biyoloji teknolojileriyle, proteinler, lipitler ve vitaminler gibi gıda bileşenlerinin mikroorganizmalar tarafından çevre dostu yöntemler kullanılarak hızlı bir şekilde üretilmesi umut verici bir alternatif olabilir. Beslenme, güvenlik, kalite, kaynak dönüşüm etkinliği ve geliştirilecek ürün değerlendirme ve ürün kalite standartları dikkate alınarak gıdaların biyolojik olarak üretimi, mevcut geleneksel gıda üretim endüstrisine önemli bir katkı sağlayacaktır.

4. SONUÇ

Gelecekte, gıda sektörünün, daha az arazi, su, enerji, kaynak ve çevresel etkiye sahip sürdürülebilir gıda, yem, lif ve yakıt üretimine, çevre ve doğal kaynakların korunmasına yönelerek gıda israfını azaltabilecek stratejiler geliştirmesi gerekmektedir. Geleceğin gıdalarının beslenme, sağlık, güvenlik, çevre koruma ve maliyet açısından geleneksel gıda endüstri ürünlerine kıyasla avantajlı olabilmesi yenilikçi yaklaşım, teknoloji ve ürün değerlendirme ve kalite standartlarının geliştirilmesine bağlı olacaktır. Gelecekte alternatif protein kaynaklarına yönelik eğilimlerin ve işlemenin etkilerinin araştırılması kritik önem taşımaktadır. Tüm ham maddelerin ve yan ürünlerin sürdürülebilir kullanımı, daha fazla yeni ürün ve protein kaynaklarının geliştirilmesi, gıda güvenliği ve insan sağlığı için zorunludur. Besinsel ve fonksiyonel özellikler, farklı proteinlerin harmanlanması, zenginleştirme tekniklerinin geliştirilmesi ve işleme koşullarının optimize edilerek protein kalitesinin, sindirilebilirliğinin ve biyoyararlanımının iyileştirilmesiyle geliştirilebilir.

Bilim ve teknolojideki ilerlemeler ve gelecekteki teknolojik devrim, besleyici ve çevre dostu gıdaların üretilmesini sağlayabilir, üretim sistemlerini artırabilir, çeşitlendirebilir ve kaynak kullanım verimliliği ve karlılığında iyileştirmelerle çevresel bozulmayı azaltabilir. Dijital ve teknolojik yeniliklerin uygulamaları sınırlı olmakla birlikte, yeşil teknolojiler gıda sistemlerinin dönüşümü için yenilikçi çözümler sağlamakta, ancak, yeni teknolojilerin sunduğu fırsatlar sürdürülebilirlik ve gıda güvenliği ve güvenirliliği dikkate alınarak geliştirilmezse olumsuz sonuçlara yol açabilir hatta yeni gıda güvenliği riskleri de ortaya çıkarabilir.

Mevcut ve gelecekteki nüfusun beslenmesi, sürdürülebilir bir tarım-gıda sistemine dönüşüm, gıda üretim sisteminin dayandığı kaynak tabanını korumak, yakın ve uzak geleceğe ilişkin öneriler oluşturmak ve zamanın akışını yakalamak ve yönlendirmek için uygun çıkış yolu ve tasarım gerektirmektedir. Artan dünya nüfusunu beslemek; bitkisel kaynaklı gıda tüketiminin artırılması, gıda koruma teknolojilerinin geliştirilmesi, yeni protein kaynaklarının keşfi ve geliştirilmesi ve beslenme rejimlerinin değiştirilmesi ile mümkündür. Yenilenebilir enerjiyle üretilen ve toprak tasarrufu sağlayan biyoyararlılığı, sindirilebilirliği ve tüketici kabulü yüksek gıda güvenliği için sürdürülebilir geleceğin gıdaları ve protein kaynakları giderek daha fazla kabul görecektir.

