

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ALTERNATİF PROTEİN KAYNAKLARI ÜRETİMİNİN GIDA
GÜVENLİĞİNE VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞE ETKİSİ

Ömer KURTOĞLU

GIDA GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2024

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ALTERNATİF PROTEİN KAYNAKLARI ÜRETİMİNİN GIDA GÜVENLİĞİNE VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞE ETKİSİ

Ömer KURTOĞLU

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Güvenliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Erdoğan GÜNEŞ

Dünya nüfusunun 2050 yılında 9,7 milyar olması beklenmektedir. Dünyadaki nüfus artışı ve gelecekte artacak olan et talebi, çevresel ve insan sağlığı sorunlarının artmasına neden olacaktır. Bu sorunların giderilmesi için gıda sisteminde geleneksel et ve et ürünlerine alternatif olacak proteinlerin neler olabileceği araştırılmaktadır. Bu alternatif proteinlerden bazıları bitkisel bazlı et, bitkisel bazlı süt, yapay et ve yenilebilir böcek proteindir. Alternatif proteinler geleneksel et ve et ürünlerine kıyasla daha az su, arazi ve enerji kullanmaktadır. Aynı zamanda küresel ısınmaya etkileri çok azdır. Bununla beraber çeşitli sıkıntıları bulunmaktadır. Bitkisel bazlı etin besin değeri bakımından çok fazla tuz içermesi, B12 vitamini ve bazı mineraller bakımından zayıf olması, yapay et ve böcek proteini üretiminin düşük ölçekli olmasından dolayı gelecekte yüksek miktarda üretilmesinin sonuçlarının belirsiz olması ve insan sağlığına etkilerinin tam olarak bilinmemesi bunlardan bazılarıdır. Gelecek için alternatif proteinlerin çevresel sorunların çözümünde önemli bir rol oynayacağı ama insan sağlığına etkisinin tam olarak bilinmediği görülmektedir. Tüm bunlara rağmen küresel ölçekte alternatif protein kaynaklarına olan yatırım miktarları artmaktadır. Bu durum alternatif protein sektörünün geleceği için önemlidir. Alternatif proteinlerin üretimi yeni teknoloji olmasından dolayı gelecekte daha verimli ve sürdürülebilir olması için araştırmalara ihtiyaç vardır. Türkiye’de yapılan çalışmaların az olması ve yeterli miktarda Türkçe kaynakların bulunmaması sıkıntı yaratmaktadır. Bu çalışmanın amacı alternatif protein kaynakları hakkında yapılan araştırmaların az olduğu Türkiye’de bu alana katkı sağlamaktır.

Haziran 2024, 106 sayfa

Anahtar Kelimeler: Alternatif proteinler, bitkisel bazlı et, bitkisel bazlı süt, böcek proteini, gıda güvenliği, sürdürülebilirlik, yapay et

ABSTRACT

Master Thesis

EFFECTS OF ALTERNATIVE PROTEIN SOURCES PRODUCTION ON FOOD SAFETY AND SUSTAINABILITY

Ömer KURTOĞLU

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Safety

Supervisor: Prof. Dr. Erdoğan GÜNEŞ

World population is expected to reach 9,7 billion in 2050. Population growth and increased demand of meat in the future will cause a rise of environmental and health problems. As a solution for these, alternative proteins for meat and meat products are researched. Some of these alternative proteins are plant-based meat, plant-based milk, cultivated meat and edible insect proteins. Alternative proteins use less water, land and energy compared to traditional meat and meat products. At the same time, their contribution to global warming is very low. However there are several problems. For example, plant based meat contains too much salt and has low amount of B12 vitamin and some minerals, high production of cultivated meat and edible insect protein are uncertain in the future because of low scale of cultivated meat and edible insect protein production and the effects on human health are not fully known. It is seen that alternative proteins will play an important role in solving environmental problems for the future but their effects on human health are not known. Despite all these, the amount of investment in alternative protein market is increasing on global scale. This is important for the future of alternative protein sector. Since alternative protein sources are new technologies, research is needed to make them more efficient and sustainable in the future. The lack of studies in Türkiye and lack of sufficient amount of Turkish references create problems. The aim of this study is to contribute to researches in Türkiye.

June 2024, 106 pages

Key Words: Alternative proteins, plant based meat, plant based milk, insect protein, food safety, sustainability, cultivated meat

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim sürecinde bana her zaman destek ve yardımcı olan danışman öğretmenim Prof. Dr. Erdoğan GÜNEŞ'e teşekkür ederim. Yüksek lisans eğitimim sürecinde bana destek olan öğretmenlerime, aileme ve Gıda Güvenliği Anabilim Dalındaki çalışanlara teşekkür ederim. Bu sürece kadar beni yetiştiren, başta ilkokul öğretmenim Nezih ERGÜL olmak üzere tüm öğretmenlerime teşekkür ederim. Ayrıca tez yazma sürecinde beni düşünen ve bana her zaman, yardım eden ve destek olan ablam Arzu KURTOĞLU'na teşekkür ederim.

Ömer KURTOĞLU

Ankara, Haziran 2024

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI	
ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ.....	1
2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ VE AMACI	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	5
4. LİTERATÜR ÖZETİ.....	6
5. DÜNYA GIDA SİSTEMİNİ BEKLEYEN PROBLEMLER	10
5.1 Dünya Nüfusu Değişimi ve Yetersiz Beslenme Oranları	10
5.2 Küresel Isınma Etkileri	12
5.3 Tatlı Su Kaynaklarının Miktarı.....	19
5.4 Arazi Kullanımı.....	21
5.5 Enerji Üretimi	23
5.6 İnsan Sağlığı	24
5.6.1 Kırmızı et ve işlenmiş etlerin etkisi	25
5.6.2 Kolesterol riski	26
5.6.3 Dioksin miktarı.....	27
5.6.4 Antibiyotik kullanımı	28
5.6.5 Pandemilerin artması.....	28
6. HAYVANCILIKTA SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK.....	30
7. ALTERNATİF PROTEİNLER.....	33
7.1 Bitkisel Bazlı Et	33
7.1.1 Sera gazı emisyonu üretimi	36
7.1.2 Arazi ihtiyacı	37
7.1.3 Su kullanımı ve kirliliği	37
7.1.4 İnsan sağlığına etkisi	38
7.1.5 Enerji ihtiyacı	39

7.2 Bitkisel Bazlı Süt	40
7.2.1 Besin değeri	42
7.2.2 Sera gazı emisyonu üretimi	43
7.2.3 Arazi ihtiyacı	44
7.2.4 Su kullanımı ve kirliliği	45
7.3 Yapay Et	47
7.3.1 Çevreye etkisi	48
7.3.2 İnsan sağlığı üzerine etkisi	51
7.3.3 Hayvan refahına etkisi	53
7.4 Böcek Proteini	53
7.4.1 Besin değeri	54
7.4.2 Çevreye etkisi	58
7.4.3 İnsan sağlığı	60
8. EKONOMİK AÇIDAN ALTERNATİF PROTEİNLERİN DURUMU	64
8.1 Bitkisel Bazlı Et ve Süt	64
8.2 Yapay Et	78
8.3 Yenilebilir Böcekler	84
9. GENEL DEĞERLENDİRME	87
10. SONUÇ VE ÖNERİLER	90
KAYNAKLAR	93
ÖZGEÇMİŞ	106

SİMGELER DİZİNİ

°C	Santigrat
CH ₄	Metan
CO ₂	Karbondioksit
CO ₂ eq	Karbondioksit eşdeğeri
kg	Kilogram
lb	Pound
mg	Miligram
m ²	Metrekare
m ³	Metreküp
NO ₂	Azot Dioksit
€	Euro
\$	Dolar

Kısaltmalar

AR5	Beşinci Değerlendirme Raporu
AR6	Altıncı Değerlendirme Raporu
BM	Birleşmiş Milletler
COP28	İklim Değişikliği Konferansı'nın 28.si
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü
GDO	Genetiği değiştirilmiş organizma
HAA	Heterosiklik Aromatik Aminler
HCA	Hidroksisitrik Asit
IARC	Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı
IPCC	Hükûmetler arası İklim Değişikliği Paneli Ekonomik Kalkınma ve İş Birliği Örgütü ya da İktisadi İş Birliği ve Gelişme Teşkilatı
OECD	
OPEC	Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü
SKA	Birleşmiş Devletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları
WHO	Dünya Sağlık Örgütü

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (United Nations, 2015).....	2
Şekil 5.1 2022'den 2100'e dünya nüfusunun yaş gruplarına göre tahmini dağılımı (Anonymous, 2022a).....	11
Şekil 5.2 Dünyadaki yetersiz beslenen insanların oranları (Anonymous, 2023b)	11
Şekil 5.3 1,5°C sınırının yakınlarında kalabilmek için gerekli sera gazı salımı miktarları (IPCC, 2023).....	13
Şekil 5.4 1990'dan 2021'e kadar dünya genelinde yıllık sera gazı emisyonları (Anonymous, 2023c).....	13
Şekil 5.5 İnsanlığın neden olduğu iklim değişikliğinin olumsuz etkileri (IPCC, 2023).....	14
Şekil 5.6 1993 ile 2022 yılları arasında dünya genelinde ortalama deniz seviyesi değişimi (Anonymous, 2022b).....	16
Şekil 5.7 Gıda üretiminden kaynaklanan sera gazı emisyonları oranları (Ritchie, 2019).	17
Şekil 5.8 2015 yılında dünyada tarım için kullanılan tatlı su miktarları (Ritchie ve Roser, 2017).	20
Şekil 5.9 Kişi başına düşen yenilenebilir tatlı su kaynağı (Ritchie & Roser, 2017).....	20
Şekil 5.10 Global olarak gıda üretimi için kullanılan arazi oranları (Ritchie ve Roser, 2019). ...	21
Şekil 5.11 2018'de üretilen her bir kilogram gıda için kullanılan arazi izi, bazı gıdaların türüne göre (m ² /kg) (Poore ve Nemecek, 2020)	22
Şekil 5.12 Dünya genelinde 2019'dan 2022'ye kadar olan dönemde türlere göre birincil enerji tüketimi (Anonymous, 2023d).	23
Şekil 7.1 Bitkisel bazlı et üretim şeması (Kinney vd., 2019).....	34
Şekil 7.2 2018'den 2028'e kadar dünya çapında kişi başına düşen süt alternatifi tüketimi (Anonymous, 2023a).....	40
Şekil 7.3 İnek sütü ile bitkisel içeceklerin sera gazı emisyonları (kg) (Poore ve Nemecek, 2018).	43
Şekil 7.4 İnek sütü ile bitkisel içeceklerin arazi kullanımı miktarları (m ²) (Poore ve Nemecek, 2018).....	44
Şekil 7.5 Bir litre inek sütü ile bitkisel bazlı içeceklerin su kullanımı miktarları (L) (Poore ve Nemecek, 2018).....	45
Şekil 7.6 Bir litre inek sütü ile bitkisel bazlı içeceklerin neden olduğu ötrofikasyon miktarları (g) (Poore ve Nemecek, 2018).	46
Şekil 7.7 2016 yılında protein kaynağına göre 1 gram protein üretimi için gerekli olan su miktarı (litre) (Anonymous, 2016).....	59
Şekil 7.8 2018 yılında hayvancılık ve böcek yetiştiriciliğinde 1 gram protein başına gerekli tarım arazisi (m ²) (Anonymous, 2018b).....	59
Şekil 8.1 Bitkisel bazlı gıdaların dünya marketi değerinin değişimi (Anonymous, 2021b).....	64
Şekil 8.2 İşlenmiş et, taze et ve bitkisel bazlı etin hasılat değişimi (Anonymous, t.y.-a).....	65
Şekil 8.3 Bitkisel bazlı süt, yoğurt ve peynirin dünya çapında hasılat miktarı (milyar dolar) (Anonymous, t.y.-b).....	65
Şekil 8.4 Hayvansal süt, yoğurt ve peynirin dünya çapında hasılat miktarı (milyar dolar) (Anonymous, t.y.-b).....	66
Şekil 8.5 Bitkisel bazlı süt, yoğurt ve peynirin dünya çapında hasılat değişimi (Anonymous, t.y.-b)	66

Şekil 8.6 Hayvansal süt, yoğurt ve peynirin dünya çapında hasılat değişimi (Anonymous, t.y.-b).	67
Şekil 8.7 2022 yılı Avrupa’da bitkisel bazlı gıda pazarındaki satış değeri değişimi (Anonymous, 2022d).....	68
Şekil 8.8 2022 yılı Avrupa’da bitkisel bazlı gıdaların pazarındaki satış değeri (milyar €) ve büyüme miktarı (Anonymous, 2022d).....	69
Şekil 8.9 Dünya da bölgelere göre bitkisel bazlı et (A), bitkisel bazlı süt (B), bitkisel bazlı peynir (C) ve bitkisel bazlı yoğurt (D) için satış değerleri (milyar dolar) ve satış değeri büyümesi (%) (Bushnell vd., 2022).....	70
Şekil 8.10 2022 yılı Avrupa çapında bitkisel bazlı ve hayvansal bazlı kategorideki birim satış büyümesi (Anonymous, 2022d).....	71
Şekil 8.11 2022 yılı Avrupa çapında bitkisel bazlı gıdaların ülkelere göre satış değeri (milyon €) (Anonymous, 2022d).....	71
Şekil 8.12 2022 yılı Hindistan da bitkisel bazlı gıdaların market oranları (Anonymous, 2023f).	72
Şekil 8.13 2021 yılında bazı Asya ülkelerindeki laktoz intoleransı bulunan insanların oranı (%) (Anonymous, 2023h).....	73
Şekil 8.14 Süt, yoğurt ve peynirin ikameleri ile birlikte dolar cinsinden birim başına fiyatı değişimi (Anonymous, t.y.-b)	74
Şekil 8.15 İşlenmiş et, taze et ve bitkisel bazlı etin zaman içindeki fiyat değişimi ve gelecekte beklenen fiyatları (dolar) (Anonymous, t.y.-a).....	74
Şekil 8.16 2010 ile 2022 yılları arasında bitkisel bazlı gıda firmalarının yaptığı yıllık yatırım miktarı (milyar dolar) (Bushnell vd., 2022).....	77
Şekil 8.17 Dünyada bölgesel olarak bitkisel bazlı gıda üretimi için yapılan yatırım miktarları (milyar dolar) (Bushnell vd., 2022).....	77
Şekil 8.18 Dünyada toplam ve yeni açılan yapay et firmalarının yıl içinde dağılımı (Bomkamp vd., 2023).....	79
Şekil 8.19 Dünyada geleneksel et, bitkisel bazlı protein ve yapay etin pazardaki paylarının değişimi (Gelder, 2023).....	80
Şekil 8.20 Yapay et ve deniz ürünlerine yıllık yapılan yatırım miktarı (milyar dolar) ve yatırım anlaşması sayısı (Bomkamp vd., 2023).....	81
Şekil 8.21 Dünya da bölgelere göre yapay et ve deniz ürünlerine yıllık yapılan yatırım miktarı (milyar dolar) ve yatırım anlaşması sayısı (Bomkamp vd., 2023)	82
Şekil 8.22 Yapay etin fiyatının (dolar) değişimi (Bomkamp vd., 2023).....	83
Şekil 8.23 Dünya bölgelerinde yenilebilir böceklerin pazar değeri (milyar dolar) (Sousa vd., 2018).....	84
Şekil 8.24 Kayıt altında tutulan yenilebilir böcek türlerinin miktarının dünya çapında dağılımı (Sousa vd., 2018).....	85
Şekil 9.1 Alternatif proteinlerin satın alımı için motivasyonlar (Ignaszewski, 2022).....	88

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 7.1 Yapay et üretiminin sürdürülebilir enerjinin kullanılmasına göre karşılaştırılması (Swartz, 2021).....	49
Çizelge 7.2 Bazı et türleri ile yapay etin hesaplanan yem dönüşüm oranları (Swartz, 2021)	50
Çizelge 7.3 Farklı yenilebilir böcek türleri, sığır eti, yumurta ve soya fasulyesi tohumunun esansiyel amino asit içeriği (Akhtar ve Isman, 2018).....	55
Çizelge 7.4 Farklı yenilebilir böcek türlerindeki ana yağ asitlerinin bileşimi (%) (Akhtar ve Isman, 2018)	56
Çizelge 7.5 Farklı böcek türlerinin, sığır etinin, tavuk etinin ve somon balığının vitamin ve mineral bileşimi (mg/kg kuru madde) (Akhtar ve Isman, 2018).....	57
Çizelge 8.1 İşlenmiş et, taze et ve bitkisel bazlı etin hasılat miktarı (milyar dolar) (Anonymous, t.y.-a).....	64
Çizelge 8.2 Bazı bitkisel gıdaların Amerika Birleşmiş Devletler 'deki satış miktarı ve değişimleri (milyar dolar) (Bushnell vd., 2022).....	71
Çizelge 8.3 2022 yılındaki firmaların bölgesel dağılımı (Bomkamp vd., 2023)	78
Çizelge 8.4 Yapay et ve deniz ürünlerine yapılan yatırım miktarlarının (milyar dolar) ve anlaşma sayılarının ülkelere göre dağılımı (Bomkamp vd., 2023).	82

1. GİRİŞ

1970’li yıllarda uluslararası gıda problemlerinin ve küresel gıda krizlerinin gerçekleşmesi ile gıda güvenliği çok farklı tanımlarla karşımıza çıkmıştır. Codeks Alimentarius Uzmanlar Komisyonuna göre gıda güvenliği; gıdanın üretimi, hazırlanması, muhafazası ve dağıtılması sırasında gerekli kurallara uyulması ve önlemlerin alınmasıdır. Bir diğer tanım da: gıdalarla olabilecek fiziksel, kimyasal ve biyolojik her türlü kontaminasyonların önlenmesi için alınan önlemlerdir (Artık vd., 2021). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) 2001 yılı Gıda Güvencesizliği Durumu Raporunda “tüm insanların her zaman aktif ve sağlıklı bir yaşam için diyet ihtiyaçlarını ve gıda tercihlerini karşılayan, yeterli, güvenli ve besleyici gıdaya fiziksel, sosyal ve ekonomik erişimine sahip olma durumu” olarak tanımlanmıştır. Bu tanım gıda güvenliğinin ana boyutunun, bulunabilirlik, erişebilirlik, kullanılabilirlik ve istikrar olduğunu ortaya çıkarmıştır (FAO, 2008). Bulunabilirlik, gıdanın fiziksel olarak insanlar tarafından bulunup bulunmadığı ile ilgilidir. Bundan dolayı gıda arzının karşılanması önemlidir. Erişebilirlik ise tüketicilerin hem ekonomik hem de fiziksel olarak gıdaya erişmesini ifade eder. Gelir, gıda fiyatları ve pazar gibi etmenleri içermektedir. Erişebilirlik için bulunabilirlik şartının sağlanması gerekir. Kullanılabilirlik, bir insanın günlük besin ihtiyacını bulduğu ve eriştiği gıdaları kullanarak karşılaması durumudur. Kullanılabilirlik için erişebilirlik ve bulunabilirlik sağlanmalıdır. Bir insanın günlük besin ihtiyacının karşılanması bakımından kullanılabilirlik insan sağlığı için önemlidir. İstikrar ise ilk üç etmenin kendi içlerindeki stabilitesini ifade eder. Değişen hava koşulları, artan gıda fiyatları ve siyasi sıkıntılar gibi nedenlerden dolayı istikrarsızlıkların oluşması gıda güvenliğini tehdit edecektir. Gıda güvenliğinin bu ana boyutu dünyada gıda güvenliğini sağlamak için önemlidir.

2050 yılında dünya nüfusunun 9,7 milyar olması beklenmekte ve bu gelecekte daha çok insanın beslenmesi gerektiği anlamına gelmektedir. Gelecekteki nüfusu doyurmak için şu anki gıda üretiminin 2050 yılına kadar %40 ile %90 arasında artışa ihtiyaç vardır (Li, 2020). Gelecekteki gıda talebinin karşılanması için bitkisel ve hayvansal üretiminin

artması şarttır. Bitkisel üretimdeki artış ormanlık alanların ve su kaynaklarının azalması gibi sorunlara neden olacaktır. Hayvansal üretimdeki artış ise bu sorunlara katkı sağlarken, hayvancılıktan kaynaklanan sera gazı emisyonun yükselmesine ve hayvansal gıda tüketiminden kaynaklanan sağlık sorunlarının artmasına yol açacaktır. Gelecekte gıda üretiminin yeteri kadar arttırılmaması halinde yetersiz beslenme, küresel açlık ve pandemi ihtimali bulunmaktadır. Bu durum gıda güvenliğinin dört ana etmenini olumsuz etkileyecek ve küresel gıda güvenliğine zarar verecektir. Bu sorunların ortadan kaldırılmasının en etkili çözümü ise sürdürülebilir ve küresel gıda güvenliğini sağlayan bir gıda sistemi kurulmasıdır.



Şekil 1.1 Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (United Nations, 2015)

1987 yılında Birleşmiş Milletler Genel Kurulu'na sunulan “Ortak Geleceğimiz” isimli raporda sürdürülebilirlik kavramı “günümüzün kaynaklarını kullanarak hayata devam ederken gelecek nesillerin de bu konuda aynı olanaklara sahip olabilme yeteneğini koruyabilmek” şeklinde tanımlanırken, Birleşmiş Milletler (BM) ve Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından “Gelecek nesiller için gıda güvencesi ve beslenme sağlayacak ekonomik, sosyal ve çevresel temellerden ödün verilmeyecek şekilde herkes için gıda güvencesi ve beslenme sağlayan bir sistemdir.” şekline tanımlanmıştır (Doğan, 2021). Aynı zamanda açlığın ve yetersiz beslenmenin azaltılması, çevrenin korunması ve

sürdürülebilir bir gelecek için Birleşmiş Devletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları, 2030 (United Nations Sustainable Development Goals – (SKA)) hazırlanmıştır. Bu amaçların 2030 yılına kadar hedeflenen düzeye getirilmesi ana odaktır.

Paris antlaşması da bu amaçla önemlidir. Bu antlaşma iklim değişikliği ve insan sağlığına odaklanmıştır. Küresel enerji sistemlerinin dekarbonize edilmesiyle küresel ısınmayı azaltmayı amaçlamaktadır. Ancak Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü (OPEC) üyelerinden olan İran ve Libya ile Yemen ve Eritre bu antlaşmayı onaylamamaktadır. Başkan Trump döneminde ABD bu antlaşmadan çekilmişti ancak Başkan Biden seçildikten kısa bir süre sonra antlaşmaya geri dönmüştür (Apparicio ve Sauer, 2020). Bu karmaşalar Paris antlaşmasının amacına ulaşmasını zorlaştırmaktadır.

COP28 (İklim Değişikliği Konferansı'nın 28.si) de fosil kaynaklara olan bağımlılıktan kurtulup yenilenebilir enerji kaynaklarına geçilmesine önem verilmiştir. Özellikle iklim değişikliği küresel düzeyde sıkıntılara yol açabilir. Bu amaçla tarım ve gıda sistemlerini iklime dayanıklı ve gıda güvenliğinde zaaf yaratılmayacak şekilde getirilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Ayrıca, Sürdürülebilir Tarım, Dayanıklı Gıda Sistemleri ve İklim Eylemine İlişkin COP28 BAE Bildirgesinde, iklim değişikliğinin gıda üretimini ve gıdaya erişimini olumsuz etkilediği belirtilmiştir. Bu bildirmede, tarım ve gıda sistemlerinin iklim değişikliğine karşı güçlü ve yenilikçi olması gerektiği, herkesin güvenli, yeterli, uygun fiyatlı ve besleyici gıdaların erişiminin sağlanması gerektiği vurgulanmıştır. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Paris İklim Antlaşması'nın iklim değişikliğiyle küresel mücadele için birincil uluslararası forumlar olduğu hatırlatılmıştır. Paris Antlaşması'nın uzun vadeli hedeflerine tam olarak ulaşmak için tarım ve gıda sistemlerinin de bu süreçlere dahil edilmesi gerektiği, devlet ve hükümet başkanları tarafından onaylanmıştır.

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ VE AMACI

Alternatif proteinler, iklim krizi ve çevresel sıkıntılar gibi gelecekte olması beklenen sıkıntıların engellenmesi, gıda güvenliği ve sürdürülebilirlik için geliştirilen bir üretim teknolojisidir. Geleneksel et üretiminden kaynaklı karbon salımını azaltıp küresel ısınmanın etkisini düşürmesi beklenmektedir. Geleneksel et üretimi için kullanılan kaynakların büyük bir kısmını insanların tüketimine açacak ve daha çok insanın beslenmesini sağlayabilecektir. Buna ek olarak, dünyanın sınırlı kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasını ve gıda güvenliğinin 4 etmenin zarar görmemesini sağlayabilir. Bu özellikler, Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarının 2030 yılına kadar sağlanmasında alternatif proteinlerin yardımcı olabileceğini göstermektedir. Fakat bu konu hakkında Türkiye’de yapılan araştırma sayısı azdır. Bundan dolayı güncel sorunlara katkı sağlamayı hedefleyen ve sınırlı ölçüde araştırma yapıldığı bu konunun Türkiye’de daha çok araştırılıp yaygınlaştırılması gerekmektedir.

Bu çalışmanın amaçları şu şekildedir:

- Günümüzde gıda sisteminin sürdürülebilir olmadığını göstermek,
- Alternatif protein kaynakları hakkında geniş literatür taraması yapmak,
- Tüketicileri bilgilendirmek,
- Alternatif protein kaynaklarını ekonomik açıdan incelemek,
- Alternatif proteinlerin tamamlayıcı gıda ürünleri olması gerektiğini belirtmek,
- Türkiye’de araştırmanın az olduğu bu alana katkı sağlamaktır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Nüfus artışı, iklim değişikliği, tarım ve gıda sistemindeki sürdürülemez uygulamalar ve bunların sonucunda ortaya çıkan gıda güvenliği sorunları gelecekte bazı problemlere yol açacaktır. Bu problemlerin çözümü için düşünülen konulardan biri de alternatif proteinlerdir. Bu çalışmada, bu sorunların giderilmesi için çözüm olarak bitkisel bazlı et, bitkisel bazlı süt, yapay et ve böcek proteini üretiminin sürdürülebilirliğe ve gıda güvenliğine katkıları literatürde yapılan çalışmaların derlenmesi ile açıklanmıştır. Literatür taraması sırasında çalışmaların anahtar kelimelerine bakılmıştır. Anahtar kelimelerin içinde alternatif proteinler, sürdürülebilirlik, bitkisel bazlı et, bitkisel bazlı süt, yapay et, gıda güvenliği, gıda güvencesi ve yenilebilir böcek proteini ifadelerin bulunduğu çalışmalar seçilmiştir. Fakat seçilen çalışmaların büyük bir kısmı yabancı kaynaklıdır. Buna ek olarak bu çalışmada alternatif protein kaynaklarının ekonomik durumuna da değinilmiştir. Bitkisel bazlı et, bitkisel bazlı süt ve yapay etin ekonomik durumlarının açıklanmasında çoğunlukla Good Food Institute tarafından hazırlanan raporlar kullanılmıştır. Böcek proteini için çok fazla ekonomik kaynağa rastlanılmamıştır. Konular çeşitli kaynaklardan elde edilen şekiller ve tablolarla desteklenmiştir. Konuların değerlendirilmesinde yakın tarihli literatürden yararlanılmıştır.

4. LİTERATÜR ÖZETİ

Türkiye’de alternatif proteinlerin sürdürülebilirliğe ve gıda güvenliğine etkisi hakkında çok fazla çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada kullanılan araştırmaların büyük bir kısmı yabancı kaynaklardan alınmıştır. Bu araştırmalardan bazıları:

Tuomisto vd. (2011) “Environmental Impacts of Cultured Meat Production” adlı çalışmalarında büyük ölçekli yapay et üretiminin çevresel etkilerini değerlendirmek için yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA) yöntemi kullanılmıştır. Siyanobakteri hidrolizatının kas hücresi büyümesi için besin ve enerji kaynağı olarak kullanıldığı varsayılmıştır. Sonuç olarak, geleneksel et üretimi ile karşılaştırıldığında %7 ile %45 arası daha az enerji kullanımı, %78 ile %96 arası daha az sera gazı üretimi, %99 daha az arazi kullanımı ve %78 ile %96 arası daha az su kullanımı sağladığı belirtilmiştir.

Akhtar ve Isman (2018), “Insects as an Alternative Protein Source” adlı çalışmalarında gelecekte dünya nüfusunun artmasıyla ihtiyaç duyulacak gıda talebinin sığır, domuz ve tavuk eti gibi geleneksel hayvansal protein kaynaklarından karşılanmasında yetersiz olacağı ve alternatif kaynaklara ihtiyaç duyulacağı tahmin edilmektedir. Yenilebilir böceklerin çevre dostu olması, yüksek besin içeriği olması, yüksek oranda vitamin ve mineral içermesi, yüksek gıda dönüşüm oranına sahip olması, daha düşük sera gazı üretmesi ve daha az arazi ve suya ihtiyaç duyması gibi özelliklerinden dolayı bu talebi karşılamada önemli bir gıda kaynağı olabileceği vurgulanmıştır.

Baş ve El (2021), “Sürdürülebilir Protein Kaynakları: Bitki, Böcek, Yapay Et ve Tek Hücre Proteinleri” adlı derleme çalışmasında hayvansal protein kaynaklarının dışında sürdürülebilir protein kaynaklarının özellikleri ve çevreye etkisi değerlendirilmiştir. Alternatif protein kaynaklarının tüketiminin yaygınlaştığı ve alternatif protein kaynaklarının sağlık üzerine etkisinin belirlenmesi için için daha çok çalışma yapılması gerektiği vurgulanmıştır.

Baş ve El (2021), “Geleceğin Protein Kaynağı Yenilebilir Böcekler” adlı derleme çalışmasında böceklerin zengin protein içeriğine sahip olduğu vurgulanmıştır. Bu nedenle gıdaların besleyici özelliklerini geliştirmek için böcek unu eklenmesinin iyi bir yöntem olduğu belirtilmiştir. Ayrıca yenilebilir böceklerin üretiminin çevre dostu olduğu ve diyeteye dahil edilmesiyle birçok ülkenin beslenme ihtiyacını karşılayacağı söylenmektedir. Büyük ölçekte yenilebilir böcek üretimi gerçekleşmesi hayvansal proteinlerin yerine kullanılacak ekonomik kaynak olduğu ve yenilebilir böceklerin “geleceğin eti” olarak düşünüldüğü de belirtilmiştir.

Candoğan ve Özdemir (2021), “Sürdürülebilir Et Üretimi için Yenilikçi Yaklaşımlar” adlı çalışmalarında et ve et ürünlerinin üretiminde yenilikçi yollarla sürdürülebilirliğin sağlanması ve geleneksel ete alternatif yaklaşımlar olarak iki konu hakkında güncel araştırmalara yer verilmiştir. Önemli protein kaynağı olan et ve et ürünlerinin günümüzde sürdürülebilir olmadığı yenilikçi, yeşil ve akıllı teknolojilerle donatılması gerektiği ifade edilmiştir. Yapay etin insan sağlığına etkisi ve büyük ölçekli üretim imkanlarının daha çok araştırılmaya ihtiyaç duyduğu ifade edilmiştir. Yenilebilir böceklerin tüketiminin neofobi yüzünden düşük olmasından dolayı tüketicilerin görüş ve isteklerine önem verilmesi vurgulanmıştır.

Lange ve Nakamura (2021), “Edible insects as future food: chances and challenges” adlı çalışmalarında çevresel açıdan sürdürülebilir gıda güvenliğini sağlamak şu an ki sürdürülebilir olmayan gıda sistemi için önemli olduğu söylenmektedir. Birçok yenilebilir böcek türünün yüksek protein, yağ, mineral, vitamin ve lif içeriği bulunurken yüksek yem verimliliği, atıklara değer katması ve çevresel kirlenmeyi azaltmasıyla gıda güvenliğinin sağlanmasında önemli bir rolü olabileceği belirtilmiştir. Büyükbaş hayvancılığa kıyasla daha az sera gazı ile amonyak yaymakla birlikte daha az su ve araziye ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle yenilebilir böceklerin potansiyel çevresel ve ekonomik yararlarından dolayı gelecekte önemli bir potansiyel gıda olabileceği ancak bu durumda tüketici kabulünün büyük bir engel olduğu da vurgulanmıştır.

Saerens vd. (2021), “Life cycle assessment of burger patties produced with extruded meat substitutes” adlı çalışmalarında bitkisel bazlı et üretimi sırasında kullanılan yüksek nemli ekstrüzyon (HME) ile düşük nemli tekstüre bitkisel proteinler (TVP) teknolojileri ve bitkisel bazlı burger köftesi ve et burger köftesi karşılaştırılması yapılmıştır. İki bitkisel bazlı hammaddeye (soya unu ve kabak çekirdeği unu) uygulanan iki ekstrüzyon teknolojisinin çevresel performansını karşılaştırmak için yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA) yapılmıştır. Bitkisel bazlı burger köftelerinin etkisinin et burger köftelerine göre en az on kat daha düşük olduğu ve TVP, HME’ye kıyasla daha yüksek çevresel etkiye sahip olduğu belirtilmiştir.

Saget vd (2021), “Substitution of beef with pea protein reduces the environmental footprint of meat balls whilst supporting health and climate stabilisation goals” adlı çalışmalarında bezelyeden yapılan protein topları ile İrlanda ve Brezilya sığır köftelerini karşılaştırmışlardır. Bezelyeden yapılan protein toplarının küresel ısınma, asitleşme ve arazi kullanımı yükünün İrlanda ve Brezilya sığır köftelerine kıyasla daha az olduğu gösterilmiştir. Ayrıca Almanya’da sığır eti tüketiminin %5’ine denk gelen sığır eti köftesinin bezelye proteini topları ile değiştirildiğinde toplam karbon tasarrufunun yılda 8 milyon ton CO₂eq’ye, yani Almanya’nın yıllık sera gazı emisyonlarının %1’ine denk geldiği hesaplanmıştır.

Smetana vd (2021), “Meat substitution in burgers: nutritional scoring, sensorial testing, and Life Cycle Assessment” adlı çalışmalarında Almanya’da piyasada bulunan seçilmiş alternatif burgerler ile sığır burgerler karşılaştırılmıştır. Bitkisel, yenilebilir böcek proteini ve mikoprotein bazlı burgerlerin daha çevre dostu olduğu ancak yenilebilir böcek proteini ve soya bazlı burgerler dışındaki alternatif burgerlerin tatmin edici duyuşal ve besinsel özelliklere sahip olmadığı görülmüştür. Bezelye ve mikoprotein bazlı burgerler çevresel ve duyuşal açıdan ortalama burgerler olarak algılanılmıştır.

Geburt vd. (2022), “A Comparative Analysis of Plant-Based Milk Alternatives Part 2: Environmental Impacts” adlı çalışmalarında en yaygın üç bitki bazlı süt alternatiflerinin,

yulaf, soya ve badem ieeği, geleneksel ve organik inek sütü ile karşılaştırılıp çevresel etkileri değerlendirilmiştir. Yapılan karşılaştırmanın sonucunda bitki bazlı süt alternatiflerinin daha düşük etki değerine sahip olduğu ve yulaf ieeği ile organik soya ieeğinin en evre dostu içecekler olduğu ifade edilmiştir.

Kılınç vd (2022), “Protein Kaynağı Olarak Böcekler” adlı çalışmalarında yenilebilir böceklerin sürdürülebilir ve kaliteli bir protein kaynağı olduğu ve yetersiz beslenmenin çözümü için önemli bir besin kaynağı olduğu belirtilmiştir. Ayrıca tkretiminde gıda güvenliğini sağlamak için uygun teknikler geliştirilmesi gerektiği ifade edilmiştir.

Turp vd (2022), “Yapay Et: Üretim Yöntemleri, Teknolojik ve Etik Kısıtlamalar, Sürdürülebilirliğe Katkısı” adlı çalışmalarında hayvancılıkta yüksek miktarda su kullanımı, pandemi potansiyelinin artması, hayvan refahı ve et tkretiminden kaynaklanan sağlık sorunlarının artması gibi nedenlerden dolayı geleneksel et ve et ürünlerine alternatif yollar arandığı ve bunların başında yapay etin bulunduğu ifade edilmiştir. Yapay et üretimindeki teknolojiler, sürdürülebilirliğe etkisi ve hakkındaki etik kaygılara yer verilmiştir. Yapay etin geleneksel et yerine geçme potansiyelinin yüksek olduğu görülmüş fakat bu konuların daha çok araştırmaya ihtiyaç duyduğu belirtilmiştir.

Uyurcan vd (2022), “Sürdürülebilirlik, Sağlık ve Beslenmede Yeni Bir Trend: Bitki Bazlı Et Alternatifleri” adlı çalışmalarında bitkisel bazlı et hakkında sağlık ve beslenme açısından bilgiler verilmiştir. Bitkisel bazlı et üretiminin daha az sera gazı emisyonu yayması, daha az su kullanımı ve araziye ihtiyaç duyması gibi özelliklerinden dolayı evre dostu olduğu bildirilmiştir.

5. DÜNYA GIDA SİSTEMİNİ BEKLEYEN PROBLEMLER

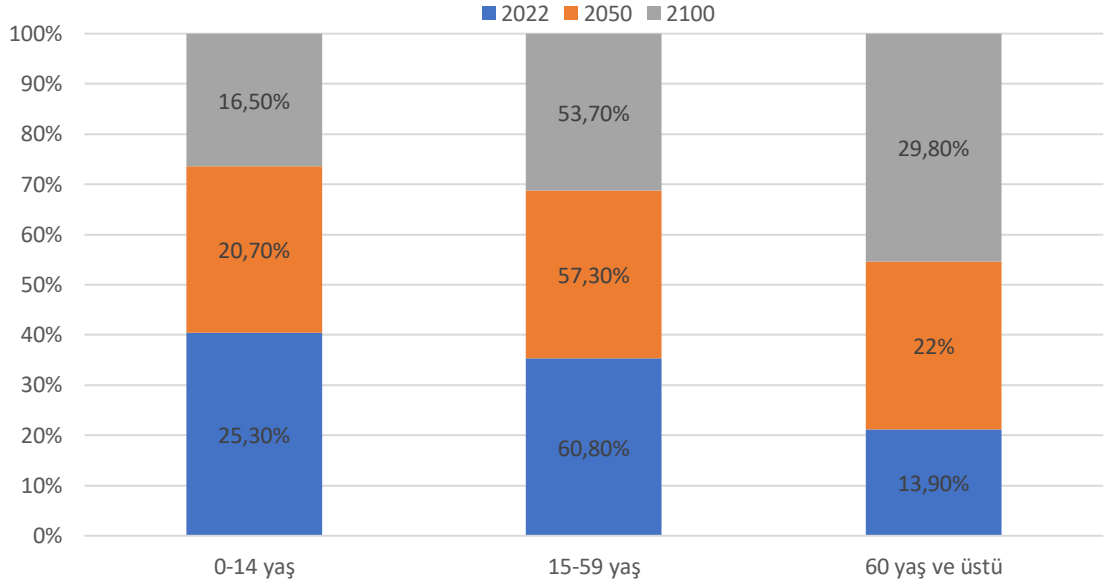
5.1 Dünya Nüfusu Değişimi ve Yetersiz Beslenme Oranları

12.000 yıl önce dünyada sadece 4 milyon insan bulunmaktaydı. Bu sayı 1700 yılına kadar çok az artış gösterirken, 1700'lü yıllarda yıllık nüfus artış oranı artmaya başlamıştır. 2036 yılında dünya nüfusunun tahminen 9 milyar olması beklenirken, 2050 yılında ise 10 milyardan fazla olması beklenmektedir (Ritchie ve Roser, 2023). Artışın büyük bir kısmı Afrika ve Güney Asya'da olacaktır. Nüfus artışının en önemli sebepleri yaşam standartlarının ve sağlık sisteminin geçmişe göre çok fazla gelişmiş olmasından dolayı beklenen yaşam süresinin artmasıdır. Bu durum çocuk ölümlerinin sayısını azaltırken, yaşlı nüfusun artmasına yol açmıştır. Şekil 5.1, yaşlı nüfusun oranının gelecekte artacağını göstermektedir. Böylece gelecekte daha fazla insan beslenmeye ihtiyaç duyacaktır. Beslenme ihtiyacı karşılanmadığı zaman yetersiz beslenmeden doğacak olan sağlık sorunları artacak ve ölümler yükselecektir. Nüfusun yaşlanması ise tarımsal üretim için gerekli olan iş gücünün azalması anlamına gelmektedir.

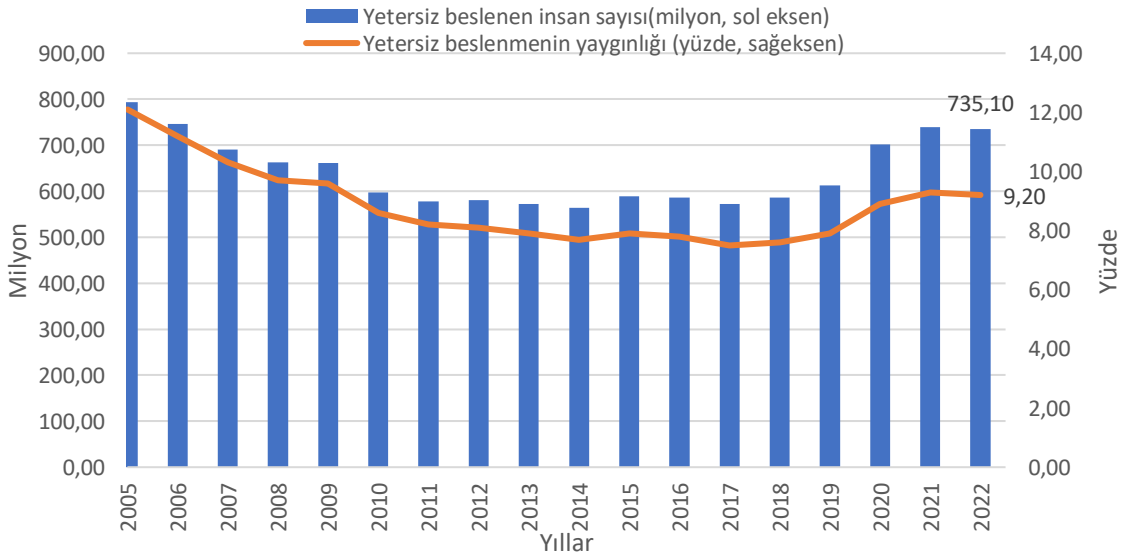
Günümüzde kentsel ve kırsal alanda yaşayan insanların sayısı sürekli değişmektedir. Kırsal alanda geçim kaynağı tarım iken, kentsel alanda sanayi ve hizmet sektörüdür. Sanayi devrimi ile tarım sektöründeki kullanılmaya başlanan makinalar tarımda iş gücünün azalmasını sağlamış, kırsalda yaşayan insanlar yeni iş bulma amacıyla kentlere göç etmeye başlamıştır. Kırsaldan kente göç, sanayi ve hizmet sektöründe iş gücü artışına ve tarımda iş gücü azalmasına neden olmaktadır.

Kırsal alan ile kentsel alan arasında bazı farklılıklar vardır. Kentsel alanda kişi başına düşen gelir kırsal alana göre çok yüksektir ve bu durum kırsaldan kente göçün en önemli nedenlerinden biridir (Sachs, 2019). Kentsel alanda daha yüksek nüfus yoğunluğu bulunmaktadır. Hizmet açısından bakıldığında ise kırsal alana elektrik, su, doğalgaz ve kanalizasyon şebekesi sağlamak zordur. Kentsel alanda sağlık ve yaşam şartlarının daha

yüksek olması kentsel yaşamı daha çekici yapmaktadır (Sachs, 2019). Kırsal alanda doğurganlık oranı yüksektir, çünkü genç çocukların en verimli tarım işçileri olduğu düşünülürken, kentsel alanda çocuklar genellikle okula gittikleri için daha masraflı görülmektedir (Sachs, 2019).



Şekil 5.1 2022'den 2100'e dünya nüfusunun yaş gruplarına göre tahmini dağılımı (Anonymous, 2022a)



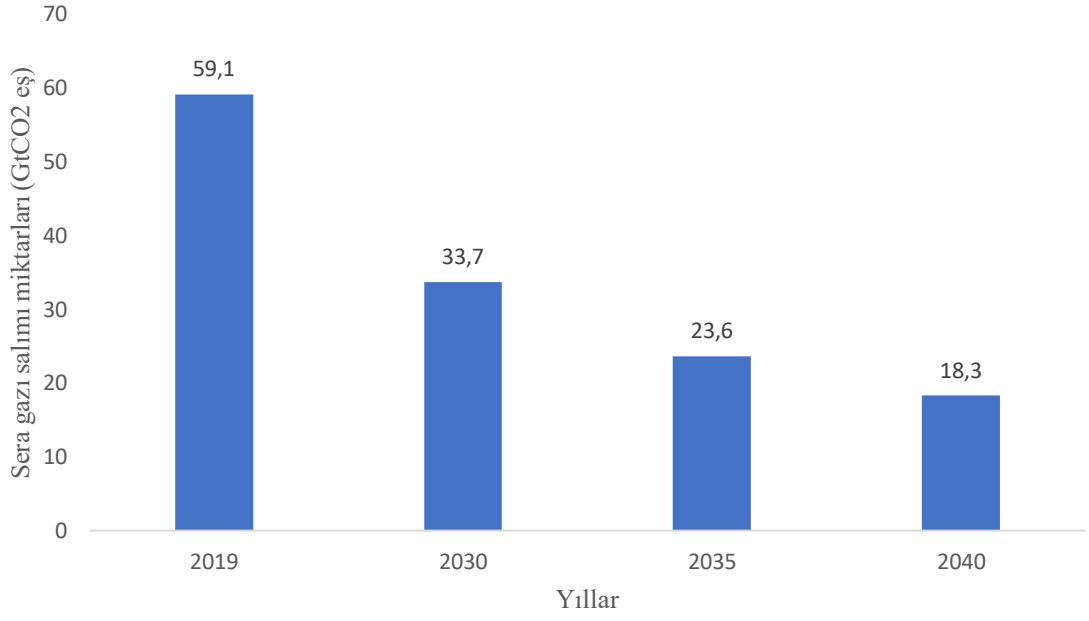
Şekil 5.2 Dünyadaki yetersiz beslenen insanların oranları (Anonymous, 2023b)

Dünyada kırsal alandan kentsel alana göç artmaktadır. 2036 yılında 9 milyar insanın çok büyük bir kısmının kentsel alanda yaşayacağı düşünülmektedir. Kırsal nüfusun 2035 yılında 3,3 milyar civarında sabitlenmesi ve 2050 yılında hafif azalarak 3,2 milyar olacağı tahmin edilmektedir (Sachs, 2019). Azalan kırsal nüfustan dolayı tarımsal üretimin azalması kaçınılmazdır. Artan dünya nüfusundaki bu durum gıda güvenliği sorunlarına yol açabilir.