Gelecekte, sürdürülebilir gıda üretimi, gıda güvenliği, iklime dayanıklı ve dijitalleştirilmiş gıda tedarik zinciri, alternatif protein kaynakları, sürdürülebilir gıda işleme ve koruma teknolojileri, sentetik biyoloji, hücre biyolojisi ve biyoteknoloji yeni ürünlerin geliştirilmesi, kültürel çeşitlilik, mutfak trendleri, tüketici sağlığı ve kişiselleştirilmiş beslenme konularında kapsamlı araştırmalara ihtiyaç vardır. İnsanlığın sürdürülebilir, besleyici ve çevre dostu gıda üretimine ulaşma hedefi; yenilikçi tarım uygulamaları, yenilikçilik, uyarlanabilirlik, gelişen gıda üretim, işleme ve koruma teknolojileri yanı sıra gıdayı nasıl tükettiğimizi yeniden tanımlayan yaklaşımlar dahil olmak üzere gıda tedarik zincirinin çeşitli yönlerinde kapsamlı değişiklikleri içermelidir.

KAYNAKÇA

Alae-Carew, C., Green, R., Stewart, S., Cook, B., Dangour, A.D., Scheelbeek, P.F.D. (2022). The role of plant-based alternative foods in sustainable and healthy food systems: Consumption trends in the UK. *Science of the Total Environment*, *807*, 151041.

Albayrak, Ç.B., Duran, M. (2022). Worldwide research tendencies on probiotics in food science: 1993 to 2021. *British Food Journal*, *124*, 679-700.

Alcorta, A., Porta, A., Tárrega, A., Alvarez, M.D., Vaquero, M.P. (2021). Foods for plant-based diets: Challenges and innovations. *Foods*, *10*, 293.

Aschemann-Witzel, J., Gantriis, R.F., Fraga, P., Perez-Cueto, F.J.A. (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*, 3119–3128.

Asseng, S., Palm, C.A., Anderson, J.L., Fresco, L., Sanchez, P.A., Asche, F., Garlock, T.M., Fanzo, J., Smith, M.D., Knapp, G., et al. (2021). Implications of new technologies for future food supply systems. *Journal of Agricultural Science*, *159*, 315–319.

Augusto, P.E.D. (2020). Challenges, trends and opportunities in food processing. *Current Opinion in Food Science, 35*, 72–78.

Banach, J.L., van der Berg, J. P., Kleter, G., van Bokhorst-van de Veen, H., Bastiaan-Net, S., Pouvreau, L., van Asselt, E.D. (2023). Alternative proteins for meat and dairy replacers: Food safety and future trends. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 63*, 11063-11080.

Benny, A., Pandi, K., Upadhyay, R. (2022). Techniques, challenges and future prospects for cell-based meat. *Food Science and Biotechnology*, *31*, 1225-1242.

Bernardo, Y.A.A., Conte-Junior, C.A. (2024). Oxidative stability in edible insects: Where is the knowledge frontier?. *Trends in Food Science & Technology, 148*, 104518.

Bernhardt, J.R., O'Connor, M.I. (2021). Aquatic biodiversity enhances multiple nutritional benefits to humans. *Proceedings of the National Academy of Science*, *118*, e1917487118.

Bryant, C., Szejda, K., Parekh, N., Deshpande, V., Tse, B. (2019). A survey of consumer perceptions of plant-based and clean meat in the USA, India, and China. *Frontiers in Sustainable Food Systems, 3*, 432863.

Bunge, A.C., Mazac, R., Clark, M., Wood, A., Gordon, L. (2024). Sustainability benefits of transitioning from current diets to plant-based alternatives or whole-food diets in Sweden. *Nature Communications, 15*, 951.

Çakmakçı, S., Çakmakçı, R. (2023). Quality and nutritional parameters of food in agri-food production systems. *Foods, 12*, 351.

Çakmakçı, R., Salık, M.A., Çakmakçı, S. (2023 a). Assessment and principles of environmentally sustainable food and agriculture systems. *Agriculture,* 2023, *13*, 1073.

Çakmakçı, S., Gülçin, İ., Gündoğdu, E., Ertem Öztekin, H., Taslimi, P. (2023 b). The comparison with commercial antioxidants, effects on colour, and sensory properties of green tea powder in butter. *Antioxidants*, *12*, 1522.

Caporgno, M.P., Mathys, A. (2018). Trends in microalgae incorporation into innovative food products with potential health benefits. *Frontiers in Nutrition*, *5*, 58.