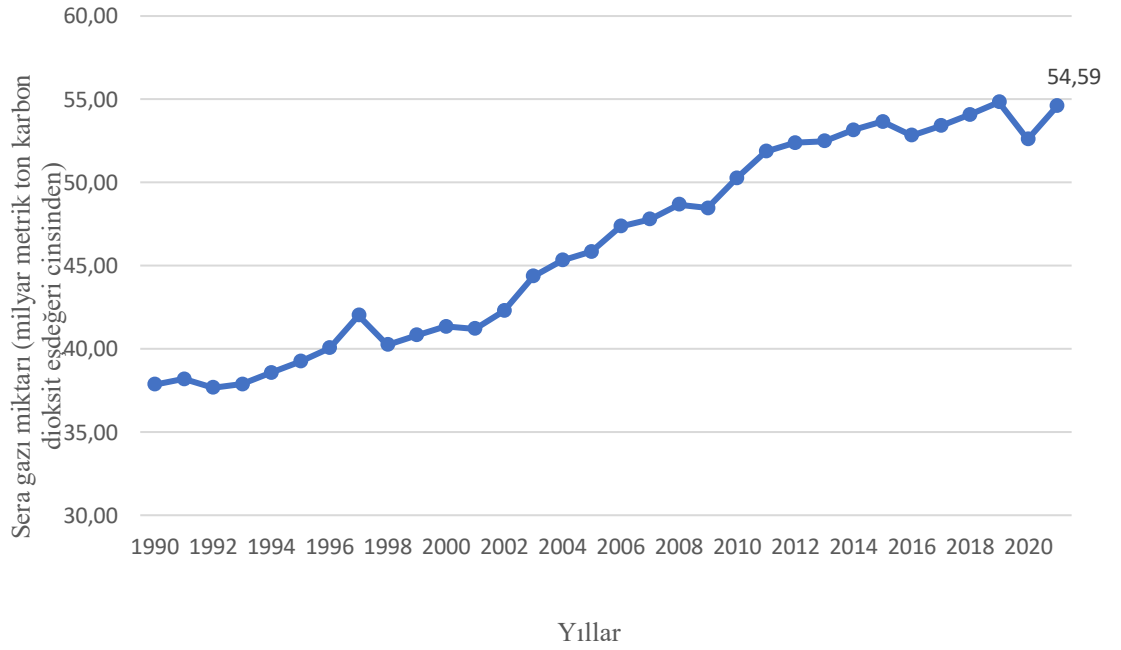
Dünyada 3,1 milyar insanın, dünya nüfusunun yaklaşık %42'si, sağlıklı beslenmek için gerekli olan ekonomik olanağı bulunmamaktadır. Bu sayı COVID-19'un neden olduğu dünya genelindeki yüksek enflasyon ve net gelirdeki azalma, gıda fiyatlarında artışla daha da artmıştır. Pandemiden kaynaklanan ekonomik krizlerin etkisi dünyada 2021 yılında iyileşmeye başlasa da 2022 yılında durağanlaşmıştır. 2022 yılındaki küresel açlık oranları 2021 yılına kıyasla çok fazla değişmemiş ama 2022 yılını COVID-19 pandemisinden önceki dönemle kıyaslandığında 122 milyon daha fazla insan açlıkla karşılaşmıştır (Anonymous, 2023b). Bunun üzerine Ukrayna savaşının çıkması uluslararası gıda fiyatlarında ve gübre fiyatlarında yükselmeye neden olmuştur. Rusya ve Ukrayna'nın iki tane önemli tarım ürünleri ihracatçısı olmasından dolayı gıdaya ihtiyaç duyan ülkeler ciddi bir şekilde bu savaştan etkilenmiştir. Tüm bu etkiler Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinden olan "Açlığa Son" amacını 2030 yılına kadar sağlayamayacağını göstermektedir.

5.2 Küresel Isınma Etkileri

İklim değişikliği dünyanın karşı karşıya kaldığı en büyük çevresel tehditlerden biri olarak kabul edilmektedir. Ormansızlaşma, fosil yakıtların kullanımı, tarımsal ve endüstriyel uygulamalar sonucu oluşan karbondioksit ve metan gibi gazların atmosferde birikip sera gazlarının artmasıyla küresel ısınma oluşur. Küresel ısınma, deniz seviyelerinin yükselmesi, aşırı hava olaylarının sıklaşması ve ekosistemlerin dengesinin bozulmasına sebep olmaktadır. Bu nedenlerden dolayı iklim değişikliği ile mücadele uluslararası toplum için önemli bir görevdir

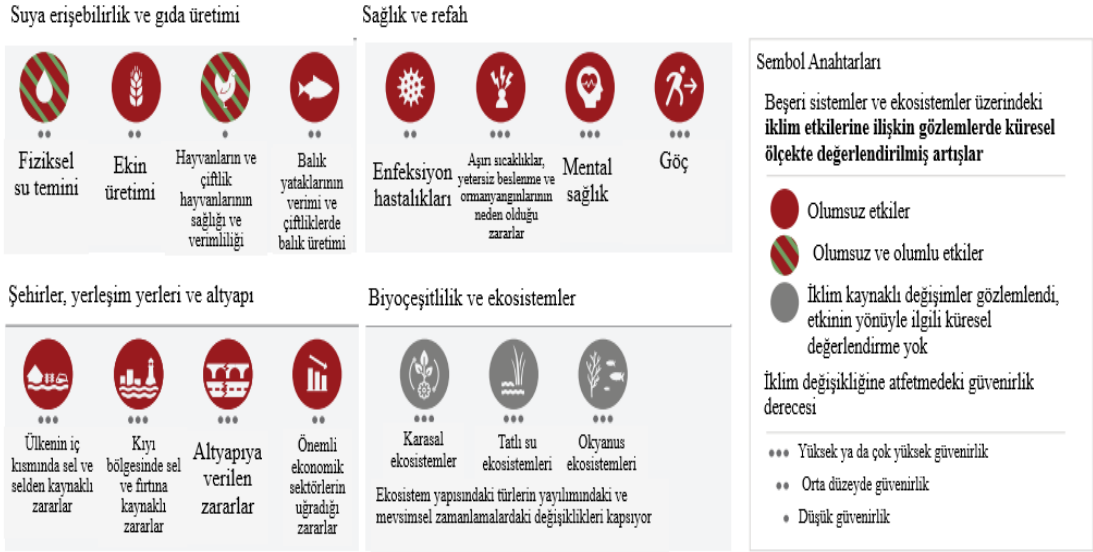


Şekil 5.3 1,5°C sınırının yakınında kalabilmek için gerekli sera gazı salımı miktarları (IPCC, 2023)

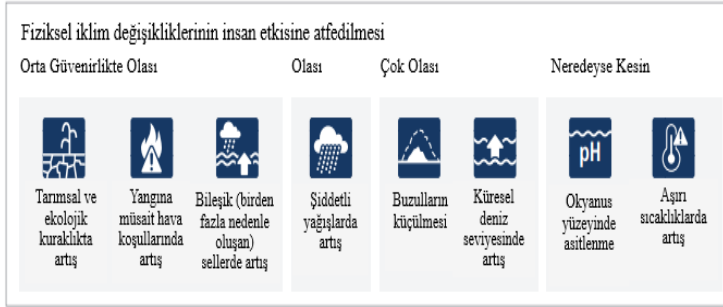


Şekil 5.4 1990'dan 2021'e kadar dünya genelinde yıllık sera gazı emisyonları (Anonymous, 2023c)

a) Gözlemlenen ve kaynağı iklim değişikliğine atfedilen yaygın ve kapsamlı etkiler ile bunlarla ilintili kayıp ve hasarlar



b) Birden fazla fiziksel iklim koşulundaki değişimlere dayalı, insan etkisine giderek daha fazla atfedilen etkiler



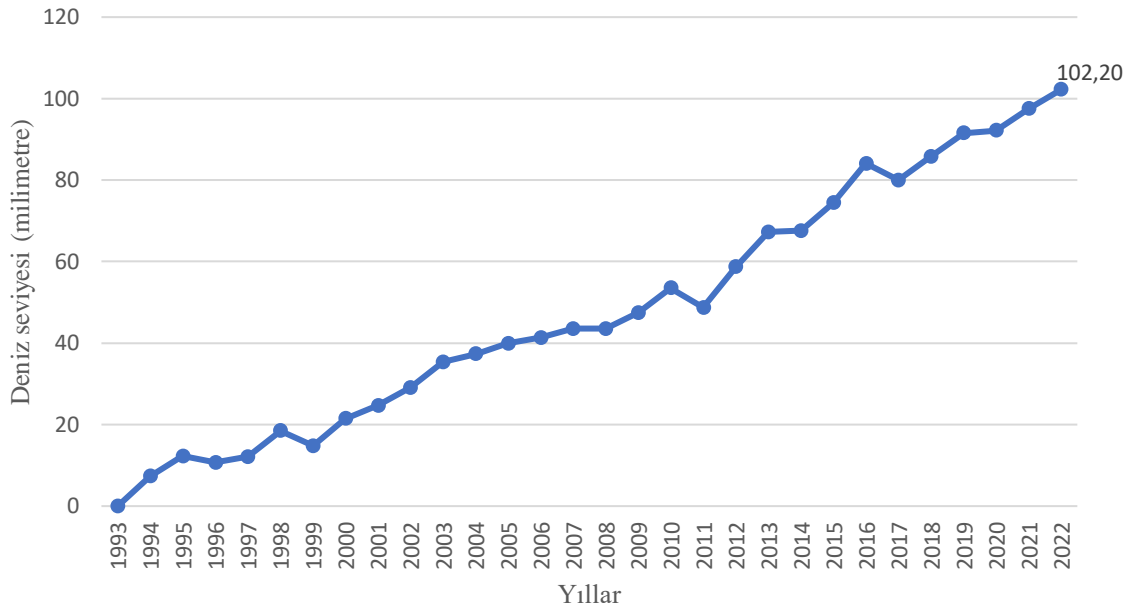
Şekil 5.5 İnsanlığın neden olduğu iklim değişikliğinin olumsuz etkileri (IPCC, 2023)

Sera gazlarının atmosferde birikmesi, 1970'den itibaren küresel yüzey sıcaklığını hızla arttırmaktadır. İnsanlardan kaynaklanan küresel yüzey sıcaklığı artışı 1850- 1900 ile 2010-2019 arasındaki artışın tahmini aralığı 0,8°C ile 1,3°C arasında iken tahmini en iyi değer ise 1,07°C'dir (IPCC, 2023). Küresel yüzey sıcaklığındaki artışın aşırı hava olayları, deniz seviyesinde artış, ekosistem değişiklikleri, su kaynaklarının azalması, göç ve toplumsal çatışmalar, salgın hastalıklar ve gıda güvenliği sorunlarına yol açacaktır. IPCC AR6 raporuna göre bu sıcaklık artışlarının en bütün sorumlusu insandır. 1,07°C'lik sıcaklık artışının üzerine eklenecek her derece santigrat bu sıcaklık artışından

kaynaklanan değişimlerin şiddetini ve dünyanın, iklim sistemindeki tehlikeli eşik noktalarına ulaşma durumunu arttıracaktır. Örneğin, ısınma 2°C ile 3°C arasında bir düzeye ulaştığında Batı Antarktika ve Grönland binlerce yıllık bir süreç içerisinde tamamen eriyip deniz seviyesinin birkaç metre yükselmesine yol açacaktır (IPCC, 2023). Küresel ısınmanın 1,5°C de tutulması en iyi seçenek olsa da dünyanın kurak bölgelerinde su sıkıntısı, sıcaklık stresi, çölleşme ve sele maruz kalacak insanların sayısı ciddi oranda artacaktır. Şekil 5.3'e göre, küresel ısınmayı 1,5°C de tutmak için yakın zamanda sera gazı salımında ciddi azalmalar gerekmektedir. Küresel ısınmanın bu sınırdaki tutulduğu modellerde, sera gazı salımının 2025 de en yüksek düzeye ulaşması, daha sonra azalarak 2019 düzeyine göre 2030 da %43, 2035'te ise %60 oranında azalması gerekmektedir. Fakat şekil 5.4'te gösterilen sera gazı miktarının yıllara göre dağılımının da 2019 yılı hariç son 10 yılda sürekli arttığı görülmektedir (Anonymous, 2023c).

Şekil 5.5, IPCC AR6 raporunda insanlardan kaynaklanan iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin boyutunu göstermektedir. Şekil 5.5'e göre aşırı sıcaklıklarda artış ve okyanus yüzeyinde asitlenmenin gerçekleşmesi kesin olarak görülmektedir. Aynı zamanda aşırı hava olayları nedeniyle kuraklık olan bölgelerde artışın, yağışın görüldüğü bölgelerde ani ve yoğun yağışın artacağını ve fırtına olaylarının çoğalacağını belirtmektedir. Bu etmenler, hava olaylarına karşı çok duyarlı olan tarımsal üretimi etkileyecektir. Küresel ısınmadan dolayı toprak nem kaybedecek, bu yüzden tarım arazileri daha fazla suya ihtiyaç duyacak, verimi azalacak ve çölleşme başlayacaktır. Bunlar gıda arzında azalma ve gıda fiyatlarında artış ihtimaline neden olup tarımsal üretimi ve gıda güvenliğini olumsuz etkileyebilir (Doğan, 2021). Burada, önemli husus tarımın sadece gıda kaynağı olarak görülmemesi aynı zamanda üreticiler için de önemli bir gelir kaynağı olduğudur.

Dünyada 2010 ile 2020 yılları arasında yüksek oranda sıkıntı yaşayan yerlerde sel, kuraklık ve fırtınalardan doğan insan ölümleri, çok düşük oranda sıkıntı yaşayan yerlere kıyasla 15 kat fazladır (IPCC, 2023). Bu durumlar iklim değişikliğine karşı önlem alınmadığı takdirde milyonlarca insanın gıda güvenliği sıkıntısı ile karşı karşıya kalacağını göstermektedir.

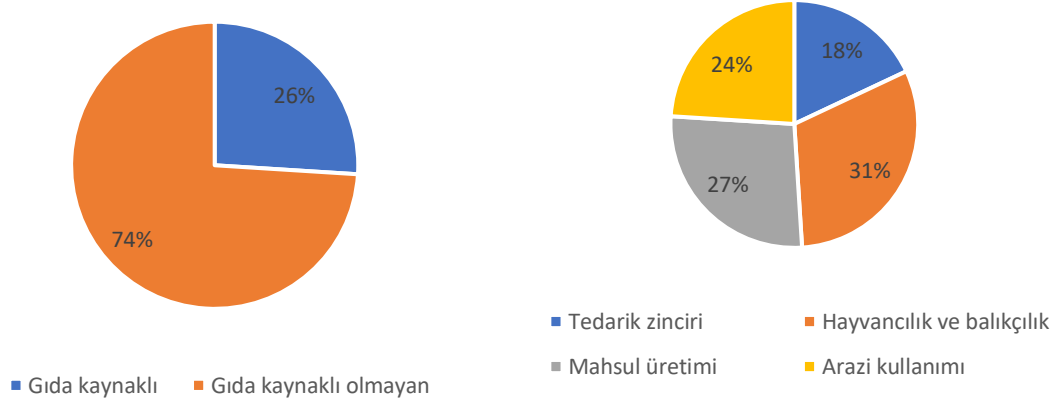


Şekil 5.6 1993 ile 2022 yılları arasında dünya genelinde ortalama deniz seviyesi değişimi (Anonymous, 2022b)

Küresel sıcaklık artışı buzulların erimesine ve dolayısıyla deniz seviyesinde artışa neden olacaktır. 1901 ile 2018 yılları arasına bakıldığında küresel deniz seviyesinin 0,2 metre arttığı görülmektedir (IPCC, 2023). Şekil 5.6 da 1993 yılı ile 2022 yılı arasındaki deniz seviyesindeki artışın 0,102 metre olduğu gösterilmektedir (Anonymous, 2022b). Deniz seviyesindeki bu artış kıyı bölgelerini tehdit ederken aynı zamanda tuzlu suyun yer altı suyuna karışmasıyla sonuçlanacaktır. Kıyı bölgelerine zararlı maddeler ve tuz taşınacaktır. Kıyı çiftlikleri için sel tehlikeleri oluşacak ve tuzlu suyun yer altı suyuna karışması tarım arazilerinin sulanması için suyun fazla tuzlu olmasına neden olacaktır (Doğan, 2021).

Şekil 5.7 de gıda kaynaklı sera gazı emisyonu ve gıda sistemi içindeki sera gazı emisyonu oranları gösterilmektedir. Gıda kaynaklı sera gazı emisyonu oranı %26 iken gıda kaynaklı olmayanın oranı %74'dır. Gıda kaynaklı sera gazı emisyonunun %18'i tedarik zinciri,

%31'i hayvancılık ve balıkçılık, %27'si mahsul üretimi ve %24'ü arazi kullanımından kaynaklanmaktadır.



Şekil 5.7 Gıda üretiminden kaynaklanan sera gazı emisyonları oranları (Ritchie, 2019)

Tarımdan kaynaklanan sera gazlarının %21'i insan tüketimi için kullanılan arazilerden gelirken, %6'sı hayvan yemi üretiminden kaynaklanmaktadır (Ritchie, 2019). Sentetik ve hayvansal gübrenin kullanılması sırasında azot dioksit salımı, pirinç üretiminden kaynaklanan metan salımı ve tarım makinelerinden kaynaklanan karbon dioksit salımı tarım kaynaklı sera gazı emisyonlarının örnekleridir.

Hayvancılıktan kaynaklanan sera gazları metan ve nitrat gazlarıdır. Metan gazı enterik fermentasyondan kaynaklanırken, nitrat gazı oluşan gübrenin yanlış depolanmasından kaynaklanmaktadır. Gübrenin düzgün bir şekilde depolanmaması çevresinde yaşayan diğer canlıların toksik maddelere maruz kalmasıyla sonuçlanacaktır. Bu ihmal iklim krizine neden olur ve çevresindeki insanların sağlığını etkiler. Hayvancılık faaliyetleri CO₂ emisyonunun %9'unu, CH₄ emisyonunu %35 ile %40'ını ve nitrat (NO₂) emisyonunun %65'ini oluşturup iklim krizine neden olmaktadır (Güneş Bayır ve Kıyak, 2022). Buna ek olarak metan gazı küresel ısınmaya CO₂'nin 28 katı etki ederken nitrat gazı 265 katında etki etmektedir (Grossi vd., 2019).

İklim değişikliği ile mikroorganizmaların daha etkili olma olasılığı bulunmaktadır. Mahsullere bulaşan mikroorganizmaların verimi etkileyip gıda güvenliği sorunu oluşturma potansiyeli vardır. Patojenlerden ve zararlı böcekler tarafından neden olan yıllık ürün kaybının miktarı yaklaşık 220 milyar ABD doları olarak tahmin edilmektedir (Singh vd., 2023). İklim değişikliğinden dolayı artacak olan patojenler mahsul üretimi açısından çok tehlikelidir. Küresel sıcaklık değişimleri, tarımsal ve doğal ekosistemlerde patojenlerin ortaya çıkmasını derinden etkileyebilir, yeni patojenlere maruz kalma riskini arttırabilir. Teorik olarak, iklim değişikliği patojenin evrimini değiştirebilir. Örneğin, buğdayda *Fusarium* kaynaklı hastalıkların artma durumu söz konusudur. Çünkü serin ve ıslak koşulları tercih eden *Fusarium culmorum* yerine sıcak ve nemli koşulları tercih eden *Fusarium graminearum* yaygınlaşmaya başlamıştır (Singh vd., 2023). Atmosferdeki CO₂ miktarı bitkinin bağışıklık sistemini ve hormonal dengesini etkileyip patojenlere daha duyarlı hale getirebilir. Örneğin, yüksek CO₂ koşullarında buğday iki tane patojene, *Z. tritici* ve *F. graminearum*, karşı duyarlı hale gelebilir (Singh vd., 2023). Bütün bunlara ek olarak, yüzlerce hatta binlerce yıl boyunca oluşun dev buz kütlelerinin içinde yaklaşık bin farklı mikroorganizma çeşidinin bulunduğu ve buzullarının erimesiyle bu mikropların denizlerle ve nehirlerle insanlara ulaşın hasta etme potansiyelinin bulunduğu söylenmektedir (Messenger, 2022). Bu durum deniz suyu seviyesinin yükselmesine ve içme sularının kontamine olmasına sebep olacaktır. 2014 yılında yapılan bir haberde, bir virüsün en az 30,000 yıl boyunca hareketsiz halde Sibiry'a'nın derin donmuş topraklarında buzulların erimesiyle birlikte 'yeniden hayata döndüğü' söylenmektedir (Morelle, 2014). Bu virüsün insan ve hayvan sağlığını etkilemediği ortaya çıkırsa da tam tersi olması durumu da bulunmaktadır.

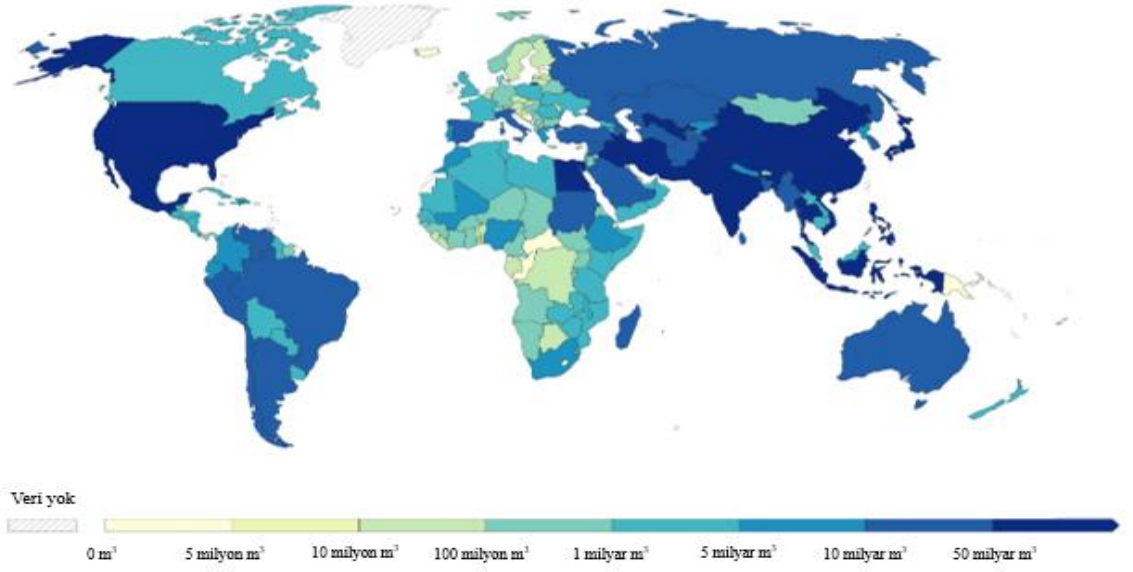
İklim değişikliği aynı zamanda kitleler halinde göçler, jeopolitik istikrarsızlıklar ve arazi kullanımında değişiklikler oluşmasını sağlayabilir (Doğan, 2021). Gelecekte hastalıklar artabilir ve tarımsal ürünlerin arzında düşüş görülebilir. 2030 ile 2052 yılları arasında küresel ısınmadan kaynaklanan sıcaklık değişiminin büyük ihtimalle 1,5°C sınırını geçeceği tahmin edilmektedir (IPCC, 2023). Bu sınır büyük bir öneme sahiptir. Bu sınırın aşılması gelecekte yaşanması muhtemel tehlikelerin önüne geçmede önemli bir

adıdır. Bu amaçla dünyada tarım, enerji, sanayi ve ulaşım gibi sektörlerde köklü dönüşümler gerekmektedir. Tarım açısından bakıldığında sera gazının azaltılması için hayvancılık ve gübre yönetimi kontrol altına alınmalı ve enerji tasarrufu sağlanmalıdır (Doğan, 2021). İklim değişikliğinin olumsuz etkileri bilinmesine rağmen bunu engellemek için gerekli değişikliklerin önünde bazı sıkıntılar bulunmaktadır. Sınırlı kaynaklar, özel sektör ve vatandaşın katılım eksikliği, finansman yetersizliği, düşük iklim okuryazarlığı ve düşük aciliyet durumu bu sıkıntılardan bazılarıdır ve özellikle finansman konusunda IPCC'nin bir önceki raporu olan AR5'ten bu yana finansman da artış görülse de iklim değişikliğine karşı önlemlerin ihtiyaç duyduğu miktardan çok azdır (IPCC, 2023). Özellikle gelişmekte olan ülkelerin bu konunun üzerine daha çok düşünmesi gerekmektedir.