Cardello, A.V., Llobell, F., Giacalone, D., Roigard, C.M., Jaeger, S.R. (2022). Plant-based alternatives vs dairy milk: Consumer segments and their sensory, emotional, cognitive and situational use responses to tasted products. *Food Quality and Preference*, *100*, 104599.

Chandran, A.S., Suri, S., Choudhary, P. (2023). Sustainable plant protein: an up-to-date overview of sources, extraction techniques and utilization. *Sustainable Food Technology*, *4*, 466-483.

Cheah, I., Shimul, A.S., Liang, J., Phau, I. (2020). Drivers and barriers toward reducing meat consumption. *Appetite, 149*, 104636.

Choudhary, B., Chauhan, O.P., Mishra, A. (2021). Edible seaweeds: A potential novel source of bioactive metabolites and nutraceuticals with human health benefits. *Frontiers in Marine Science*, *8*, 740054.

da Fonseca-Pereira, P., Siqueira, J.A., Monteiro-Batista, R.C., Vaz, M.G.M.V., Nunes-Nesi, A., Araújo, W.L. (2022). Using synthetic biology to improve photosynthesis for sustainable food production. *Journal of Biotechnolog*, *359*, 1–14.

De Oliveira Padilha, L.G., Malek, L., Umberger, W.J. (2022). Consumers' attitudes towards lab-grown meat, conventionally raised meat and plant-based protein alternatives. *Food Quality and Preference*, *99*, 104573.

DeClerck, F.A.J., Koziell, I., Benton, T., Garibaldi, L.A., Kremen, C., Maron, M., Del Rio, C.R., Sidhu, A., Wirths, J., Clark, M., et al. (2023). A whole earth approach to nature positive food: biodiversity and agriculture. In *Science and Innovations for Food Systems Transformation*; von Braun J., Afsana, K., Fresco, L.O., Hassan M.H.A. (Eds.); Springer: Cham, Switzerland, 2023; pp. 469-496.

Dernini, S., Berry, E.M., Serra-Majem, L., La Vecchia, C., Capone, R., Medina, F.X., Aranceta- Bartrina, J., Belahsen, R., Burlingame, B., Calabrese, G., et al. (2017). Med Diet 4.0: the Mediterranean diet with four sustainable benefits. *Public Health Nutrition, 20 (7)*, 1322–1330.

Dolgin, E. (2020). Cell-based meat with a side of science. *Nature*, *588*, S64–67.

Duarte, I.M., Marques, S.C., Leandro, S.M., Calado, R. (2022). An overview of jellyfish aquaculture: for food, feed, pharma and fun. *Reviews in Aquaculture*, *14*, 265–87.

FAO (2017). *The future of food and agriculture: Trends and challenges*; FAO: Rome, Italy.

FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. (2021). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2021. Transforming food systems for food security, improved nutrition and affordable healthy diets for all*. FAO: Rome, Italy.

Fehér, A., Gazdecki, M., Véha, M., Szakály, M., Szakály, Z. (2020). A Comprehensive review of the benefits of and the barriers to the switch to a plant-based diet. *Sustainability*, *12*, 413.

Fuso, A., Leni, G., Prandi, P., Lolli, V., Caligiani, A. (2024). Novel foods/feeds and novel frauds: The case of edible insects. *Trends in Food Science & Technology*, *147*, 104457.

Galanakis, C.M. (2021). Functionality of Food Components and Emerging Technologies. *Foods*, *10,* 128.

Guiné, R.P.F., Correia, P., Coelho, C., Costa, C.A. (2021). The role of edible insects to mitigate challenges for sustainability. *De Gruyter*, *6*, 24–36.

Gupta, A.K., Pratiksha, Das, T., Kumar, H., Rastogi, S., Espinosa, E., Rincón, E., Morcillo-Martín, R., Rather, M.A., Kumar, V., et al. (2023). Novel food materials: Fundamentals and applications in sustainable food systems for food processing and safety. *Food Bioscience, 55*, 103013.

Hassoun, A., Bekhit, A.E-D.A., Jambrak, A.R., Regenstein, J.M., Chemat, F., Morton, J.D., Gudjónsdóttir, M., Carpena, M., Prieto, M.A., Varela, P., et al. (2024). The fourth industrial revolution in the food industry-part II: Emerging food trends. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *64*, 407-437.

Hassoun, A., Cropotova, J., Trif, M., Rusu, A.V., Bobiş, O., Nayik, G.A., Jagdale, Y.D., Saeed, F., Afzaal, M., Mostashari, P., et al. (2022 a). Consumer acceptance of new food trends resulting from the fourth industrial revolution technologies: A narrative review of literature and future perspectives. *Frontiers in Nutrition, 9*, 972154.

Hassoun, A., Prieto, M.A., Carpena, M., Bouzembrak, Y., Marvin, H.J.P., Pallarés, N., Barba, F.J., Bangar, S.P, Chaudhary, V., Ibrahim, S., Bono, G. (2022b). Exploring the role of green and Industry 4.0 technologies in achieving sustainable development goals in food sectors. *Food Research International*, *162*, 112068.

Heitala, R., Liu, P., Qi, S. (2021). Does small-scale organic farming contribute to the local environment-a case study in suburban Shanghai, China. *Agronomy, 11(8)*, 1601.

Henn, K., Olsen, S.B., Goddyn, H., Bredie, W.L.P. (2022). Willingness to replace animal-based products with pulses among consumers in different European countries. *Food Research International, 157*, 111403.

Horton, P. (2023). A sustainable food future. *Royal Society Open Science, 10*, 230702.

Huang, W.E., Nikel, P.I. (2019). The synthetic microbiology caucus: From abstract ideas to turning microbes into cellular machines and back. *Microbial Biotechnology*, *12(1)*, 5–7.

Karaca, A.C., 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*, 6045–6077.

Khoury, C.K., Amarilesa, D., Sotoa, J.S., Diaza, M.V., Soteloa, S., Sosaa, C.C., Ramírez-Villegasa, J., Achicanoya, H.A., Velásquez-Tibatáe, J., Guarinog, L., et al. (2019). Comprehensiveness of conservation of useful wild plants: An operational indicator for biodiversity and sustainable development targets. *Ecological Indicators*, *98*, 420–429.

Kotebagilu, N.P., Bhatia, S., Piramanayagam, S. (2023). A qualitative investigation on Indian vegan food service providers' perspective of trends, challenges and the future of vegan consumption. *The International Journal of Gastronomy and Food Science, 34*, 100824.

Kusmayadi, A., Leong, Y. K., Yen, H.-W., Huang, C.-Y., Chang, J.-S. (2021). Microalgae as sustainable food and feed sources for animals and humans-biotechnological and environmental aspects. *Chemosphere*, *271*, 129800.

Landesz, T. (2023). Future of Food. In *Future Intelligence*. *Future of Business and Finance*, Landesz, T., Varghese, S., Sargsyan, K. (Eds.); Springer, Cham. Switzerland, 2023, pp.133-145.

Leger, D., Matassa, S., Noor, E., Shepon, A., Milo, R., Bar-Even, A. (2021). Photovoltaic-driven microbial protein production can use land and sunlight more efficiently than conventional crops. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *118*, e2015025.

Lehikoinen, E., Salonen, A.O. (2019). Food Preferences in Finland: Sustainable Diets and their Differences between Groups. *Sustainability, 11*(5), 1259.

Lesk, C., Coffel, E., Winter, J., Ray, D., Zscheischler, J., Seneviratne, S.I., Horton, R. (2021). Stronger temperature–moisture couplings exacerbate the impact of climate warming on global crop yields. *Nature Food*, *2*, 683–691.

Liu, F., Li, M., Wang, Q., Yan, J., Han, S., Ma, C., Ma, P., Liu, X., McClements, D.J. (2023). Future foods: Alternative proteins, food architecture, sustainable packaging, and precision nutrition. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *63*, 6423-6444.

Liu, J., Oita, A., Hayashi, K., Matsubae, K. (2022). Sustainability of vertical farming in comparison with conventional farming: A case study in Miyagi Prefecture, Japan, on nitrogen and phosphorus footprint. *Sustainability, 14*, 1042.