Gıda sektörünün dünyadaki toplam sera gazı emisyonunun %26'sını kapsadığı düşünüldüğünde, sürdürülebilir bir sisteme geçiş yapılmadığı takdirde gıda sisteminin çok büyük problemlerle (örneğin; gıda arzında azalma, gıda fiyatlarının artması, tatlı su kaynaklarının azalması, pandemi risklerinin artması gibi) karşı karşıya kalma ihtimalinin olduğu gözükmemektedir. Hayvancılıktan kaynaklanan sera gazlarının iklim krizine katkısı büyüktür. İklim değişikliği tarımsal üretimin önemli faktörleri olan güneş, sıcaklık ve yağışı önemli ölçüde etkileyecektir. Her zaman ön görülemeyen hava durumundan etkilenen tarım daha da duyarlı hale gelecektir. Bu olayın sonucunda, gıda arzının azalması ve artan nüfustan doğan talep artışı gıda fiyatlarının artmasına ve gıda güvenliğinin olumsuz etkilenmesine yol açabilir.

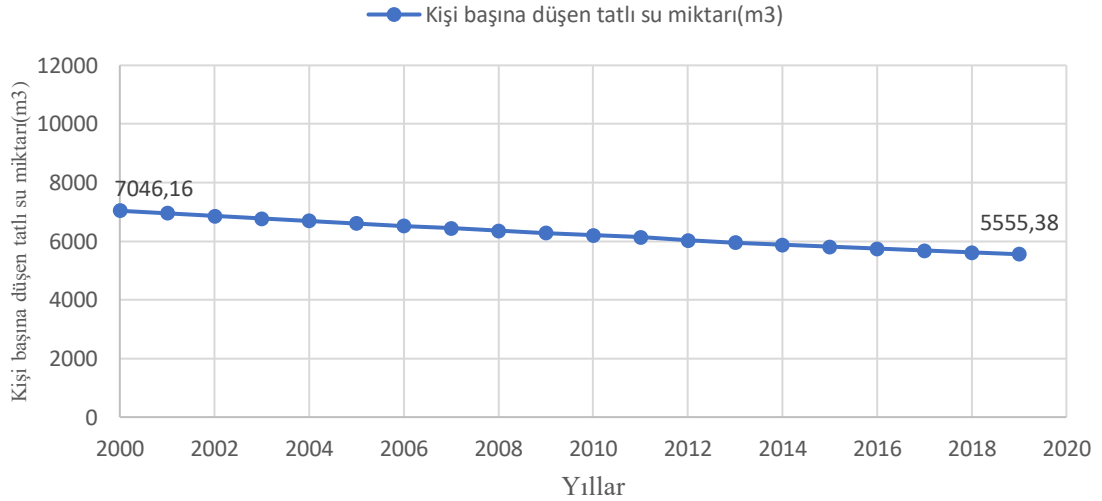
5.3 Tatlı Su Kaynaklarının Miktarı

Sürekli artan nüfus ve fazla kaynak tüketimine doğru ekonomik kayma, küresel tatlı su kullanımının 1900'lerden bu yana yaklaşık 6 kat artmasına yol açmıştır. Tatlı su kullanımı 1950'lerden itibaren keskin bir şekilde artmaya başlamış ve 2000'lerde artış oranı az da olsa azalmıştır (Ritchie ve Roser, 2017).



Şekil 5.8 2015 yılında dünyada tarım için kullanılan tatlı su miktarları (Ritchie ve Roser, 2017)

Su tarım için önemli bir kaynaktır. Şekil 5.8 de tatlı su kaynaklarının dünyada tarım için kullanılan miktarı gösterilmiştir. Tarımda tatlı su genellikle mahsul üretimi, hayvancılık ve biyoyakıt üretiminde kullanılır. Ayrıca, sulama, hayvanlar için içme suyu, biyoçeşitlilik ve balıkçılık için tatlı su kaynakları çok önemlidir.

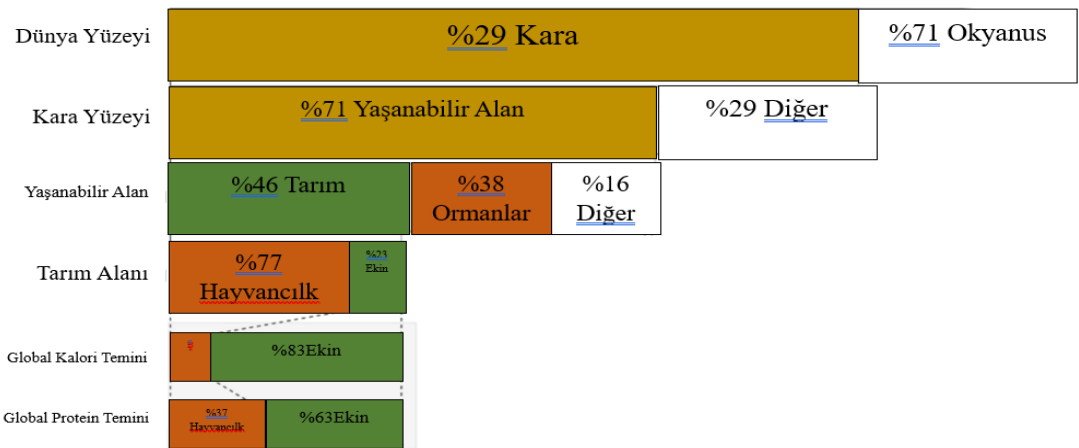


Şekil 5.9 Kişi başına düşen yenilenebilir tatlı su kaynağı (Ritchie & Roser, 2017)

Artan su kullanımı ve dünyadaki su kaynaklarının sınırlı olması, suyun sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasını zorunlu kılmıştır. Yağmurdan gelen yer altı suları ve nehirler bir ülkedeki yenilenebilir iç tatlı su kaynaklarını oluşturmaktadır. Yenilenebilir su kaynakları bir ülkenin su kaynaklarının durumu için önemli bir indikatördür. Eğer yenilenebilir su kaynakları azalmaya başlarsa, su güvenliği tehlikeye girer ve su kıtlığı durumu oluşabilir. Şekil 5.9 da kişi başına düşen tatlı su miktarının her yıl azaldığı görülmektedir. Bunun nedenlerinden bazıları iklim değişikliği, artan dünya nüfusu ve su talebi, tarımda su tüketimi ve su kirliliğidir. Tatlı su kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde kullanılması büyük önem taşımaktadır. Dünyada tatlı su kaynaklarının azalması gelecekte gıda güvenliği sorunlarına ve hatta su için yapılacak savaşlara dahi sebep olacağı öngörülmektedir.

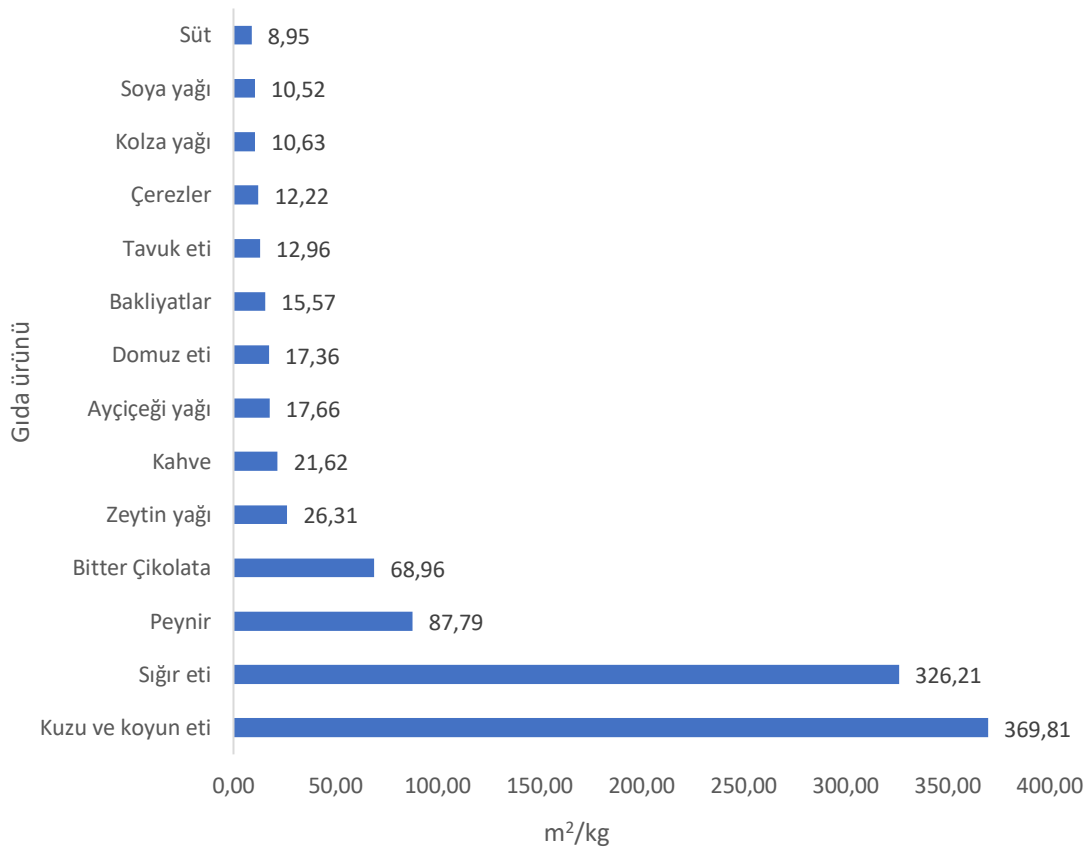
5.4 Arazi Kullanımı

Şekil 5.10 da global olarak gıda üretimi için kullanılan arazi oranları gösterilmektedir. Dünya yüzeyinin %29'u kara ve %71'i okyanustan oluşmaktadır. Dünyada bulunan karanın %71'i yaşanabilir ortamdandır ve bu yaşanabilir çevrenin %46'sı tarım için kullanılırken %38'i ormanlardan oluşmaktadır. Tarım için kullanılan arazilerin %77'si hayvancılık ve %23'ü mahsuller için kullanılmaktadır.



Şekil 5.10 Global olarak gıda üretimi için kullanılan arazi oranları (Ritchie ve Roser, 2019)

Gelecekte artacak olan dünya nüfusu, dünyada kısıtlı olarak bulunan arazilere baskı yaratıp ormanlık arazilerin azalmasına sebep olabilir. 2030 yılında global et tüketiminin %22, süt ve süt ürünleri tüketiminin %11 artması beklenmektedir (Kraham, 2017). Hayvansal üretimdeki artış yem üretiminde artışı tetikleyecektir. Hayvansal ürünler bitkisel ürünlere göre yaklaşık 5 kat daha fazla araziye ihtiyaç duymasından dolayı ormanlık alanların azalmasıyla sonuçlanabilir. Artan et talebinin karşılanması amacıyla verimli tarım arazilerinin hayvancılığın kullanımına açılmasından dolayı, et üretimi için kullanılan buzsuz karasal arazi miktarı, küresel karasal arazi miktarının %35'ini kapsamaktadır (Candoğan ve Özdemir, 2021). Ormanlar, karada yaşayan canlılar için habitat iken aynı zamanda atmosferdeki karbon dengesini sağlayarak iklim değişikliğinin etkisini azaltmaktadır. Ormanlık alanların azaltılmasının nedenlerinden biri olan bu durum hem biyoçeşitlilik hem de iklime zarar verecektir.

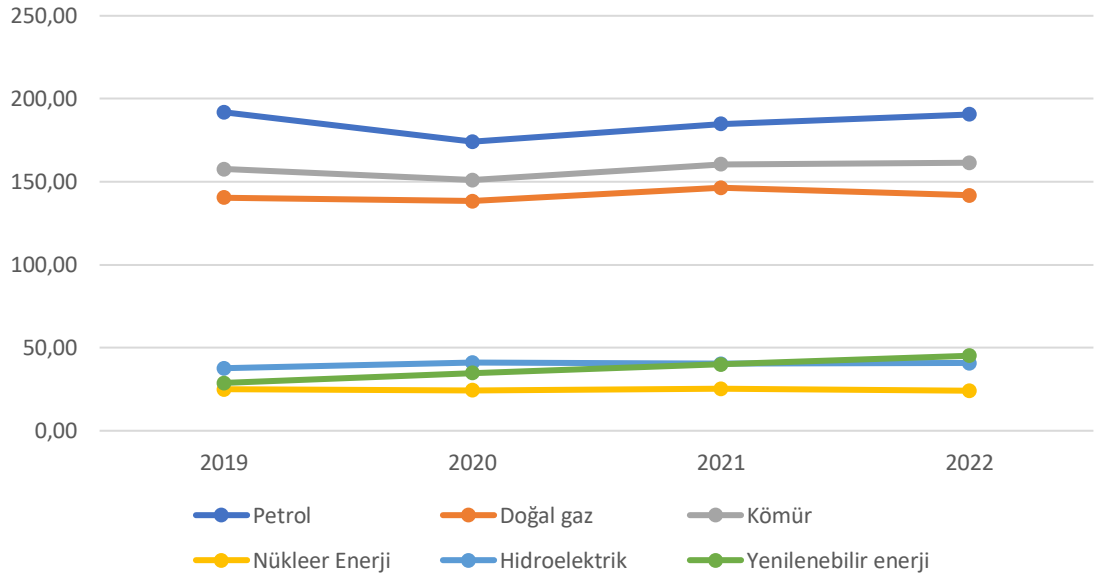


Şekil 5.11 2018'de üretilen her bir kilogram gıda için kullanılan arazi izi, bazı gıdaların türüne göre (m²/kg) (Poore ve Nemecek, 2020)

Şekil 5.10 ve 5.11 de hayvancılık ve süt ürünleri için çok fazla arazinin kullanıldığı fakat kalori ve protein arzının büyük bir kısmının bitkisel üretimden sağlandığını göstermektedir. Bu dengesizlik sürdürülebilirliğe ve gıda güvenliğine uygun değildir. Li'ye (2020) göre hayvancılıkta 1 lb hayvansal protein üretilmesi için 10 lb bitkisel proteine ihtiyaç vardır. Bu, et tüketimi yerine bitkisel et tüketiminin önemini ortaya çıkarmıştır.

5.5 Enerji Üretimi

Yüksek enerji yoğunluğu nedeniyle fosil yakıtlar dünyada başlıca enerji kaynağıdır. Fakat fosil yakıtlar sınırlıdır ve kullanımı sera gazı emisyonu yaratmaktadır. Artan sera gazı emisyonlarından dolayı 2018 yılında tahmini olarak 300 tane afet olmuş ve bu afetler 68 milyon insanı etkilemiş ve yaklaşık olarak 131,7 milyar dolarlık ekonomik kayba sebep olmuştur (Osman vd., 2023). Artan nüfus sonucunda 2040 yılında enerji talebinin %56 oranında artması beklenmektedir (Rahman vd., 2022). Eğer enerji üretimi gelecekte hala fosil yakıtlardan sağlanmaya devam ederse sera gazı miktarı artacak ve küresel ısınmaya sebep olacaktır. Bu yüzden yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş yapılmalıdır.



Şekil 5.12 Dünya genelinde 2019'dan 2022'ye kadar olan dönemde türlere göre birincil enerji tüketimi (Anonymous, 2023d)

Yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş kolay olmayacaktır. Elde edilen enerjinin çok az olması, hidroelektrik dışında yenilenebilir enerji kaynaklarının düzensiz olması, depolamaya ihtiyaç duyulması, maliyetinin yüksek olması, günümüzde yeni fosil yakıt kaynaklarının bulunması ve fosil yakıtların ve nükleer enerjinin çok uzun süre yeteceği düşünülmesi yenilenebilir enerji kaynaklarına geçişi zorlaştırmaktadır (Ray, 2019). Şekil 5.12 de dünya genelinde 2019 yılından 2022 yılına kadar olan dönemde birincil enerji tüketimi gösterilmektedir. Birincil enerji kaynakları arasında yenilenebilir enerji kaynaklarının payı çok azdır. Enerji üretiminde sürdürülebilirlik için yenilenebilir enerji kaynaklarına geçişin hızlandırılması ya da enerjinin verimli bir şekilde israf edilmeden kullanılması gerekmektedir.

5.6 İnsan Sağlığı

Et, insanların ihtiyaç duyduğu tüm esansiyel amino asitleri ve kalsiyum dışında vücut için gerekli olan tüm mineralleri içermektedir (Artık vd., 2021). Bu aminoasitlerin insanda vücut proteinlerine dönüşme oranı bitkisel kaynaklı proteinlere kıyasla yüksek olduğu için önemlidir. Süt ve süt ürünleri ise önemli bir kalsiyum kaynağıdır.

Büyüme çağındaki çocukların ortalama enerji, demir ve çinko ihtiyacı 1,7 – 2,0 kg mısır ve fasulye ile karşılanabilirken aynı ihtiyacı 60 gram kırmızı et karşılayabilmektedir (Doğan, 2021). Bu ihtiyaçların mısır ve fasulye ile karşılanması çocukların tolere edebileceğinden çok fazladır. Bu nedenle kırmızı et büyüme çağındaki çocukların beslenmesinde önemlidir. Benzer durum süt ve süt ürünleri içinde söz konusudur. Tahıl bazlı bir diyetle çocukların günlük kalsiyum ihtiyacının karşılanması çok zordur.

Hayvansal gıdalar çocuklar ve hamileler için önemli besin kaynaklarıdır. Bu grup için gerekli minerallerin ve vitaminlerin eksiklikleri anemi, gece körlüğü ve büyüme geriliği gibi sağlık problemlerine neden olabilir (Doğan, 2021). Bu nedenle hayvansal kaynaklı gıdalardan tamamen vazgeçmek insan sağlığı açısından düşünülmemelidir. Bu gıdaların

üretimi sonucu ortaya çıkan sera gazı emisyonlarının önlenmesi veya azaltılması için çözüm yolları aranmalıdır.

Roser (2021) tarafından COVID-19 pandemisinden önce yapılan bir çalışmada dünyada insanların %33'ü kalp hastalıklarından, %18'i kanserden ve %74'ü bulaşıcı olmayan hastalıklardan dolayı hayatını kaybetmiştir. Hayvansal gıdaların tüketiminin bulaşıcı olmayan hastalıklardan doğan ölümlerle bağlantısı bulunmaktadır. Yapılan bir araştırmada kırmızı et ve işlenmiş et tüketimi yüksek genel ölüm oranlarıyla ilişkisi olduğu görülmüştür (Zheng vd., 2019). Bir başka çalışmada kırmızı ve işlenmiş et tüketimi, toplam ölüm oranı, kanser ölüm oranı ve kardiyovasküler hastalık ölüm oranı ile ilişkilendirilmiştir (Sinha vd., 2009). Hayvansal gıdaların artan tüketiminden dolayı kanser, kalp ve damar hastalıkları, hipertansiyon gibi bulaşıcı olmayan hastalıkların görülme durumu artabilir. Bu hastalıkların artmasında antibiyotik kullanımı, kolesterol miktarı ve kullanılan katkı maddelerinin etkisi büyüktür. Fakat unutulmaması gereken nokta sağlık probleminin ortaya çıkmasının doza bağlı olduğudur. Dolayısıyla gıda ve hastalık ilişkisi kurmak doğru değildir. Hasta olma ihtimali hayvansal gıdaların ne kadar tüketildiğine bağlı olarak artmaktadır. Doğru olan dengeli beslenmektir. Uzun süreli kırmızı et ve işlenmiş et tüketimindeki artış bulaşıcı olmayan hastalıkların görülme sayısını arttıracaktır (Battaglia Richi, 2015).

5.6.1 Kırmızı et ve işlenmiş etlerin etkisi

2015 yılı Ekim ayında IARC, kırmızı et ve işlenmiş et tüketiminin kanserojenliğini değerlendirmiştir. Değerlendirme sonucu işlenmiş et tüketiminin kanser yapma potansiyelini “Grup 1”, kırmızı etin kanser yapma potansiyelini “Grup 2A” olarak sınıflandırmıştır. “Grup 1”, maddenin insanlar için kanserojen olduğunu ve “Grup 2A”, maddenin muhtemelen insanlar için kanserojen olduğunu belirtmektedir.

Kırmızı etin ve işlenmiş etlerin (salam,sucuk,pastırma gibi) pişirme yöntemleri hastalık yapma yönünden önemlidir. Özellikle mangalda pişirilen kırmızı et ve işlenmiş etlerde oluşan nitrozamin, polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) ve heterosiklik aromatik

hidrokarbonlar (HAA veya HCA) kansere neden olmaktadır (Ögel, 2018). Doğru pişirme yöntemleri ile bu bileşiklerin oluşma ihtimali azalır. Doğru pişirme yöntemleri olarak haşlama ve fırında pişirmek örnek olarak verilir. Kızartma, mangal ve tütsüleme yöntemleri en zararlı yöntemlerdir.

İşlenmiş etlerde parlak pembe rengini vermek için koruyucu madde olarak nitrit ve nitrat kullanılmaktadır. Nitrit ve nitratın koruyucu madde olarak kullanılmasının amacı *Clostridium botulinum* mikroorganizmasının gelişmesini engellemesidir. Bu mikroorganizma insan sağlığı için çok tehlikeli olan botulin toksin üretmektedir. Fakat nitrit ve nitratın işlenmiş etin içinde protein kaynaklı amino asitlerin bulunmasından dolayı nitrozamine dönüşme riski bulunmaktadır (Ögel, 2018). Uzmanlar günlük tüketilen 50 gram işlenmiş etin kolon kanseri riskini %18 oranında arttırdığını söylemektedir (Taşçı, 2019). Botulin toksinden doğacak olan ölümlerin önüne geçilmek için nitrit ve nitrat kullanılır. Burada tekrar hatırlatılması gereken doz – hastalık ilişkisidir. Kullanılan nitrit ve nitrat dozu tebliğler ile kısıtlanmıştır. Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliğine göre ısıl işlem görmemiş işlenmiş etlerde nitrit ve nitrat kullanımı 150 mg/kg ile sınırlandırılmıştır. Ayrıca ısıl işlem görmüş işlenmiş etlerde, sterilize edilmiş et ürünleri hariç, nitrit kullanımı 150 mg/kg ile sınırlandırılmıştır. Bu bileşikler bitkilerde doğal olarak da bulunabilmektedir. Günlük alınan nitratın %5 ve nitritin %10'u işlenmiş etten kaynaklanırken, %90'ı bitkilerden gelmektedir (Doğan, 2021).