Liu, X., Shi, L.J., Bernie, A.E., Sun, S.K., Zhao, X.N., Wu, P.T., Wang, Y.B. (2020). New challenges of food security in Northwest China: Water footprint and virtual water perspective. *The Journal of Cleaner Production,* 2020, 245.

Lonnie, M., Hooker, E., Brunstrom, J. M., Corfe, B.M., Green, M.A., Watson, A.W., Williams, E.A., Stevenson, E.J., Penson, S., Johnstone, A.M. (2018). Protein for life: Review of optimal protein intake, sustainable dietary sources and the effect on appetite in ageing adults. *Nutrients*, *10(3)*, 360.

Lu, M., Zhu, C., Smetana, S., Zhao, M., Zhang, H., Zhang, F., Du, Y. (2024). Minerals in edible insects: A review of content and potential for sustainable sourcing. *Food Science and Human Wellness*, *13*, 65-74.

Munialo, C.D., Stewart, D., Campbell, L., Euston, S.R. (2022). Extraction, characterisation and functional applications of sustainable alternative protein sources for future foods: A review. *Future Foods*, *6*,100152.

Mylona, K., Maragkoudakis, P., Miko, L., Bock, A.-K., Wollgast, J., Caldeira, S., Ulbertha, F. (2018). Viewpoint: Future of food safety and nutrition - Seeking win-wins, coping with trade-offs. *Food Policy, 74*, 143–146.

Nobanee, H., Shanti, H.Z. (2024). Assessing risk management trends in food security research. *Environment, Development and Sustainability,* 2024, 1-22.

Nwoba, E.G., Parlevliet, D.A., Laird, D.W., Alameh, K., Moheimani, N.R. (2019). Light management technologies for increasing algal photobioreactor efficiency. *Algal Research*, *39*, 101433.

Ordoñez-Araque, R., Quishpillo-Miranda, N., Ramos-Guerrero, L. (2022). Edible insects for humans and animals: nutritional composition and an option for mitigating environmental damage. *Insects*, *13*, 944.

Oyelami, L.O., Edewor, S.E., Folorunso, J.O., Abasilim, U.D. (2023). Climate change, institutional quality and food security: Sub-Saharan African experiences. *Scientific African*, *20*, e01727.

Palmieri, N., Nervo, C., Torri, L. (2023). Consumers' attitudes towards sustainable alternative protein sources: Comparing seaweed, insects and jellyfish in Italy. *Food Quality and Preference, 104*, 104735.

Parlasca, M.C., Qaim, M. (2022). Meat consumption and sustainability. *Annual Review of Resource Economics*, *14*, 17-41.

Parodi, A., Leip, A., De Boer, I.J.M., Slegers, P.M., Ziegler, F., Temme, E.H.M., Herrero, M., Tuomisto, H., Valin, H., van Middelaar, C.E., et al. (2018). The potential of future foods for sustainable and healthy diets. Nature Sustainability, *1(12)*, 782–789.

Pethick, D.W., Bryden, W.L., Mann, N.J., Masters, D.G., Lean, I.J. (2023). The societal role of meat: the Dublin Declaration with an Australian perspective. *Animal Production Science*, *63*, 1805–1826.

Post, M.J., Levenberg, S., Kaplan, D.L., Genovese, N., Fu, J., Bryant, C.J., Negowetti, N., Verzijden, K., Moutsatsou, P. (2020). Scientific, sustainability and regulatory challenges of cultured meat. *Nature Food*, *1*, 403–415.

Qasrawi, R., Hoteit, M., Tayyem, R., Bookari, K., Al Sabbah, H., Kamel, I., Al-Halawa, D. A. (2023). Machine learning techniques for the identification of risk factors associated with food insecurity among adults in Arab countries during the COVID-19 pandemic. *BMC Public Health*, *23*, 1805.

Ranasinghe, R.A.S.N., Wijesekara, W.L.I., Perera, P.R.D., Senanayake, S.A., Pathmalal, M.M., Marapana, R.A.U.J. (2022). Nutritional value and potential applications of jellyfish. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, *31*, 445-482.

Raposo, A., Coimbra, A., Amaral, L., Gonçalves, A., Morais, Z. (2018). Eating jellyfish: safety, chemical and sensory properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *98*, 3973–3981.