5.6.2 Kolesterol riski

Kolesterol, vücudun ihtiyaç duyduğu D vitamini taşıyıcısı olmasının yanında hormonların ve vücut hücrelerinin yapısında bulunan önemli bir yapı taşıdır. Vücutta bir çok görevi bulunmaktadır. Hücre zarının yapısına katkı sağlar, safra asitleri oluşturur ve belirli hormonların üretilmesini sağlar. Bu bakımdan kolesterol sağlık açısından değil, hayat açısından önemli bir maddedir. Bu yüzden kolesterol düzeyinin kabul edilebilir düzeylerde tutmak gerekir. Vücuttaki kolesterolün 2 kaynağı bulunmaktadır Bunlar karaciğerin üretmesi ve dışarıdan alınan besinlerle gerçekleşir. Kolesterol, dışarıdan

çoğunlukla hayvansal kaynaklı gıdalardan alınır. Fazla miktarda alınan kolesterol damar duvarında zamanla birikmeye başlar. Bunun sonucunda damarlarda tıkanma ve daralma başlar. Kalbi besleyen damarlarda bu sorunun ortaya çıkması göğüs ağrısı, kalp krizi ve kalp yetmezliği gibi sorunlar ortaya çıkartır. Böbreklerde birikimi de yüksek tansiyon ve kalp yetmezliğine neden olur (Anonim, 2023a).

Kolesterol, yüksek yoğunluklu lipoprotein (HDL) ve düşük yoğunluklu protein (LDL) olarak ikiye ayrılır. LDL kötü huylu kolesterol, HDL ise iyi huylu kolesterol olarak anılmaktadır. Toplam kolesterol / HDL kolesterol oranı kardiyovasküler hastalığa yakalanma riskini hesaplamada kullanılır. Arzu edilen oran 5:1 iken optimum oransa 3,5:1'dir (Richter, 2023). Bu oran ne kadar azsa insanın kolesterol seviyeleri o kadar sağlıklıdır.

5.6.3 Dioksin miktarı

Dioksin, zehirli bir gazdır ve fabrika atıklarının sulara ve toprağa bulaşması ile çevreye yayılmaktadır. Bu gaz doğada çok uzun sürede durabilmekte, yağ dokularında birikmekte ve çeşitli besin zinciri içinde kalması ile et üretimi için tehditir (Doğan, 2021). Hayvanların dioksinle kontamine olmuş bitkileri tüketmelerinden dolayı vücutlarında dioksin birikir (Güneş, 2007). Genellikle et, süt ve balık ürünlerinin tüketimi ile vücuda dioksin alımı gerçekleşir (Davy, 2004). Amerika Birleşik Devletleri tüketicileri üzerinde yapılan bir çalışmada, dioksin alımına en çok neden olan gıda ürünleri %32.2 ile et ve %16.4 ile süt ve süt ürünleri olduğu bulunmuştur (Charnley ve Doull, 2005).

Hayvanların dioksin alımı kullandıkları yemden de kaynaklanabilmektedir. Yapılan bir araştırmada çiftlikte yetiştirilen yayın balığı ve tavuk yumurtalarında bulunan dioksin kaynağının, kullanılan yemin üretiminin işlemlerden biri olan peletlemede kullanılan yapıştırıcıdan kaynaklandığı saptanmıştır (Hayward vd., 1999). Bir diğer çalışmada, çiftlikte ve doğal ortamda yetiştirilen somon balıklarında bulunan dioksin miktarları karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak doğal ortamda yetiştirilen somon balıklarının daha az

dioksin içerdiği ve bunun nedeninin çiftlikte kullanılan yem olduğu belirtilmiştir (Hites vd., 2004).

Murat Doğan'a (2021) göre insanların maruz kaldığı dioksinin %90'ı hayvansal kaynaklıdır. Tekrar bu noktada doz – hastalık ilişkisini hatırlatmak gerekmektedir. Vücutta uzun vadede depolanması kansere sebep olacaktır. Dioksin alımını engellemek için tüketiciler, Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından denetimden geçmiş ambalajlı ve etiketli ürünleri tercih edebilirler.

5.6.4 Antibiyotik kullanımı

Hayvancılıkta anitibiyotik kullanımı, veteriner hekim kontrolünde ve kullanımının zorunlu olması durumunda uygulanmalıdır. Çok fazla antibiyotik kullanımı ile antibiyotiğe dayanıklı mikroorganizmalar ortaya çıkarabilir. Bu durumda artık antibiyotik kullanımının bir faydası olmayacaktır ve hem insan sağlığı hemde hayvan sağlığı tehlikeye girecektir. Ayrıca antibiyotik, hayvanın gübresinde kalıntı olarak bulunabilmektedir. Bu gübrenin tarımda kullanılması insanların ve çiftçilerin sağlığını tehlikeye atabilir. Bu nedenlerle antibiyotik kullanan hayvanın eti, yumurtası veya sütü kullanılmaz ve kuralına uygun bir şekilde imha edilir. Ayrıca hayvancılıkta bilinçsiz antibiyotik kullanılmasının engellenmesi için devlet kontrolünde antibiyotik kullanılmaktadır.

5.6.5 Pandemilerin artması

Hayvansal et tüketimi ve endüstriyel hayvancılık, küresel pandemilerin yayılmasına katkıda bulunabilir. Hayvan çiftliklerinde küçük alanlarda yüksek miktarda hayvanların yetiştirilmesi bu hayvanların stres, enfeksiyon ve hastalıklara daha açık hale gelmesine neden olur. Bu da, virüslerin daha hızlı yayılmasına ve mutasyona uğramasına neden olabilir. Örneğin, son yıllarda ortaya çıkan koronavirüs salgını, Wuhan'daki bir hayvan pazarında başlamış ve buradaki canlı hayvanların tüketimi ve ticareti ile ilgili olduğu

düşünülmüştür. Benzer şekilde, domuz gribi, kuş gribi ve diğer salgınlar da hayvansal ürünlerin tüketimi ve ticareti ile ilişkilendirilmiştir.

6. HAYVANCILIKTA SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

FAO'ya göre hayvancılık küresel tarım değerinin %40'ını oluştururken yaklaşık 1.3 milyar insanın geçimini, beslenmesini ve gıda güvenliğini sağlamaktadır (Anonymous, 2021a). Fakat son zamanlarda hayvancılık sektörünün çevreye verdiği zararlardan ve iklim değişikliğine etkisi yönünden eleştiriler artmıştır. Artan dünya nüfusu, artan gelir düzeyi, tüketimdeki artış ve et bazlı diyetlerdeki artış 2050 yılında et ürünlerinin talebinde %65 oranında artışa neden olacaktır (Li, 2020). Bu nedenle hayvancılık sektörünün sürdürülebilir bir şekilde üretim yapması gelecek için önemlidir. Bu amaçla sürdürülebilir hayvancılık uygulamaları öne çıkmaktadır. Sürdürülebilir hayvancılık uygulamaları, hayvanların sağlığını ve refahını korurken, doğal kaynakları korumayı, çevre kirliliğini azaltmayı, üretim maliyetlerini düşürmeyi hedeflemektedir. 2013 yılında FAO, iyi tarım uygulamaları sayesinde sera gazı emisyonunda %30'luk bir azalma ihtimalinin olduğunu belirtmiştir (Anonymous, 2018a).

Dünyada canlı hayvan sayılarına bakıldığında 1890 yılından 2014 yılına kadarki zamanda ciddi oranda arttığı ve 2014 yılında 21.41 milyar tavuk, 1.47 milyar sığır, 1.2 milyar kuzu ve 1.01 milyar keçi bulunduğu görülürken en fazla sığırın Asya bölgesinde bulunduğu gözlemlenmiştir (Ritchie vd., 2019). Global et üretimi de son 50 yıldan bu yana sürekli artmaktadır. Bölgesel olarak, 2022 yılında en fazla et üretiminin Asya kıtasında olduğu görülmektedir. Çin de 2022 yılında 92.95 milyon ton et üretilmiştir. Aynı yılda bu sayı ABD, Brezilya ve Türkiye için sırasıyla 47.53, 30.40 ve 4.67 milyon tondur. Dünyadaki toplam et üretimi ise 2022 yılında 360.62 milyon ton olarak hesaplanmıştır (Ritchie vd., 2019). Kişi başına düşen et tüketimindeki değişikliklere bakıldığında Çin ve Brezilya da kayda değer artışlar gözlemlenirken, Hindistan da yaygın olan lakto-vejetaryen tercihleri nedeniyle düşük kalmaktadır. Afrika genelinde kişi başına düşen et tüketimi oldukça düşüktür ama Güney Afrika gibi yüksek gelirli ülkelerde kişi başına düşen et tüketim oranı daha yüksektir. Kuzey Amerika ve Avrupa da önemli miktarda et üretilmektedir fakat bazı bölgelerinde et tüketimindeki değişim oranı azalma göstermektedir (Ritchie vd., 2019).

Hayvan sağlığı üretim ve sürdürülebilirlik açısından önemlidir. Daha sağlıklı hayvan sayesinde üretimde verimlilik artarken çiftçinin karı da artmaktadır. Bu nedenle bazı çiftçiler büyüme hormonu ve antibiyotik kullanmaktadır. Hayvanlarda hastalıkların önlenmesi ve tedavisi, antibiyotik ve hormon kullanımının sınırlandırılması sağlıklı hayvanların üretiminde önemli bir adımdır. Bu koşulların sağlanamadığı ortamda hayvanlar hastalıklara daha duyarlı hale gelecek ve hayvansal üretimdeki verimliliği az olacaktır.

Hayvanların kullandığı yemin içeriğinde yapılabilecek bazı değişiklikler sera gazı emisyonunda azalmaya neden olabilir. Örneğin, yapılan bir çalışmada hayvan yemine ayçiçeği yağı ve bütün ayçiçeği tohumları eklenmiş ve metan gazı üretimine etkisi incelenmiştir. Sonuç olarak ayçiçeği yağı ve bütün ayçiçeği tohumları sırasıyla %14 ve %33 oranında metan gazı emisyonunda azalma sağlamıştır. Aynı çalışmada, yemlere melas gibi gıda sanayi yan ürünlerini ekleyerek emisyonların azaltıldığı görülmüştür (Anonymous, 2018a).

Gelişen teknoloji sayesinde geviş getiren hayvanlardan enterik fermentasyon sonucu ortaya çıkan metan gazının azaltılması için aşı ve tamamlayıcılar geliştirilmeye başlanmıştır. Geviş getiren hayvanların midesinde bulunan mikroorganizmaların enterik fermentasyona başlaması için gerekli olan enzimin engellenmesi sayesinde metan gazı oluşumunun önüne geçilir. Örneğin, 3-NOP tamamlayıcısının gevişgetiren hayvanlarda metan gazı oluşumunda azalmaya neden olduğu görülmüştür (Anonymous, 2018a). Aynı zamanda Yeni Zelanda da aynı amaçla aşılar üretilmeye başlanmıştır.

Hayvancılık faaliyetleri, elektrik ve ısı gibi enerji kaynaklarını yoğun bir şekilde kullanmaktadır. Bu enerji kaynakları, yenilenebilir kaynaklardan sağladığı takdirde oluşturduğu karbon ayak izi de azalacaktır.

Hayvancılıkta sera gazı emisyonunun büyük bir kısmı yem üretiminden kaynaklanmaktadır. Sera gazı birikiminin artmasıyla küresel ısınma hızlanacak ve

günümüzde artan öngörülemez hava koşulları daha da çoğalacaktır. Öngörülemez hava şartları yem üretimini de etkileyecektir. İklim – Akıllı Tarım (Climate- Smart Agriculture) uygulamaları ile bu durum engellenebilir. İklim – Akıllı Tarım uygulamaları çiftçinin iklim değişikliğine karşı direncini arttırırken, tarlalardan elde edilen verimi de arttırmaktadır. Yem üretiminde akıllı tarım uygulamaları, daha verimli ve sürdürülebilir yem üretimi için kullanılan modern teknolojilerin tümünü kapsayan bir dizi uygulamayı ifade eder. Bu uygulamalarda yem üretimi sırasında sensörler ve uzaktan algılama teknolojileri kullanılmaktadır. Bu teknolojiler sayesinde toprağın nem seviyesi, bitkilerin büyüme hızını ve verimliliği gibi parametrelerin kontrol edilmesini sağlar. Bunların doğru bir şekilde analiz edilmesi sonucunda doğru zamanda ve miktarda gübre ve su verilerek yem bitkilerinin daha iyi büyümesine ve verimli bir şekilde üretilmesine olanak sağlanır. Böylece hem verim artar hem de fazla su kullanımının önüne geçilmiş olunur.

Hayvancılık sektörü, küresel gıda sisteminin vazgeçilmez bir parçasıdır. Hayvancılık sektöründe yaklaşık 1.3 milyar insanın çalışması ve dünyadaki yoksul nüfusun 1 milyara geçim kaynağı sağlaması hayvancılık sektöründe kısıtlamanın çok ciddi bir ekonomik zarara neden olacağını düşündürmektedir (Doğan, 2021). Küresel sera gazı emisyonunun azaltılması için hayvancılıkta hayvanların azaltılması ve farklı vergi uygulaması getirilmesi gibi hamleler gerek politikacılar gerek tüketiciler gerekse de üreticiler açısından bir dirençle karşılanabilir. Bu amaçla Dünya Bankası, hayvansal protein üretimini çevreye ve iklime daha az zarar verecek şekilde yapan ülkeleri desteklemektedir. Ayrıca Dünya Bankası'nın hayvancılık sektörüne sürdürülebilirlik kapsamında destek talepleri on yılın başında yıllık ortalama 150 milyon ABD doları olan kredi taahhütlerinden son üç yılda yıllık yaklaşık 700 milyon ABD dolarına yükselmiştir. 2021 yılında Dünya Bankası'nın sürdürülebilir hayvancılık için 1.9 milyar dolar yatırımı bulunurken büyümenin çoğu Afrika, Güney Asya ve Orta Doğu bölgelerinde olmuştur (Anonymous, 2021a).

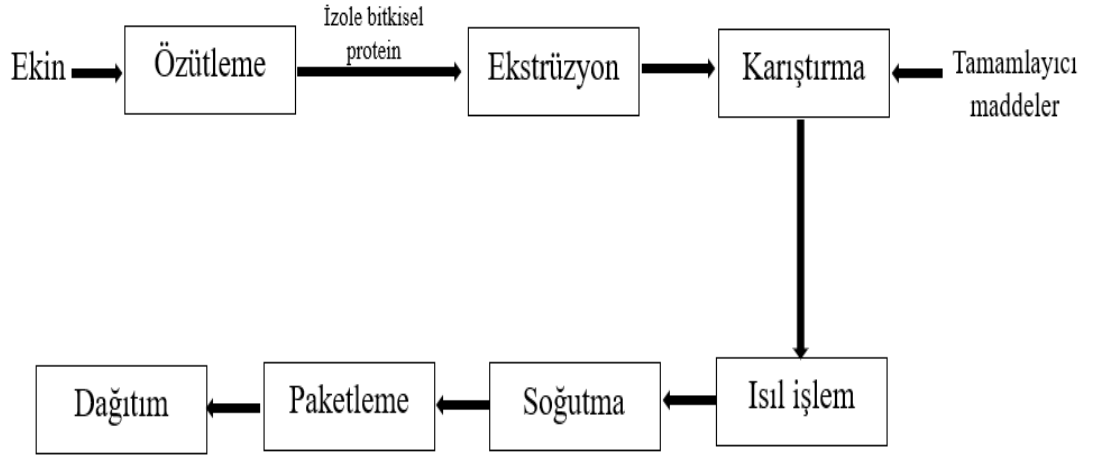
7. ALTERNATİF PROTEİNLER

Dünya nüfusu giderek artmaktadır ve 2050 yılında 9.7 milyar olacağı beklenmektedir. Bu durum gelecekte sınırlı ölçüde artan üretimi düşündüğümüzde, gıdaya daha fazla talebin oluşmasına ve üretimin yeterli ölçüde talebi karşılamamasına yol açacaktır. 2032 yılında dünya çapında tavuk eti, domuz eti, sığır eti ve kuzu eti tüketiminde sırasıyla %15, %11, %10 ve %15 oranında büyüme beklenmektedir (Anonymous, 2023e). Hayvansal gıda üretimdeki bu artış sürdürülebilir koşullarda olmadığı takdirde dünyanın kaynaklarına baskı yaratacaktır. Bu gıdaların üretiminden dolayı sera gazı emisyonları, çevresel sorunlar ve insan sağlığı sıkıntılarının artması ihtimalini ortaya çıkaracaktır. Bu yüzden bilim insanları gelecekte gıda güvenliği sıkıntısı olmaması için sürdürülebilir ve yaratıcı yollar aramaya başlamışlardır. Son yıllarda artan bu arayış alternatif proteinleri yaratmıştır. Alternatif protein kaynaklarına örnek olarak bitkisel bazlı et, bitkisel bazlı süt, yapay et ve böcek proteini gösterilmektedir. Bu kaynaklar sürdürülebilirlik açısından birçok avantaj sağlamaktadır. Hayvansal kaynaklı gıdalara kıyasla daha az kaynak kullanan bu üretim teknolojileri aynı zamanda daha az sera gazı emisyonuna da neden olur. Bu bakımdan alternatif proteinler çevre dostu ve sürdürülebilir kaynaktır ve kabul edilebilir ölçüde değerlendirilme olanakları bulunmaktadır.

7.1 Bitkisel Bazlı Et

Bitisel bazlı et, bitkilerden elde edilen proteinlerin işlenmesi ile üretilen hayvansal kaynaklı gıdalara benzer ürünlerdir. Mineral, vitamin ve protein bakımından et ile bitkisel proteinin benzerlikleri bulunsa da, et genellikle kas dokularından oluşurken bitkisel proteinlerin bu özelliği yoktur. Bitkisel bazlı et üretimi akış şeması şekil 7.1'deki gibidir. En başta kullanılacak mahsullerin yetiştirilip toplanmasıyla başlamaktadır. Toplanan mahsullerin tüketime uygun olmayan parçaları ayrılmakta, tüketime uygun olan kısmı ise özütleme (extraction) işleminden geçerek izole bitkisel protein oluşmaktadır. Elde edilen izole bitkisel protein ekstrüzyon (extrusion) veya nadiren kesme hücresi (shear cell process) işlemlerinden birisi uygulanmaktadır (Kinney vd., 2019).

Ekstrüzyon daha yaygın olarak kullanılsa da kesme hücresi yöntemi enerji açısından daha verimlidir. Bu işlemler izole proteinin et benzeri dokuya dönüşmesi için önemlidir. Bu aşamadan sonra gerekli olan tat, aroma ve renk bileşenleri gibi tamamlayıcı maddeler eklenir. Böylece ürün oluşmuş olur. Üretim aşamasındaki potansiyel mikrobiyal kontaminasyonu engellemek için ısıl işlem uygulanır. Isıl işlem uygulanmış gıda daha sonra soğutulup paketlenir ve dağıtıma gönderilir.



Şekil 7.1 Bitkisel bazlı et üretim şeması (Kinney vd., 2019)

Bitkisel bazlı et üretiminde kullanılacak bitkisel kaynağın içerdiği amino asit miktarı ve dengesi önemlidir. İnsan vücudu 21 amino asitten 12'sini üretirken kalan 9'unu dışarıdan almak zorundadır. Bu amino asitlere esansiyel amino asitler denir. Hayvansal proteinler yüksek oranda ve dengeli bir şekilde esansiyel amino asitleri içerirken, bitkisel proteinler bazen esansiyel amino asitler açısından zayıftır ve sindirimi zordur. Son yıllarda yapılan bir çalışmada bitkisel proteinlerin hayvansal proteinlere kıyasla sindirimini zor olmasına rağmen etin bitkisel bazlı et ile değiştirilmesinin bağırsak mikrobiyomlarına olumlu etkisinin olduğu görülmüştür (Toribio Mateas vd, 2021).

Teorik olarak bitkisel bazlı et, herhangi bir bitkisel kaynaktan elde edilmektedir. Fakat bazı bitkisel kaynaklar bu amaçla kullanılmada daha da öne çıkmaktadır. Bu kaynaklar

soya fasulyesi, bezelye ve buğdaydır. Soya fasulyesi, dünyada bitkisel yağ üretimi için kullanılan ikinci en büyük kaynaktır (Anonymous, 2022c). Soya, bitkisel bazlı et üretiminde soya unu, soya proteini konsantresi ve soya proteini izolatu şeklinde kullanılmaktadır (Kyriakopoulou vd., 2019). Yaklaşık olarak %20 yağ içerir ve yağı ayrıldıktan sonra kalan kısmının (küspe) büyük bir çoğunluğu hayvan yemi olarak kullanılır (Day, 2013). Yüksek protein seviyesi, dengeli amino asit profili ve esansiyel amino asitlere sahip olması ve kolay sindirilebilir olmasının yanında su tutma, jelleşme ve yağ emme gibi karakteristik özelliklerinden dolayı soya, bitkisel bazlı et üretimi için önemli bir kaynaktır (Kyriakopoulou vd., 2019). Bir diğer önemli kaynak olan bezelyenin bitkisel bazlı et üretiminde kullanılmasının en önemli nedeni dünyanın her yerinde yüksek miktarda yetiştirilebilme özelliğine sahip olması ve esansiyel amino asitlerin hepsini içermesinden kaynaklanmaktadır. Düşük yağ oranına sahip olması da soya fasulyesine kıyasla avantaj sağlamaktadır. Bezelyeden elde edilen proteinler genellikle köftelerde, burgerlerde ve sosislerde kullanılmaktadır (Day, 2013). Bezelye kullanımının dezavantajı ise gıdanın dokusunu hafif pütürlü yapmasıdır. Bu durum uygun işleme teknikleri kullanılarak ve diğer bileşenlerle birlikte işlenerek engellenebilir. Diğer önemli kaynak ise buğdaydır. Bezelye ve soya fasulyesine kıyasla daha az sindirilebilir olmasına rağmen vitamin, mineral ve lif bakımından iyi bir kaynaktır. Buğday, glutenin ve gliadin olmak üzere iki tip protein içermektedir. Bu iki protein de disülfat bağları kurabilmektedir. Bu özellikten ve glutenin esneklik sağlama özelliğinden dolayı ette bulunan lifli yapıyı taklit etme özelliğine sahiptir. Bu durum oluşan bitkisel bazlı etin dokusuna olumlu etki sağlamaktadır. Ayrıca ay çiçeği, patates, pirinç, yulaf ve nohut da diğer kullanılan bitkisel kaynaklardır. Algler, su yosunu ve suda yaşayan bitkilerden elde edilen yüksek protein ve yüksek omega 3 yağ asidi miktarı bu kaynakları da bitkisel et üretimi için çekici hale getirmektedir. Fakat üretiminin çok pahalı olması ve insan tüketimi için AB tarafından çok az sayıda alge izin verilmesi nedeniyle kullanımında engeller bulunmaktadır.

Alternatif protein kaynaklarından biri olan bitkisel bazlı etin çevreye, insan sağlığına ve iklime etkisi hakkında literatürde birçok çalışma bulunmaktadır.

7.1.1 Sera gazı emisyonu üretimi

Günümüzde artan sera gazı emisyonları iklim değişikliğini tetiklemektedir. İklim değişikliğinden doğacak olan güneş, sıcaklık ve yağış üzerindeki değişimler tarımsal üretimi ciddi bir şekilde etkileyecektir. Öngörülemeyen hava durumlarından etkilenen tarımın, daha çok duyarlı hale gelmesine neden olacaktır. Bu durum gıda arzının azalması ve artan nüfustan doğan artan talep gıda fiyatlarının artmasına neden olmasına ve gıda güvenliğini tehdit etmesine sebep olabilir.