Raptou, E., Tsiami, A., Negro, G., Ghuriani, V., Baweja, P., Smaoui, S., Varzakas, T. (2024). Gen Z's willingness to adopt plant-based diets: Empirical evidence from Greece, India, and the UK. *Foods, 13*, 2076.

Reiss, J., Robertson, S., Suzuki, M. (2021). Cell sources for cultivated meat: applications and considerations throughout the production workflow. *International Journal of Molecular Sciences*, *22*, 7513.

Rockström, J., Edenhofer, O., Gaertner, J., DeClerck, F. (2020). Planet-proofing the global food system. *Nature Food, 1*, 3–5.

Rockström, J., Mazzucato, M., Andersen, L.S., Fahrländer, S.F., Gerten, D. (2023). Why we need a new economics of water as a common good. *Nature, 615*, 794–797.

Rubio, N.R., Fish, K.D., Trimmer, B.A., Kaplan, D.L. (2019). Possibilities for engineered insect tissue as a food source. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *3*, 24.

Rubio, N.R., Xiang, N., Kaplan, D.L. (2020). Plant-based and cell-based approaches to meat production. *Nature Communications*, *11*, 6276.

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*, 170-180.

Santeramo, F.G., Carlucci, D., De Devitiis, B., Seccia, A., Stasi A., Viscecchia, R., Nardone. G. (2018). Emerging trends in European food, diets and food industry. *Food Research International, 104*, 39–47.

Sarangapany, A.K., Murugesan, A., Annamalai, A.S., Balasubramanian, A., Shanmugam, A. (2022). An overview on ultrasonically treated plant-based milk and its properties – A review. *Applied Food Research*, *2*, 100130.

Shen, C., Wei, M., Sheng, Y. (2021). A bibliometric analysis of food safety governance research from 1999 to 2019. *Food Science & Nutrition, 9*, 2316–2334.

Shi, S., Wang, Z., Shen, L., Xiao, H. (2022). Synthetic biology: A new frontier in food production. *Trends Biotechnology*, *40(7)*, 781–803.

Silva, V.L., Sereno, A.M., Sobral, P.J.A. (2018). Food industry and processing technology: on time to harmonize technology and social drivers. *Food Engineering Reviews, 10*, 1-13.

Sim, S.Y.J., Srv, A., Chiang, J.H., Henry, C.J. (2021). Plant proteins for future foods: A roadmap. *Foods*, *10(8)*, 1967.

Singh, S., Yap W.S., Ge X.Y., Min V.L.X., Choudhury, D. (2022). Cultured meat production fuelled by fermentation. *Trends in Food Science & Technology*, *120*, 48–58.

Soria-Lopez, A., Garcia-Perez, P., Carpena, M., Garcia-Oliveira, P., Otero, P., Fraga-Corral, M., Cao, H., Prieto, M.A., Simal-Gandara, J. (2023). Challenges for future food systems: From the Green Revolution to food supply chainswith a special focus on sustainability. *Food Frontiers*, *4*, 9–20.

Springmann, M., Clark, M., Mason-D'Croz, D., Wiebe, K., Bodirsky, B.L., Lassaletta, L., de Vries, W., Vermeulen, S. J., Herrero, M., Carlson, K.M., et al. (2018). Options for keeping the food system within environmental limits. *Nature*, *562*, 519–525.

Springmann, M., Van Dingenen, R., Vandyck, T., Latka, C., Witzke, P., Leip, A. (2023). The global and regional air quality impacts of dietary change. *Nature Communications, 14*, 6227.

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*. 2018, *78*, 155–166.

Sun, Z., Scherer, L., Zhang, Q., Behrens, R. (2022). Adoption of plant-based diets across Europe can improve food resilience against the Russia-Ukraine conflict. *Nature Food*, *3*, 905–910.

Takefuji, Y. Sustainable protein alternatives. *Trends in Food Science & Technology*, *107*, 429-431.