Hayvancılığın 3 tane önemli sera gazı emisyonundan sorumlu olduğu bilinmektedir. Bu gazlar metan (CH₄), karbondioksit (CO₂) ve nitrat (NO₂) gazları olarak sunulmaktadır. Büyükbaş hayvanların geviş getirmesi ve enterik fermantasyon bu gazların oluşmasını sağlamaktadır. Yapılan bir çalışmada bitkisel bazlı et alternatiflerinin üretiminde daha az sera gazı emisyonu olduğu bu yüzden karbon ayak izini azaltmak için et tüketiminde azalma yapılmasının en iyi seçenek olduğu belirtilmiştir (Ye ve Mattila, 2022).

Sera gazı emisyonunun azaltılıp gıda güvenliğinin sağlanması için sürdürülebilir bir gıda sistemine geçiş yapılmalıdır. Bu konuda bitkisel bazlı etin, hayvansal kaynaklı gıdalara alternatif olarak kullanılmasının etkisi olacaktır. Yapılan bir çalışmanın sonucuna göre bitkisel bazlı etin karbon ayak izi 1 – 2 kg CO₂eq iken tavukçulukta 2 – 6 CO₂eq, domuz eti üretiminde 4 – 11 kg CO₂eq ve kırmızı et üretiminde 9 – 120 kg CO₂eq'dir (Nijdam vd., 2012). Bir diğer çalışmada Saget ve ark. (2021) bezelye proteini toplarını İrlanda ve Brezilya sığır etleri ile karşılaştırmıştır. Sonuç olarak bezelye proteini üretiminin çevreye verdiği zararın İrlanda ve Brezilya etlerine göre çok daha az olduğu ve küresel ısınmayı %89 oranında azaltma potansiyelinin bulunduğu tespit edilmiştir.

Heller ve Keoleian'nın (2018) tarafından yürütülen çalışmada bitkisel bazlı et olan Beyond burger ve et burger arasında yaptıkları analizde Beyond burgerin çevreye verdiği zararın et burgere kıyasla neredeyse sifıra yakın olduğu görülmüştür. Son olarak, Smetana ve ark. (2021) yaptığı çalışmada sığır burger köftesi ile bitkisel bazlı et köftesi

karşılaştırılmış ve sığır eti köftesinin 5.5 ile 8.3 katı daha fazla sera gazı ürettiği bulunmuştur. Sonuç olarak bitkisel bazlı et, işlenmiş ve kırmızı ete kıyasla daha çok çevre dostudur ve gıda güvenliğini sağlamada yardımcı olma potansiyeline sahiptir.

7.1.2 Arazi ihtiyacı

Gelecekte beklenen hayvansal ürün talebindeki artış, çiftlik hayvanlarına yönelik olan yem üretiminde artışa neden olacaktır. Bu durum doğal alanların ve ormanların yok edilmesine neden olan faktörlerden biridir. Ormanların ve ekosistemin korunması için arazi kullanımı açısından sürdürülebilirlik önemlidir. Nijdam ve ark. (2012)'nin yaptığı araştırmada bitkisel bazlı etin arazi ayak izi miktarı 2-3 m² iken tavukçulukta 5-8 m², domuz eti üretiminde 8-15 m² sığır eti üretiminde ise 7-420 m² olduğu bulunmuştur. Saget ve ark. (2021)'nin yaptığı çalışmada bezelye proteinin İrlanda ve Brezilya sığır etine kıyasla %93 daha az araziye ihtiyaç olduğunu tespit edilmiştir. Saerens ve ark. (2021)'nin yaptığı çalışmada ise bitkisel bazlı burgerin sığır etinden yapılan burgere kıyasla %77 ile %92 arasında daha az araziye ihtiyacı olduğunu bulunmuştur. Yapılan çalışmaların sonucunda bitkisel bazlı etin daha az araziye ihtiyaç duyduğu görülmektedir. Daha az arazi ihtiyacı, ormanlık alanların ve biyoçeşitliliğin korunmasına yardımcı olmaktadır.

7.1.3 Su kullanımı ve kirliliği

Bitkisel bazlı etin, hayvansal gıdalara kıyasla daha az su kullandığını ve daha az su kirliliğine neden olduğunu gösteren birçok çalışma yapılmıştır. Zhu ve van Ierland (2004) domuz eti üretiminde bitkisel bazlı et üretimine kıyasla 3,3 kat daha fazla su kullanıldığını ve 6 kat daha fazla su kirliliğine yol açtığını bulmuşlardır. Van Mierlo ve ark. (2017)'nin hazırladığı modelde ise bitkisel bazlı et üretiminin sığır eti üretiminde kullanılan su miktarından çok daha az olduğu görülmüştür. Saget ve ark. (2021)'nin yaptığı çalışmada bitkisel bazlı burgerin %92 ile %95 arasında daha az su kirliliğine neden olduğu bulunmuştur. Saerens ve ark. (2021)'nin yaptığı çalışmada bitkisel bazlı burgerin tatlı suları %67 daha az kirlettiği tespit edilmiştir.

Hayvancılıkta kullanılan suyun bir kısmı yem üretiminde de kullanılmaktadır. Suyun kullanımını hakkında yapılan bir çalışmada ABD’ de sığır eti üretiminde 1 kg karkas için ortalama 2000 litre su kullanıldığı hesaplanmıştır (Rotz vd., 2019). Avusturya’da 1kg kuzu ve sığır eti üretiminin ihtiyaç duyduğu su miktarının 5 ile 500 litre arasında olduğu rapor edilmiştir (Peters vd., 2010). Sonuç olarak geleneksel et üretimi bitkisel bazlı et üretimine kıyasla su kaynaklarını çok fazla kullanmaktadır. Aynı zamanda bitkisel bazlı etin su kaynaklarına olan etkisi çok azdır. Dolayısıyla bitkisel bazlı etin sürdürülebilirliğe ve gıda güvenliğine olan katkısı yüksek olacaktır.

7.1.4 İnsan sağlığına etkisi

Bitkisel bazlı et üretimi, geleneksel et üretimine göre insan sağlığı üzerinde birkaç etkiye sahiptir. Bitkisel bazlı etler genellikle daha az doymuş yağ içerir. Bu, kalp ve damar hastalıkları riskini azaltabilir, çünkü doymuş yağların fazla tüketimi sonucu kolesterol seviyeleri artmaktadır. Bitkisel bazlı etler genellikle daha fazla lif içerir. Lif tüketimi önemlidir ve bazı kanser türlerinin önlenmesinde yardımcı olabilir. Bitkisel bazlı etler, et ürünleri gibi yüksek kalitede protein sağlayabilir. Düşük protein içeren bitkisel kaynaklar da işlenerek daha yüksek protein içeren hale getirilir. Burada önemli olan insanların günlük protein ihtiyacını karşılayacak düzeyde protein içeren bitkisel bazlı et üretilmesidir. Fazla protein tüketimi böbreklerin yorulmasına ve gut hastalığına neden olabilir (Anonim 2023b).

Bitkisel bazlı etin sağlık üzerine etkisi için yapılan birçok çalışma bulunmaktadır. Yapılan bir çalışmaya göre bitkisel bazlı etin düşük oranda doymuş yağ ve protein içerirken, yüksek oranda lif ve tuz içerdiği görülmüştür. Bu bakımdan araştırmacılar bitkisel bazlı etin besin değeri bakımından yeterli olduğunu ama içerdiği tuz oranının azaltılması gerektiğini bildirmişlerdir (Alessandrini vd., 2021). Harnack ve ark. (2021)’nın Amerika’da yaptığı çalışmada ise bitkisel bazlı hayvan ürünleri alternatiflerinin lif, demir, mangan, bakır, folik asit ve niasin bakımından iyi bir kaynak olduğunu ama yüksek oranda tuz içerdiğini, düşük oranda çinko, protein ve B12 vitamini içerdiğini

bulmuşlardır. Bir başka çalışmada bitkisel bazlı burgerler ile sığır burgerler karşılaştırılmış ve benzer sonuçlar görülmüştür (Edge ve Garrett, 2020). He ve ark. (2021)'nin yaptığı çalışmada bitkisel bazlı hayvan ürünlerinin sığır etinden yapılmış burgerlerden daha az trans yağ asidi içerdiğini ve bitkisel bazlı hayvan ürünlerinde trans yağ asidi oranı %2.39 ile %2.77 arası iken sığır eti burgerinde %5.82 ile %6.06 arasında olduğu bulunmuştur. Birleşik Krallıkta yapılan bir modelleme çalışmasında etin yerine bitkisel bazlı etin kullanılması sonucu karbonhidrat, lif, şeker ve sodyum tüketimi artarken protein, kolesterol, çinko ve B12 vitamini alımının azaldığı hesaplanmıştır (Farsi vd., 2021). Son olarak, Ritchie ve ark. (2018)'nin yaptığı çalışmada hayvansal gıdaların yerine bitkisel bazlı hayvan ürünleri alternatiflerinin kullanılması kalp krizi, kanser ve felç hastalıklarından doğan ölümlerin %85 oranında azalttığı görülmüştür.

Bu çalışmalara bakıldığında besin değeri bakımından farklılıklar olduğu ama yüksek oranda tuz içeriği ve B12 vitamini eksikliği bakımından hangisinin sağlıklı olduğu net olarak söylenemez. Bu duruma çözüm olarak bitkisel bazlı ete bazı vitamin ve mineral kaynaklarının üretim sırasında tamamlayıcı olarak eklenmesi önerilebilir. Böylece hayvan et besin profiline yaklaşmış olur. Aynı zamanda bitkisel bazlı etin, geleneksel hayvan etinin yerine geçmesi bulaşıcı olmayan hastalıklardan doğan ölümlerin azalmasını sağladığı da görülmektedir.

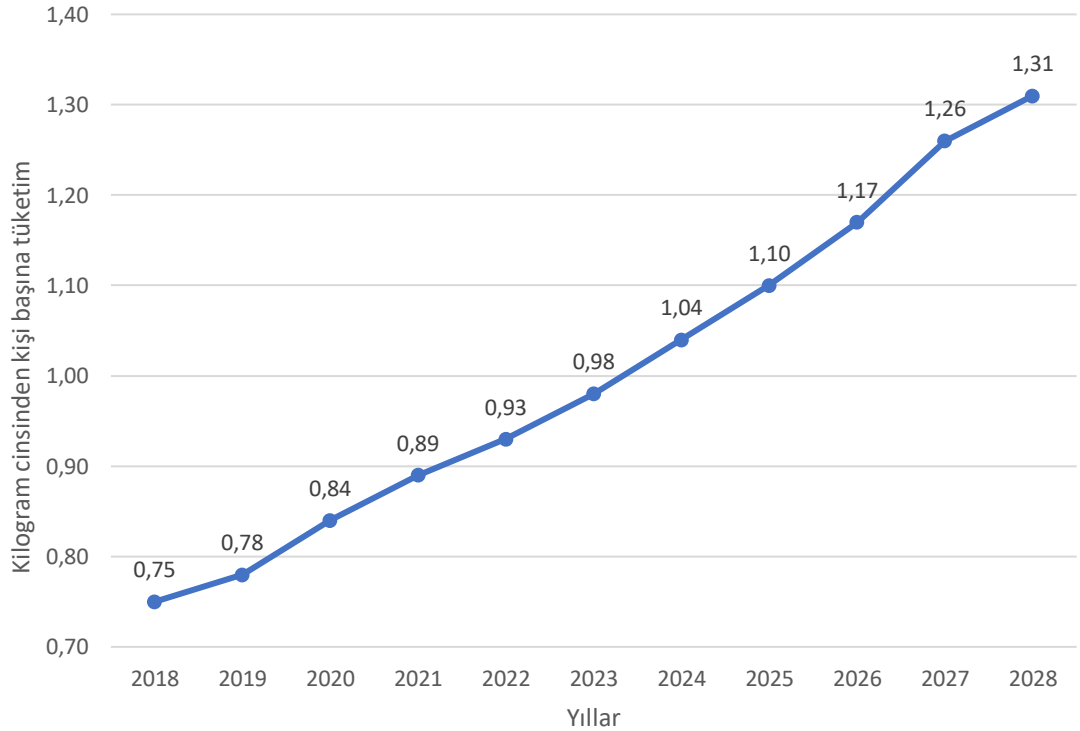
7.1.5 Enerji ihtiyacı

Bitkisel bazlı etin enerji ihtiyacı ile ilgili az sayıda çalışma bulunmaktadır. Bir çalışmada bitkisel bazlı et alternatiflerinin üretiminde geleneksel et üretimine yakın oranda enerji harcandığı görülmüştür (Davis vd., 2010). Et burgerler ve bitkisel bazlı burgerler ile yapılan bir diğer çalışmada, bitkisel bazlı burgerlerin 2,7 ile 4,8 kat arasında daha az yenilenemeyen enerjiye ihtiyaç duyduğu görülmüştür (Smetana vd., 2021). Literatürde yapılan çalışmalarda bitkisel bazlı et üretiminin enerji açısından geleneksel et üretimine kıyaslanmasına günümüzde çok fazla rastlanmamaktadır. Yapılan araştırmaların az

olması bu konu hakkında yorum yapılmasını zorlaştırmaktadır. Bundan dolayı daha çok araştırma yapılmalıdır (Tirtom ve Akpınar, 2022).

7.2 Bitkisel Bazlı Süt

Süt ve süt ürünleri insanların beslenmesinde, büyümesi ve gelişmesinde önemli bir besin kaynağıdır. Kalsiyum, fosfor, potasyum, selenyum, proteinler ve vitaminler açısından oldukça zengindir. Fakat son yıllarda vegan ve vejeteryan tüketim artışı, karbon emisyonu artışı ve laktoz intoleransı gibi nedenler bitkisel bazlı süt ihtiyacını yükseltmiş ve talebin artmasına yol açmıştır. Şekil 7.2, bu artışın gelecekte devam edeceği göstermektedir. 2028 ve 2031 yıllarına kadar Pazar değerinin sırasıyla 20,5 milyar ABD doları ve 30,79 milyar ABD doları olacağı tahmin edilmektedir (Tirtom ve Akpınar, 2022).



Şekil 7.2 2018'den 2028'e kadar dünya çapında kişi başına düşen süt alternatifi tüketimi (Anonymous, 2023a)

Bitkisel bazlı sütlere “süt” yerine “içecek” denmektedir. Bunun nedeni AB konseyi yönetmeliğine göre sağma işlemi ile elde edilene “süt” denirken bitkilerden çeşitli işlemler sayesinde elde edilenlere de “içecek” denmektedir (Tirtom ve Akpınar, 2022).

Bitkisel bazlı içeceklerin tüketicisi açısından birçok yararı bulunmaktadır. Özellikle laktoz ve kolesterol içermemesi, dünyada laktoz toleransı ve kalp hastalıkları sıkıntılarını yaşayan insanlar için iyi bir alternatif olmasını sağlamaktadır. Bu nedenlerden dolayı bitkisel bazlı içeceklerin tüketimi gün geçtikçe artmaktadır. Avrupa da sadece içecek olarak görülmeyip aynı zamanda çeşitli tariflerde yerini almaya başlamıştır.

Günümüzde bitkisel bazlı içecekler kullanılan bitkisel kaynağa göre sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırma şu şekilde yapılmaktadır:

- a) Tahıl bazlı: yulaf, pirinç, buğday, mısır
- b) Baklagil bazlı: Soya, fıstık, acı bakla, brlce
- c) Kuruyemiş bazlı: Hindistan cevizi, fındık, badem
- d) Tohum bazlı: Kenevir, susam, keten
- e) Yarı tahıl bazlı: Kinoa, Teff, Amaranth (Sethi vd., 2016)

Bitkisel bazlı içeceklerin üretimi, genellikle kullanılan bitkinin suyun içinde çözünmesinden sonra homojenleştirilmesiyle parçacık büyüklüğünün inek sütünün görünüşünü ve kıvamını yakalaması için 5 ile 20 μm aralığına getirilmesinden oluşur (Sethi vd., 2016).

Süt en önemli hayvansal ürünlerden biridir. Gelecekte beklenen dünya nüfusu artışı, süt talebinin artmasına da neden olacaktır. 2025 yılında global süt üretiminin 2013 yılına kıyasla %23 oranında artması beklenmektedir (Haas vd., 2019). Avrupa ve Amerika da süt tüketimi çok az oranda azalmasına rağmen Doğu Asya, Güney Asya ve Afrika da süt tüketimi artmaktadır.

7.2.1 Besin değeri

Bitkisel bazlı süt alternatifleri ve inek sütü protein içeriği bakımından karşılaştırıldığı bir çalışmada bitkisel bazlı süt alternatiflerinin, soya içeceği dışında, daha düşük protein içeriğine sahip olduğu ve aynı zamanda amino asit çeşitliliğinin de çok az olduğu görülmüştür (Pointke vd., 2022). Gorissen ve ark. (2018)'nin yaptığı bir çalışmada yulaf içeceği, soya içeceği ve inek sütünün esansiyel amino asit miktarının sırasıyla 13,7 g/100 g, 19,9 g/100 g ve 30,3 g/100 g olduğu bulunmuştur. Bitki proteinlerde az amino asit çeşitliliği ve zayıf sindirilebilir hayvansal proteinlere sahip olmasından dolayı bitkisel bazlı içeceklerin küçük çocukların beslenmesi için inek sütü yerine kullanılması risklidir. Yağ içeriğine bakıldığında ise bitkisel bazlı içeceklerin düşük oranda doymuş yağ asiti içerdiği görülmüştür (Tirtom ve Akpınar, 2022).

Vitamin ve mineral açısından bitkisel içecekler zayıftır. Astolfi ve ark. (2020)'nin yaptığı çalışmada inek sütünün bitkisel bazlı içeceklere göre daha fazla kalsiyum, potasyum, magnezyum, sodyum ve fosfor içerdiği tespit edilmiştir. Aynı zamanda B₁₂, B₂, D ve E vitamini açısından bitkisel bazlı içeceklerin zayıf olduğu belirtilmektedir (Tirtom ve Akpınar, 2022).

Bir diğer sorun ise alerji potansiyelidir. Özellikle soya ve bademden üretilen içeceklerde alerji riski yüksektir. Yapılan bir çalışmada insanların %14'ünün inek sütüne ve soya proteinine alerjisi olduğu görülmüştür (Pointke vd., 2022). Bir diğer faktör ise glutendir. Bitkisel bazlı içeceklerde, özellikle yulaf ve diğer tahıllardan üretilenlerde, bulunan gluten çölyak hastalığı olan insanlar için büyük bir problemdir.

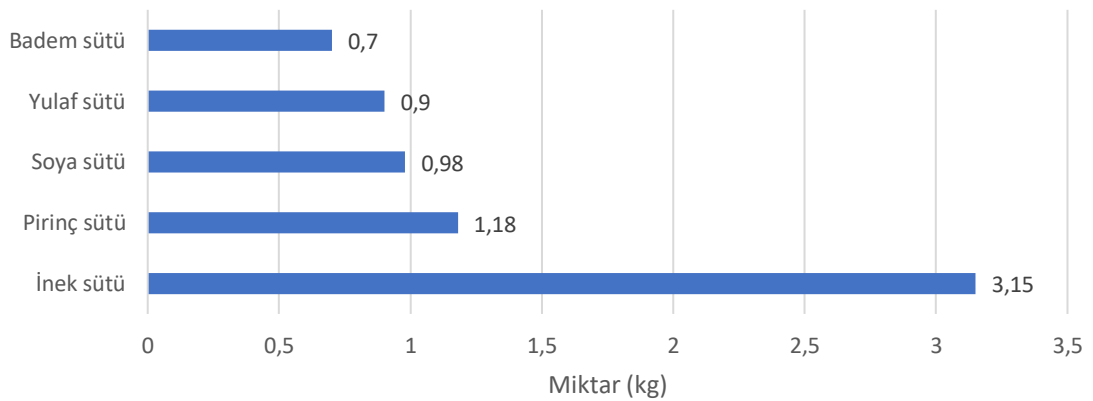
Vitamin ve mineral açısından zayıf olması bitkisel bazlı içeceklerin üretiminde tamamlayıcılara ihtiyacı olduğunu göstermektedir. Tüketimi sırasında ise alerjik etkileri ve yüksek gluten içermeleri dikkate alınmalıdır. Bitkisel bazlı içecek laktozu tolere edemeyen, yüksek kolesterol sıkıntısı çekenler ve inek sütüne alerjisi olanlar için iyi bir alternatif ürün olacaktır. Ancak, çocuklar ve hamileler için inek sütünün yeri çok

önemlidir ve diyetteki yerinin bitkisel bazlı içeceklerle değiştirilmesi ciddi büyüme ve gelişme sıkıntılarına yol açabileceği unutulmamalıdır.

7.2.2 Sera gazı emisyonu üretimi

Yapılan çalışmalarda bitkisel bazlı içecek üretiminin süt üretimine kıyasla sera gazı açısından avantajları bulunmaktadır. Her bir litre inek sütü üretimi, pirinç içeceği üretiminden 3 kat daha fazla sera gazı üretmektedir (Carlile, 2023). Avrupa birliğinde yapılan bir çalışmada, ortalama bir kişi için gıdadan kaynaklanan sera gazı emisyonunun dörtte birinin süttten kaynaklandığı hesaplanmıştır (Sandström vd., 2018). Bu yüzden bitkisel bazlı içeceklere geçiş yaparak sera gazı emisyonunda azalma sağlanabilir.

Clune ve ark. (2017)'nin yaptığı bir çalışmada inek sütü, soya içeceği ve badem içeceği karbon ayak izi ortalama olarak sırasıyla 1,39 CO₂-eq/kg, 0,88 CO₂-eq/kg ve 0,42 CO₂-eq/kg olarak hesaplanmıştır. Bir başka çalışmada yulaf içeceği, soya içeceği, badem içeceği, inek sütü, organik inek sütü, UHT inek sütü ve organik UHT inek sütü ürünlerinin küresel ısınmaya katkısı bakımından karşılaştırılmıştır. Bitkisel bazlı içeceklerin küresel ısınmaya katkısı inek sütüne kıyasla 3 ile 4 kat daha az olduğu bulunmuştur (Geburt vd., 2022).

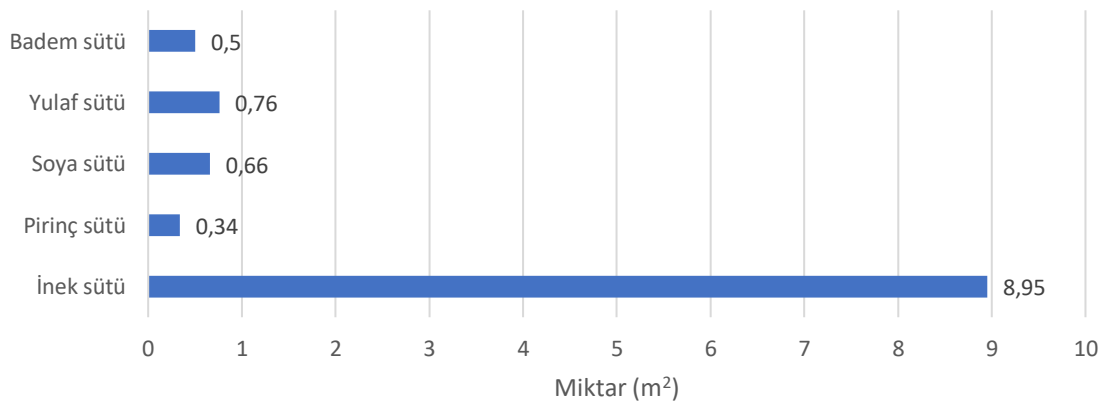


Şekil 7.3 İnek sütü ile bitkisel içeceklerin sera gazı emisyonları (kg) (Poore ve Nemecek, 2018)

Son olarak, yapılan bir çalışma sonucu şekil 7.3 oluşturulmuştur. Şekil 7.3 de görüldüğü gibi bitkisel bazlı içeceklerin sera gazı üretimi inek sütünün ürettiği sera gazından yaklaşık olarak %60 daha azdır (Poore ve Nemecek, 2018). Sonuç olarak, yapılan araştırmalara göre bitkisel bazlı içeceklerin inek sütüne kıyasla daha az sera gazı emisyonuna neden olabilir.

7.2.3 Arazi ihtiyacı

Bitkisel bazlı içecekler 1 litre inek sütü için gerekli olan arazi miktarının yarısına ihtiyacı vardır. Geburt ve ark. (2022)'nin yaptığı bir çalışmada, soya, yulaf ve badem içeceklerinin ihtiyaç duyduğu arazi miktarları sırasıyla 0,60 m², 0,66 m² ve 0,42 m²'dir. Yani badem içeceği arazi kullanımı bakımından aralarında en verimli olanıdır. Ayrıca Poore ve Nemecek (2018), 1 litre inek sütü üretimi için gerekli arazi miktarının 8,9 m²/yıl olarak hesaplamışlardır. Buna karşılık, soya, yulaf, badem ve pirinç içeceklerinin ihtiyaç duyduğu arazi miktarlarını sırasıyla 0,66 m²/yıl, 0,76 m²/yıl, 0,50 m²/yıl ve 0,34 m²/yıl olarak belirlemiş ve şekil 7.4'ü hazırlamışlardır. Nijdam ve ark. (2012)'nin da benzer bir çalışmada soya içeceğinin arazi ihtiyacını 1-2 m²/yıl olarak hesaplamıştır. Bir litre bitkisel bazlı içecek üretmek için gerekli olan arazi miktarı, 1 litre inek sütü için gerekli olan arazi miktarından 10 kat daha azdır (Carlile, 2023).

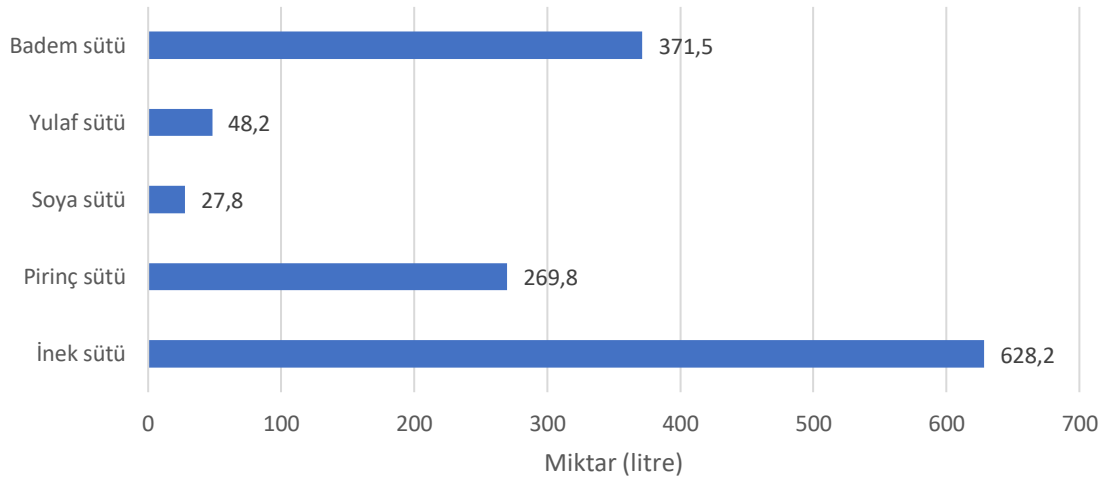


Şekil 7.4 İnek sütü ile bitkisel içeceklerin arazi kullanımı miktarları (m²) (Poore ve Nemecek, 2018)

Sonuç olarak, bitkisel bazlı içeceklerin daha az arazi ihtiyacı olduğu görülmektedir. Fakat soya için durum biraz farklıdır. Soya fasulyesi birçok amaçla kullanılmaktadır. Bu amaçlardan bazıları biyoyakıt ve yem üretimidir. Soya fasulyesi hayvan yeminin en önemli parçalarından biridir ve 2050 yılında artan hayvansal ürünlerin talebinden dolayı üretiminin ikiye katlanacağı tahmin edilmektedir. 2020 yılında yayınlanan bir raporda soya üretiminin Amazon ormanlarının yok olmasına ciddi bir şekilde katkı sağladığı söylenmiştir (Fraanje ve Garnett, 2020).

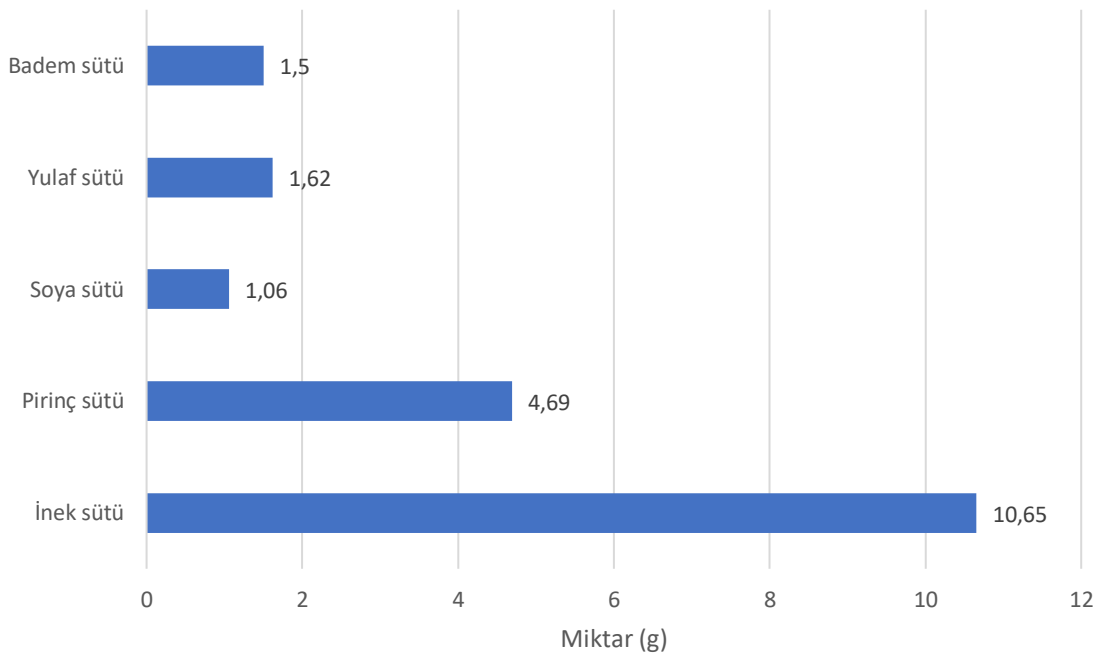
7.2.4 Su kullanımı ve kirliliği

Ramsing ve ark. (2023)'ün hazırladığı bir çalışmada bitkisel bazlı içecekler ve hayvansal sütlerle ilgili araştırmalar karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada su kullanımı açısından birkaç istisna dışında bitkisel bazlı içeceklerin hayvansal sütlere göre daha az su kullandığı görülmektedir. Bir başka çalışmada ise inek sütü üretiminde kullanılan su miktarı bitkisel bazlı içeceklerdekine kıyasla çok yüksek olduğu belirtilmiştir. Fakat bitkisel bazlı içecekler arasında bulunan badem içeceği üretimindeki su kullanımı inek sütü üretimine yakındır. Bunun en büyük nedeni badem yetiştirmek için yüksek miktarda suya ihtiyaç duyulmasıdır (Silva ve Smetana, 2022).



Şekil 7.5 Bir litre inek sütü ile bitkisel bazlı içeceklerin su kullanımı miktarları (L) (Poore ve Nemecek, 2018)

Hayvansal sütler deniz suyuna ve tatlı su kaynaklarında bitkisel bazlı içeceklerle göre daha fazla ötrofikasyona neden olmaktadır. Tatlı su trofikasyonuna da en büyük katkıyı hayvansal sütler vermektedir. Fakat pirinç ieeğinin etkisi de diğerk bitkisel bazlı içeceklerle kıyasla çok fazladır (Silva ve Smetana, 2022). Geburt ve ark. (2022)'nın yaptığı bir çalışmada bitkisel bazlı içeceklerin inek sütüne kıyasla daha az su ihtiyacının olduğu ve tatlı su ve deniz suyu kaynaklarına ötrofikasyon etkisinin çok az olduğu görülmüştür.



şekil 7.6 Bir litre inek sütü ile bitkisel bazlı içeceklerin neden olduğu ötrofikasyon miktarları (g) (Poore ve Nemecek, 2018)

Poore ve Nemecek (2018), yaptıkları çalışma sonucu şekil 7.5 ile 7.6 oluşturulmuştur. 1 litre inek sütü için kullanılan su miktarının bitkisel bazlı içeceklerden daha az olduğu ve bitkisel bazlı içeceklerin daha az ötrofikasyona neden olduğu bulunmuştur. Sonuç olarak, bitkisel bazlı içeceklerin daha az su ihtiyacı vardır ve daha az ötrofikasyona neden olmaktadır.

7.3 Yapay Et

Dünya’da 1960 yılından itibaren et tüketimi ciddi oranda artmaya başlamıştır. 1960 ile 2020 yılı arasındaki zamanda %204 artış gözlenirken, 1922 ile 2016 yılları arasında %500 artış görülmüştür. 2031 yılında et üretiminin 377 milyona ulaşacağı tahmin edilmektedir (Çakmak vd., 2023). Artan et üretimi dünyanın sınırlı kaynaklarını olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle alternatif proteinlere olan ilgi artmaktadır.

Yapay et üretiminde hayvanlardan alınan kök hücreler izole edilip kültür ortamında yetiştirilir. Hücrelerin çoğalması için gerekli koşullar sağlanıp besiyerde çoğaltılır ve sonuçta yapay et oluşur. Kısacası hayvan yetiştirmeye ihtiyaç olmadan hayvan hücrelerinden et üretilir. Sentetik et, suni et, laboratuvarda üretilen et, in vitro et ve sahte et gibi bir çok farklı adı vardır.

Yapay et üretme metodlarından biri iskele yöntemidir. İskele yönteminde hayvanlardan alınan embriyonik miyoblastların biyoreaktöre konulup içindeki iskeleye tutturularak kas liflerinin gelişmesi üzerinedir. Hücrelerin iskele üzerinde kas liflerine dönüşmesi haftalar ve aylar almaktadır. Bu üretim tekniği için biyoreaktör çok önemlidir. Günümüzde bu işe uygun büyük ölçekli biyoreaktör geliştirilmemiştir. Bu nedenle üretim miktarı çok düşüktür. Bir diğer faktör ise kültür ortamıdır. Ucuz, gerekli besin maddelerini içeren ve kas hücrelerinin büyümesini sağlayan bir kültür ortamı şarttır. Bu iki önemli faktör nedeniyle yapay et üretiminin en büyük iki problemi üretim kapasitesi ve yüksek maliyettir.

Bir diğer üretim metodu ise 3D biyobaskı yöntemidir. Bu yöntem bilgisayardaki yazılımın kullanılmasıyla kartuş içindeki malzemelerin biyoürünün oluşmasını sağlar. Bu teknoloji, rejeneratif tedavi amaçlı rejeneratif dokuların ve organların oluşturulmasında kullanılan etkili yöntemlerden biridir. Fonksiyonel ve anatomik olarak orijinal dokulara veya organlara benzeyen yapıların üretilmesine imkan tanır (Çakmak vd., 2023). Püre haline getirilebilen gıdalar ve eritilebilen gıdalar bu teknoloji için kullanılması çok kolaydır

fakat bu durum kullanılan yazıcının özelliklerine göre değişebilir. Ayrıca 3D biyobaskı yöntemi gıda israfının azaltılmasına yardım etmektedir. 3D yazıcılar sadece gerektiği kadar hammadde kullanarak ürünü oluşturur ve gıda israfını önler (Doğan, 2021). Dünyanın ilk 3D biyobaskı yöntemini kullanan restoranı Food Ink 2016 yılında Londra’da açılmıştır. 3D biyobaskı yöntemi ile üretilen ilk biftek 2021 yılında Aleph Farms ve İsrail Teknoloji Enstitüsü Technion işbirliğinde yapılmış ve üretilen bifteğin geleneksel etin özelliklerine çok yakın olduğu bildirilmiştir (Çakmak vd., 2023).

Yapay et üretiminin amacı geleneksel et üretiminin yerine geçmek ve vejetaryenlerin veya veganların tüketimine uygun et üretmek değildir. Asıl amaç geleneksel et tüketicilerine farklı bir tercih sunup et tüketiminden doğan sürdürülebilirlik sorunlarının azaltılmasıdır. Hayvancılığın çevreye verdiği zararları ciddi bir şekilde azaltarak, geleneksel ete benzer bir ürün sunmaktadır. Fakat yapay etin üretiminden birçok tüketici şüphe duymaktadır. Yapay etin doğal olmayışı yani laboratuvar üretimi olması, geleneksel ete göre iyi görünüme ve tada şuan sahip olmaması ve çok pahalı olması gibi nedenlerden dolayı tüketiciler pek tercih etmemektedir. Aynı zamanda bazı etik kaygılar da bulunmaktadır. Bunlardan en önemlisi, laboratuvarında insan dokusunun çoğaltılarak insan eti üretimi gerçekleşmesi ve bununla yamyamlığın yaygınlaşma ihtimalinin olmasıdır (Doğan, 2021). Diğer taraftan yapay etin yaygınlaşması ile insanlar ve hayvanlar arasındaki doğal uyumun bozulacağı da düşünülmektedir.

7.3.1 Çevreye etkisi

Büyükbaş hayvanların neden olduğu enterik fermantasyon, doğru olmayan gübre yönetimi ve yem bitkilerinin yetiştirilmesi gibi etkenler küresel ısınmaya katkı sağlamaktadır. Bundan dolayı kırmızı et üretimi günümüzde sürdürülebilir bir şekilde üretilmemektedir. Et üretiminin kaynağına göre sera gazı üretimi değişebilir. Örneğin, tavuk eti üretiminden kaynaklanan sera gazı üretimi, sığır eti üretiminden 10 kat daha azdır. Bir diğer sıkıntı ise hayvancılık için büyük araziler kullanılmasıdır.

Gelecekte artması beklenen kırmızı et üretimi, hayvancılık için yeni büyük arazilerin ihtiyacının oluşmasına neden olacak ve ormanlık alanların azalması riskini ortaya çıkaracaktır. Benzer durum tatlı su kaynakları içinde geçerlidir. Yapay et üretimi, hayvanın kendisinin kullanılmaması ve üretimin laboratuvar ortamında yapılması gibi nedenlerden dolayı sera gazı emisyonunu azaltacak ve ormanlık alanlarla birlikte su kaynaklarını koruyabilir.

Çizelge 7.1 Yapay et üretiminin sürdürülebilir enerjinin kullanılmasına göre karşılaştırılması (Swartz, 2021)

		Çevreye etkisinin çeşitli kategoriler bakımından azalma oranları		
		Küresel Isınma	İnsan Toksikitesi	Arazi Kullanımı
Yapay Et (Sürdürülebilir Enerji Kullanılarak)	Sığır eti	92%	92%	95%
	Süt	85%	89%	81%
	Domuz	52%	47%	72%
	Tavuk	17%	-2%	63%
Yapay Et (Sürdürülebilir Enerji Kullanılmadan)	Sığır eti	55%	92%	94%
	Süt	22%	89%	79%
	Domuz	-258%	50%	70%
	Tavuk	-445%	4%	60%

Yapay et üretimi ve tüketiminin çevreye etkisini inceleyen çalışmalar bulunmaktadır. Yapay et tüketiminin artması ile geleneksel etin arazi kullanımını, su kullanımını ve enerji tüketimini sırasıyla %93, %96 ve %46 oranında azaltacağı düşünülmektedir (Çakmak vd., 2023). Lynch ve Pierrehumbert (2019) yaptıkları çalışmada, yapay et üretiminin yalnızca karbondioksit emisyonuna neden olduğu ve geleneksel et üretiminden az olduğu belirtilirken, yapay et üretiminde enerji kullanımı da hesaba katıldığında sera gazı emisyonu bakımından geleneksel ete yaklaştığı belirtilmiştir. Dolayısıyla yapay etin küresel ısınmaya katkısı için enerji tüketimi önemlidir. Yapay et üretiminin çevreye etkisinin çoğunlukla üretimini yapan fabrika veya laboratuvar da kullanılan elektriğin kaynağından, üretimi sırasında hazırlanan besiyerden ve besiyerin ne kadar verimli kullanıldığından kaynaklanmaktadır (Swartz, 2021). Aynı zamanda yapay etin geleneksel

ete göre çevreye zararının az olduğu ve üretimi sırasında sürdürülebilir enerji kullanılmasıyla çevreye etkisinin daha da azalacağını çizelge 7.1 de gösterilmiştir (Swartz, 2021). Tüketilen toplam yem ile üretilen toplam ürün ağırlığı oranı olarak hesaplanan yem dönüşüm oranı (Feed Conservation Ratio (FCR)) yapay et, sığır eti, domuz eti ve tavuk eti için hesaplanmış ve çizelge 7.2 oluşturulmuştur. Çizelge 7.2'ye göre yapay etin yem dönüşüm oranı diğer et türlerine kıyasla daha azdır. Zhang ve ark. (2021) 'nın yaptığı bir çalışmada ise yapay et ile sığır eti, domuz eti ve tavuk eti karşılaştırılmış ve karbon ayak izinde sırasıyla %92, %52 ve %17 azalma gözlemlenirken hava kirliliğinde %93, %49 ve %29 azalma görülmüştür.

Çizelge 7.2 Bazı et türleri ile yapay etin hesaplanan yem dönüşüm oranları (Swartz, 2021)

Et türü	Yem dönüşüm oranı (kg giriş başına kg çıkış)
Yapay et	0,8
Sığır eti	5,7
Domuz eti	4,6
Tavuk eti	2,8

Bilim insanları 2030 yılına gelindiğinde yapay et üretiminin çevreye etkisi açısından daha yararlı olacağına inanmaktadır. Örneğin, 2030 yılında yapay et üretiminin sığır eti üretimine kıyasla çok daha sürdürülebilir bir seçenek olacağı düşünülmektedir.

Sonuç olarak yapılan çalışmalarda, yapay etin geleneksel etlere kıyasla çevreye etkisinin olumlu olduğu görülmektedir. Fakat tavuk eti karbon ayak izi bakımından bazı çalışmalarda yapay etten daha iyi olduğu görülmüştür. Bu durum yapay et üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasıyla giderilir. Bundan dolayı yapay et

üretimnin çevreye etkisinin büyük bir kısmının kullandığı enerji kaynağından etkilenmektedir.

Yapay et üretiminin maliyetinin çok yüksek olması küresel boyutta üretilip tüketilmesine engel olmaktadır. Yapılan araştırmalarda daha az sera gazı emisyonuna neden olacağı tahmin edilmesine rağmen küresel boyutta bir üretimi olmadığı için net karbon ayak izi belirlenememiştir (Doğan, 2021). Gelecekte yapay etin yaygınlaşması ile karbon ayak izi hakkında daha iyi tahminler yapılmasını sağlayacaktır.

7.3.2 İnsan sağlığı üzerine etkisi

Yapay et üreticiler tarafından tamamen laboratuvar ortamında kontrollü bir şekilde üretilmektedir. Geleneksel et üretiminde ise hayvanın yetiştirildiği ortam ve kullandığı yem, hayvanın hastalanmaması açısından önemlidir. Ayrıca kesim işleminin hijyenik ortamda olması büyük önem taşımaktadır. Yapay etin laboratuvar ortamında üretilmesi sayesinde, kesim sırasında olabilecek kontaminasyonlardan korunmuş olur. Bunun nedeni, yapay etin *E. Coli*, *Salmonella* ve *Campylobacter* gibi patojenlerle karşılaşma ihtimali yoktur (Yıldız vd., 2022). Yapay etin patojenlerle karşılaşması ancak üretimin gerekli hijyenik ortamda yapılmamasından kaynaklanır. Bu nedenle yapay et üretimi ortamının sıkı hijyenik kontrollerden geçmesi gerekir.

Yapay et üretimi için hayvanlardan alınan kök hücreler yeterlidir. Hayvanlardan alınan kök hücreler biyoreaktörlerde çoğaltılarak yapay et elde edilir. Bu durum hayvansal pandemilerin önüne geçmekte ve maliyeti çok yüksek olan aşılara ihtiyacı azaltmaktadır (Chriki ve Hocquette, 2020). Fakat biyoreaktör içindeki hücrelerin beklenmedik reaksiyonlara girme durumu sıkıntı yaratmaktadır. Ayrıca besiyerlerde çoğaltılan hücreler amonyak ve laktik asit üretebilmektedir. Amonyak glutamin metabolizması ile oluşurken, laktik asit ise glikoz metabolizması sonucu oluşmaktadır. Bu iki madde hücrelerin yetiştirildiği besiyerin pH değerini değiştirebilir ve üretimi engelleyebilir. Bu sebeple üretim maliyetinin daha çok artmasına neden olur.

Yapay et üretiminde antibiyotik ve büyüme hormonu kullanımına ihtiyaç yoktur. Üretim sırasında herhangi bir kontaminasyonu önlemek için sürekli kontrol altında tutulması yeterlidir. Hayvancılıkta ise antibiyotikler genellikle potansiyel salgınları önlemek için kullanılmaktadır. Hayvanların dar bir ortamda yetiştirilmesi hem hayvanın stresini artırır hem de daha kolay hasta olmasına neden olur. Fakat hayvancılıkta kullanılan antibiyotikler patojenlerin antibiyotik direncini her geçen gün arttırmaktadır ve bu durum gelecekte hayvansal kaynaklı pandemilerin görülme olasılıklarını yükseltmektedir. Bu duruma örnek olarak Çin'deki yoğun hayvan çiftliklerinden alınan bakteri örneklerinde insan sağlığı için önemli olan ve son çare antibiyotiği olarak düşünülen kolistine olan dirençte artış görülmüştür (Anomaly vd., 2023). Hayvancılıkta antibiyotik kullanıldığında, hayvansal ürünlerin kullanılmadan imha edilmesi gerekmektedir. Çünkü antibiyotikler hayvansal ürünlerde kalıntı olarak bulunmaktadır. Antibiyotiğin kalıntı olarak bulunduğu bir gıdanın insanlar tarafından tüketilmesi insan sağlığını tehdit etmektedir. Bu durum hastalık yapıcı bazı bakterilerin direncinin artmasına neden olup, bu bakterilerle mücadele edilmesini zorlaştırmaktadır. Yapay et üretimi, hayvan yetiştirilmesine ihtiyaç duyulmadan yapılmasından dolayı tüm bu riskleri engellemektedir.