Torri, L., Tuccillo, F., Puente-Tapia, F.A., Morandini, A.C., Segovia, J., Nevarez-López, C.A., Leoni, V., Failla-Siquier, G., Canepa-Oneto, A., Quiñones, J., Cristina Cedeño-Posso, C., et al. (2024). Jellyfish as sustainable food source: A cross-cultural study among Latin American countries. *Food Quality and Preference*, *117*, 105166.

Trasca, T.I., Ocnean, M., Gherman, R., Lile, R.A., Balan, I.M., Brad, I., Tulcan, C., Firu Negoescu, G.A. (2024). Synergy between the waste of natural resources and food waste related to meat consumption in Romania. *Agriculture*, *14*, 644.

Tubb, C., Seba, T. (2021). Rethinking food and agriculture 2020–2030. The second domestication of plants and animals, the disruption of the cow, and the collapse of industrial livestock farming. *Industrial biotechnology, 17*, 57–72.

Tzachor, A., Richards, C.E., Holt, L. (2021). Future foods for risk-resilient diets. *Nature Food*, *326*, 326-329.

Vinci, G., Prencipe, S.A., Masiello, L., Zaki, M.G. (2022). The application of life cycle assessment to evaluate the environmental impacts of edible insects as a protein source. *Earth (Switzerland), 3*(3), 925–938.

Walker, D.W., van Loon, A.F. (2023). Droughts are coming on faster. *Science*, *380* (6641), 130–132.

Wang, J., Zhang, X. (2024). The potential of future foods for a sustainable future. *eFood*, *5*, e133.

Wang, Y., Zou, L., Liu, W., Chen, X. (2023 a). An overview of recent progress in engineering three-dimensional scaffolds for cultured meat production. *Foods*, *12*, 2614.

Wang, M., Zhou, J., Tavares, J., Pinto, C.A., Saraiva, J.A., Prieto, M.A., Cao, H., Xiao, J., Simal-Gandara, J., Barba, F.J. (2023 b). Applications of algae to obtain healthier meat products: A critical review on nutrients, acceptability and quality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63, 8357-8374.

Wang, Y.S. (2019). The challenges and strategies of food security under rapid urbanization in China. *Sustainability*, *11*, 542.

Wells, M.L., Potin, P., Craigie, J.S., Raven, J.A., Merchant, S.S., Helliwell, K.E., Smith, A.G., Camire, M.E., Brawley, S.H. (2017). Algae as nutritional and functional food sources: Revisiting our understanding. *Journal of Applied Phycology*, *29*, 949–982.

Williams, E., Vardavoulia, A., Lally, P., Gardner, B. (2023). Experiences of initiating and maintaining a vegan diet among young adults: a qualitative study. *Appetite, 180*, 106357.

Xie, H., Wen, Y., Choi, Y., Zhang, X. (2021). Global trends on food security research: A bibliometric analysis. *Land, 10*, 119.

Xiong, Y., Guo, H., Nor, D.D.M.M., Song, A., Dai, L. (2023). Mineral resources depletion, environmental degradation, and exploitation of natural resources: COVID-19 aftereffects. *Resources Policy, 85*, 103907.

Zhang, G., Zhao, X., Li, X., Du, G., Zhou, J., Chen, J. (2020). Challenges and possibilities for bio-manufacturing cultured meat. *Trends in Food Science & Technology*, *97*, 443–450.

Zhang, Z.-Q., Chen, S.-C., Xiao, J.-H., Huang, D.-W. (2024). State-of-the-art review of edible insect: from bioactives, pretreatment to enrichment. *Food Bioscience*, *59*, 103879.

Zhao, W., Chou, J., Li, J., Xu, Y., Li, Y., Hao, Y. (2022). Impacts of extreme climate events on future rice yields in global major rice-producing regions. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 19*, 4437.

Zimmerer, K.S., Bell, M.G., Chirisa, I., Duvall, C.S., Egerer, M., Hung, P.Y., Lerner, A.M., Shackleton, C., Ward, J.D., Yacamán Ochoa, C. (2021). Grand challenges in urban agriculture: Ecological and social approaches to transformative sustainability. *Frontiers in Sustainable Food Systems, 5*, 668561.

Zurek, M., Hebinck, A., Selomane, O. (2022). Climate change and the urgency to transform food systems. *Science, 376*, 1416–1421.