Bitkisel bazlı et üretiminde olduğu gibi yapay et üretimi sırasında oluşan gıdanın besin değeri kontrol edilebilmektedir. Doymuş yağlar üretim sırasında daha sağlıklı yağlarla değiştirilip daha sağlıklı bir gıda üretilebilmektedir. Bu şekilde kardiyovasküler hastalıklar önlenir. Üretim sonucunda istenilen kompozisyonda amino asit, omega-3/omega-6, vitamin ve minerale sahip bir et üretilebileceğinden sağlık ve besleyici değer bakımından yapay et avantajlı görülmektedir (Doğan, 2021). Özellikle demir ve B12 vitamini bu açıdan önemlidir. Fakat kültür ortamındaki hücrelerin demir gibi mikrobelerin alımı üzerine daha çok araştırma yapılmalıdır. Kültür ortamına kimyasal maddeler eklemek yapay etin temiz etiketleme özelliğini azaltır (Chriki ve Hocquette, 2020).

7.3.3 Hayvan refahına etkisi

Yapay etin hayvan refahı konusunda olumlu etkileri bulunmaktadır. Geçmişten günümüze et tüketimi sürekli artarak hayvancılık sektörüne baskı yaratmaktadır. Bu durum hayvancılık sektöründe bazı tavizlerin verilmesine neden olabilir. Bazı çiftliklerde daha çok et üretimi için küçük alanlara yüksek miktarda hayvanlar yetiştirilmeye başlanmıştır. Bu durum hayvanda strese ve sağlık sorunlarına yol açmaktadır. Bazı ülkelerde bunun için yasalar çıkarılmış olsa da etkili olmamakta ve bu durum hayvansal ürünlerin alternatiflerine olan ilgiyi ve tarım teknolojileri üzerine olan araştırmaları dünya çapında arttırmıştır (Kirsch vd., 2023). Yapay et üretimi ise hayvanların sıkışık alanda sağlıklı koşullarda kalma olasılığını azaltmakta ve acı verici bir şekilde kesimlerin gerçekleşmesini engellemektedir. Az sayıda hayvanın kök hücre bağışçısı olması yeterlidir (Doğan, 2021). Anomaly ve ark. (2023) ise laboratuvarında üretilen etin hayvancılık sektörünün yerine geçmesiyle önemli ölçüde hayvanların acı çekmesini azaltacak ama yok etmeyeceğini düşünmektedir.

7.4 Böcek Proteini

Artan dünya nüfusu ile kıyaslandığında gıda üretiminin de yaklaşık olarak 2 kat artması gerekmektedir. Günümüz gıda sisteminin sürdürülebilir bir şekilde kullanılmamasından dolayı araştırmacılar yeni gıda kaynakları aramaya başlamıştır. Bu yüzden günümüzde alternatif protein kaynağı olarak yenilebilir böceklere olan ilgi artmaktadır. Yüksek protein, mineral ve vitamin içermesi ve çevreyi koruması global gıda güvencesini sağlamak için yenilebilir böceklerin iyi bir araç olabileceğini düşündürmektedir.

Günümüzde Latin Amerika, Güneydoğu Asya, Avustralya ve Sahra-altı Afrikada yenilebilir böcekler önemli gıda kaynaklarıdır. Batı ülkelerinde ve Kuzey Amerika da ise böcek yemek (entomofaji) tiksinti duygusuyla birlikte olumsuz karşılanmaktadır.

Dünyada 2 milyardan fazla insanın geleneksel olarak böcek yediği düşünülmektedir. Kınkanatlılar (*Coleoptera*), tırtıllar (*Lepidoptera*), arılar, eşek arıları ve karıncalar (*Hymenoptera*) dünyada en çok tüketilen böcek türleridir. Ayrıca çekirge ve cırcır böcekleri (*Orthoptera*), ağustos böcekleri, termitler (*Isoptera*), yusufoçuklar (*Odonata*) ve sinekler (*Diptera*) de tüketilmektedir (Doğan, 2021).

Dünya nüfusunun hızla artmasıyla kaliteli protein kaynaklarına ulaşımın sıkıntılı olacağı ve bundan dolayı da eksik beslenmenin daha da yaygınlaşacağı düşünülmektedir. Yüksek besin değeri sayesinde yenilebilir böceklerin yetersiz beslenmenin yaygın olduğu bölgelerde gıda güvencesini sağlamakta yardımcı olacağı düşünülmektedir.

7.4.1 Besin değeri

Araştırmacılar, yenilebilir böceklerin protein, vitamin ve mineral miktarlarının çok yüksek olduğu konusunda hemfikirdirler. İçerdiği proteinlerin büyük bir kısmı sindirilebilir ve kalitelidir. İnsanların diyetlerinde yenilebilir böceklere yer vermesiyle insanların aldığı besin değerlerinin kalitesi artacağı bildirilmektedir (Lange ve Nakamura, 2021). Fakat besin değeri, kullanılan böceğin türüne göre değişkenlik göstermektedir. Böceklerin besin değeri aynı tür böcekler arasında dahi böceklerin beslenmesinde kullanılan yem, metamorfik aşama ve çevresel koşullara göre değişebilir. Mısır tarlası çekirgesi (*Sphenarium purpurascens*) üzerinde yapılan bir çalışmada, mısır tarlası çekirgesinin protein değerinin sığır, domuz, kuzu, tavuk, hindi ve balık etinden elde edilen proteinden fazla olduğu ve sığır eti ve yumurtaya kıyasla daha fazla esansiyel amino asit içerdiği gösterilmiştir (Rodríguez-Miranda vd., 2019). Lucas ve ark. (2020)'nın yaptığı çalışmada ise 100 gram tırtıl tüketimi ile günlük protein ihtiyacının %76'sının karşılanabileceği bildirilmiştir Yenilebilir böcek proteini esansiyel aminoasit içeriği bakımından zengindir.

Çizelge 7.3 de bazı böcek türlerinin esansiyel amino asit içeriği gösterilmektedir. Bazı böcek türlerinde bulunan amino asit miktarı sığır eti, soya fasulyesi tohumu ve yumurtaya

kıyasla fazla veya yakın olduğu görülmektedir. Fakat böcek türlerine göre esansiyel amino asit içeriği değişmektedir. Türden türe değişmesine rağmen, hayvan yeminde kullanılan geleneksel proteinlerden ve insanların tükettiği et, süt ve balık gibi gıdalardan aldığı protein kaynaklarından daha kalitelidir (Hawkey vd., 2021). Ayrıca yenilebilir böceklerin çoğu esansiyel amino asitlerden olan fenilalanin, tirozin, triptofan, treonin ve lizin bakımından önemli kaynaklardır (Lange ve Nakamura, 2021).

Çizelge 7.3 Farklı yenilebilir böcek türleri, sığır eti, yumurta ve soya fasulyesi tohumunun esansiyel amino asit içeriği (Akhtar ve Isman, 2018)

	<i>G. Belina</i> (larva)	<i>T. Molitor</i>	<i>G. Testaceus</i>	<i>Orthoptera</i>	Soya fasulyesi tohumu	Sığır eti	Yumurta
Esansiyel amino asitler	Esansiyel amino asitlerin miktarı (g/100g kuru madde)						
İzolösin	2,15	2,47	3,09	3,98	1,76	1,6	2,43
Valin	2,75	2,89	4,42	5,08	1,77	2	2,99
Triptofan	0,56	0,39	-	0,61	0,48	0,25	0,77
Histidin	1,5	1,55	1,94	2,07	1,07	2	1,2
Lizin	3,58	2,68	4,79	5,54	2,39	4,5	3,33
Metiyonin	1	0,63	1,93	1,92	0,48	1,6	1,49
Treonin	2,74	2,02	2,75	3,52	1,59	2,5	2,13
Lösin	3,12	5,22	5,52	7,13	2,85	4,2	4,15
Fenilalanin	2,55	1,73	2,86	5,6	1,8	2,4	2,53
Toplam	19,95	19,58	27,3	35,45	14,19	21,05	21,02

Yenilebilir böceklerin protein oranları yüksek olmasına rağmen proteinin büyük bir kısmı kimyasal olarak böceklerin dış iskeletine bağlıdır. Sert olan bu dış iskelette azot içeren polisakkarit olan kitin bulunmaktadır. Bundan dolayı protein miktarı hesaplanırken gerçek protein miktarından fazla bir sonuç elde edilir (Hawkey vd., 2021). Protein miktarı hesaplanırken kitindeki azotun çıkarılıp hesabın yapılması gerekir.

Çizelge 7.4 Farklı yenilebilir böcek türlerindeki ana yağ asitlerinin bileşimi (%) (Akhtar ve Isman, 2018)

Yağ asitleri	<i>Rhynchophorus phoenicis</i>	<i>Imbrasia sp.</i>	<i>Ruspolia differens</i> (Yenilebilir çekirge)	<i>Macrotermes sp.</i>
Palmitik asit (16:0)	-	8	-	30
Palmitoleik asit (16:1)	38	-	28	-
Oleik asit (18:1)	-	9	-	48
Linoleik asit (18:2)	45	7	46	-
α -linoleik asit (18:3)(Omega 3)		38	16	-
γ -linoleik asit (18:3)(Omega 6)	-	-	-	-
Stearik asit (18:0)	-	-	-	9
Toplam yağ içeriği (%kuru madde)	54	24	67	49

Yenilebilir böceklerde proteinden sonra en çok bulunan besin maddesi yağdır. Yenilebilir böcekler bu bakımdan da insanlar için önemli enerji kaynağıdır. Protein içeriği gibi yağ içeriği de böceğin türüne, çevresel koşullara ve metamorfik aşamaya göre değişiklik göstermektedir. Yenilebilir böceklerin yağ asidi profili hayvansal ve bitkisel yağlarla benzerlik gösterirken, toplam yağ miktarı %2 ile %63 arasında değişmektedir (Lange ve Nakamura, 2021). Yağ içeriğinin %80'ni trigliseritlerden ve %20'den azını ise fosfolipidlerden oluşturmaktadır. Aynı zamanda içerdiği yağ asitlerinin büyük bir kısmı doymamış yağ asitleridir. Çizelge 7.4 de görüldüğü gibi bazı böcekler linoleik ve linolenik asit gibi önemli esansiyel yağ asitlerini ve yüksek miktarda palmitik asit içermektedirler (Akhtar ve Isman, 2018). Yenilebilir böcekler, balıklarda olduğu gibi oleik asit, linoleik asit ve linolenik asit gibi yüksek miktarda doymamış yağ asitlerini içerir. Doymamış yağ asitlerinin oranı yenilebilir böceklerde fazla olmasına rağmen yenilebilir böceklerin çoğunun doymuş/doymamış yağ asiti oranı, kümes hayvanları ve balıklarla karşılaştırıldığında %40'dan azdır. Buna ek olarak un kurdu ile sığır eti

karşılaştırıldığında, sığır etinde daha çok palmitik, stearik ve palmitoleik asit bulunurken, un kurdunda daha fazla linoleik asit bulunmaktadır (Akhtar ve Isman, 2018).

Yenilebilir böceklerin vitamin ve mineral içeriği de böceğin türüne göre değişmektedir. Çizelge 7.5 de vitamin ve mineral içeriği bakımından bazı böcek türleri ile tavuk, sığır eti ve vahşi somon balığı karşılaştırılmıştır. Yenilebilir böceklerin vitamin ve mineral içeriğinin zengin olduğu görülmektedir. İnsanlar yenilebilir böcekleri tüketerek rahatlıkla günlük mineral ihtiyacını sağlayabilirler. Birçok yenilebilir böcek bakır, demir, magnezyum, manganez, fosfor, selenyum ve çinko bakımından zengindir. Cırcır böceği ve hamamböceği, sığır etinin yaklaşık 11 katı, B12 vitamini içermektedir (Akhtar ve Isman, 2018).

Çizelge 7.5 Farklı böcek türlerinin, sığır etinin, tavuk etinin ve somon balığının vitamin ve mineral bileşimi (mg/kg kuru madde) (Akhtar ve Isman, 2018)

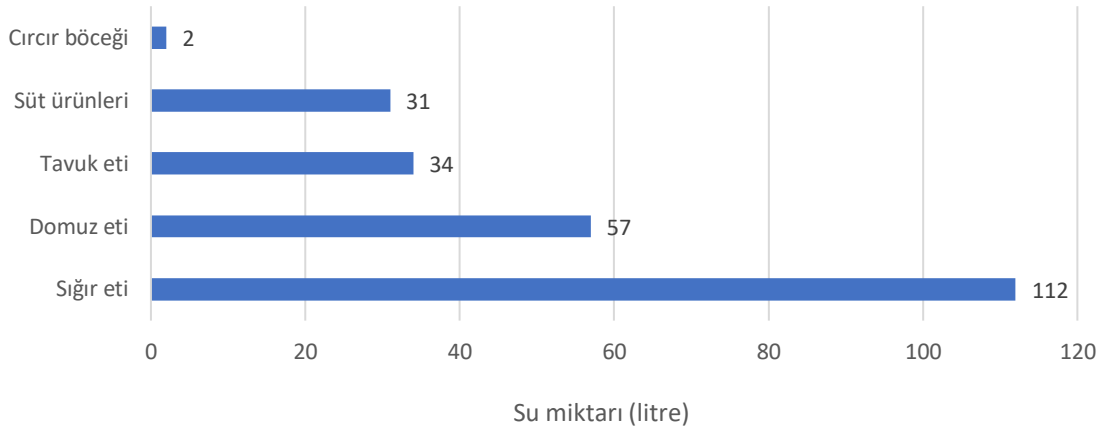
		Ca	Fe	Zn	K	Mg	Niyasin	B12 (µg)	Tiyamin (B1 vitamini)	Rinoflavin (B2 vitamini)
Cırcır böceği	<i>Acheta domestica</i>	40,7	1,9	6,7	347	33,7	3,8	5,4	0,4	34,1
Un kurdu	<i>Tenebrio molitor</i>	23,1	2,2	4,6	34	60,6	5,6	0,5	2,1	8,1
Petek güvesi	<i>Galleria mellonella</i>	24,3	5	2,5	221	32,6	3,7	0,1	2,3	7,3
Siyah asker sineği	<i>Hermetia illucens</i>	934,2	6,6	13	453	40	7,1	5,5	7,7	16,2
İpekböceği	<i>Bombyx mori</i>	17,7	1,6	3,1	326	49,8	2,6	0,1	3,3	9,4
Hamamböceği	<i>Blattella germanica</i>	38	1,4	3,2	224	50	4,4	23,7	-	-
Karasinek	<i>Musca domestica</i>	76	12,5	8,5	303	80,6	9	0,6	11,3	77,2
Tırtıl	<i>Gonimbrasia belina</i>	174	31	14	1032	160	-	-	-	-
Tavuk (derisiz)		12	0,9	1,5	229	25	8,2	0,4	-	-
Sığır eti		13	2,7	6,3	333	22	5,6	2,1	0,5	1,8
Somon balığı (Vahşi)		12	0,8	0,6	490	29	7,8	3,2	-	-
Önerilen diyet yardımı (RDA) (mg/day)		1000	10	10	3000	400	14	2,4	1,1	1,1

Bazı türleri sığır eti, domuz eti ve tavuk etine göre daha yüksek demir ve kalsiyum barındırır. Örneğin, 100 gram tırtıl, günlük tavsiye edilen en düşük demir alımının yaklaşık 3 katını sağlar (Kılıç vd., 2022). Cırcır böcekleri somondan daha fazla B12 vitamini içermektedir ve A vitamini ve B2 vitamini açısından da iyi bir gıda kaynağıdır (Akhtar ve Isman, 2018). Bir çalışmada *Estaboller* ve *Formicidae* familyasının yumurtalarının A, D ve E vitamini bakımından zengin bir gıda kaynağı olduğu görülmüştür. Yumurtaların içeriği 505 µg/100 g retinol, 3,61 µg/100 g kolekalsiferol ve 2,22 µg/100 g alfa tokoferolden oluşmaktadır (Kılıç vd., 2022).

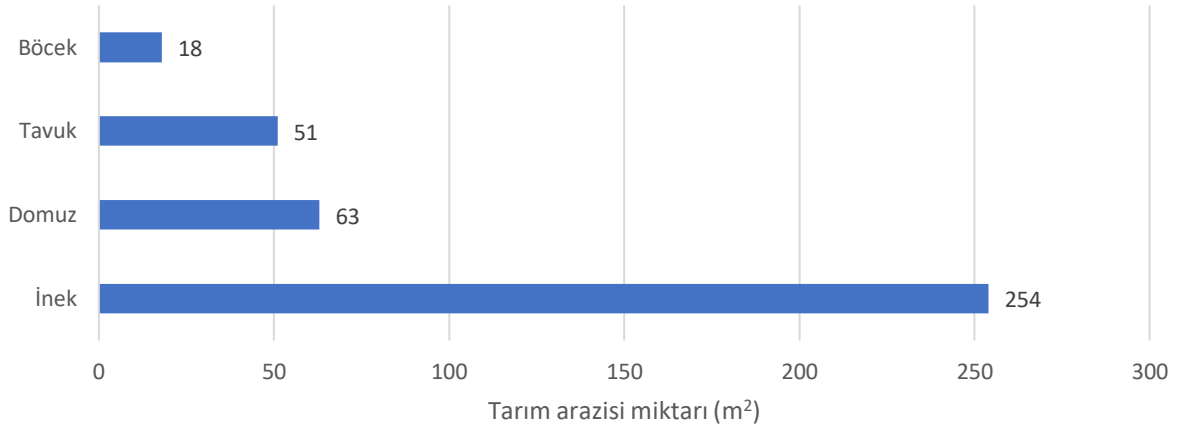
7.4.2 Çevreye etkisi

Yenilebilir böceklerin en büyük avantajı yem dönüşüm veriminin yüksek olmasıdır. Örneğin, cırcır böceklerinin 1 kg kilo alması için 2 kg'dan daha az yeme ihtiyacı vardır (Collavo vd., 2005). Tavuklar, domuzlar ve sığırlar için ise sırasıyla 2.5 kg, 5 kg ve 10 kg'dır (Smil, 2002). Bir diğer avantajı ise cırcır böceklerinin %80'ni insanlar için yenilebilirken, bu oran domuzlar ve tavuklar için %55 ve sığırlar için %40'tır (Nakagaki ve de Foliart, 1991).

Yenilebilir böcekler daha az arazi ve su ihtiyacı bulunmaktadır. Cırcır böcekleri üzerinde yapılan bir çalışmada, cırcır böceklerinin 1 kg protein üretebilmesi için gerekli olan arazi miktarı 15 m² olarak hesaplanmıştır; bu miktar domuzlar ve sığırlar için sırasıyla 50 m² ve 200 m²'dir (van Huis vd., 2013). Ayrıca 1 kg et üretmek için tavuklarda 2300 L, domuzlarda 3500 ve sığırlarda ise 20000 L suya ihtiyaç vardır (Gahukar, 2016). Yenilebilir böcekler için yeterli çalışma bulunmamasına rağmen çok daha az su kullanıldığı tahmin edilmektedir (van Huis vd., 2013). Ayrıca tropik alanlarda yenilebilir böcek üretimi enerji kullanımında azalma sağlamaktadır çünkü böcekler poikilotermiktir ve çevreye göre vücut sıcaklıklarını ayarlarlar dolayısıyla daha az enerjiye ihtiyaç duyarlar (Aidoo vd., 2023). Şekil 7.7 ve 7.8 de yenilebilir böcek proteinin su ve arazi ihtiyacının hayvansal gıdalara kıyasla daha az olduğu gösterilmektedir.



Şekil 7.7 2016 yılında protein kaynağına göre 1 gram protein üretimi için gerekli olan su miktarı (litre) (Anonymous, 2016)



Şekil 7.8 2018 yılında hayvancılık ve böcek yetiştiriciliğinde 1 gram protein başına gerekli tarım arazisi (m²) (Anonymous, 2018b)

Hayvancılık sektörüne kıyasla yenilebilir böceklerin daha az sera gazı salınımı yaptığına dair araştırmalar bulunmaktadır. Örneğin, *Protaetia brevitarsis seulensis* üretiminin kilogram başına küresel ısınma potansiyeli 15.93 kgCO₂ eq olarak hesaplanmıştır; bu değer tavuk eti için 18-36 kgCO₂ eq, domuz eti için 21-53 kgCO₂ eq ve sığır eti için 75-170 kgCO₂ eq aralığındadır (Nikkhah vd., 2021). *T. molitor*, *A. domesticus*, ve *Locusta migratoria* adlı üç yenilebilir böceğin kilogram başına sera gazı emisyonları ve NH₃ salınımı, sığırlardan çok düşüktür (van Huis vd., 2017). Ayrıca hamamböceklerinden kaynaklanan metan gazı salınımı sığırlardan kaynaklanandan 20 kat daha düşüktür

(Nikkhah vd., 2021). Yenilebilir böceklerin çok az bir kısmı metan gazı salınımı yapmaktadır. Örneğin, sarı un kurdu metan gazı üretmemekte ve bu yüzden diğer hayvansal ürünlere göre düşük sera gazı salınımı yapmaktadır (Illa ve Yuguero, 2022).

Yenilebilir böceklerin sürdürülebilirliği sağlama konusunda yapılan araştırmalara göre büyük bir potansiyelinin olduğu anlaşılmaktadır. Fakat bir diğer önemli olan nokta yenilebilir böceklerin de sürdürülebilir bir şekilde üretilmesidir. İnsanlar tarafından toplanan bazı böcek türlerinin nesli tükenme tehlikesindedir (Ramos-Elorduy, 2006). Böcek türlerindeki azalma, diğer böcek popülasyonlarının ve ekosistemin üzerinde olumsuz etkiye neden olabilir. Örneğin, bir makalede yusufçukların yenilebilir gıda olarak aşırı kullanıldığında ve soyu tükendiğinde ekosistem dengesinin etkileneceği belirtilmiştir (Aidoo vd., 2023). Ayrıca yenilebilir böceklerin toplanması ekosistemin dengesi için önemli olan tozlaşma, gübreleme ve zararlı böceklerin kontrolü gibi önemli sistemlere zarar verebilir (Losey ve Vaughan, 2006). Bu yüzden böceklerin sürdürülebilir bir şekilde üretilmesi şarttır.

Günümüzde yapılan böcek çiftlikleri küçük boyuttadır. Bu yüzden yüksek miktarda yenilebilir böcek üretiminin çevreye ve sürdürülebilirliğe etkisi tam olarak bilinmemekte ve daha çok araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

7.4.3 İnsan sağlığı

Yenilebilir böceklerin insan sağlığına olumlu etki eden antioksidan, antihipertansif, anti-enflamatuar, antimikrobiyal ve bağışıklık düzenleyici gibi özellikleri bulunmaktadır. Un kurdu (*Tenebrio molitor*) ve çayır cırcır böceği (*Acheta domesticus*) üzerinde yapılan çalışmalarda antioksidan olmasının yanında antihipertansif, anti-enflamatuar, antimikrobiyal ve bağışıklık düzenleyici olduğu bildirilmiştir (Aguilar-Toalá vd., 2022). Büyük ölçekli üretime uygun olması ve şu anda Avrupa'da insan tüketimi için onaylanmış olmaları nedeniyle genellikle bu iki böcek türü üzerinde çalışmalar yapılmaktadır (Rumbos vd., 2020). Bu konu hakkında yapılan çalışmalar genellikle *in vitro* ve *in vivo*

şeklinde yapıp daha insanlar üzerinde klinik çalışmaları yapılmamıştır. Bundan dolayı kronik hastalıkları engelleyebildiği kesin olarak söylenmemektedir. Bu konu hakkında daha fazla araştırmaların yapılması şarttır.

Dünyada 735 milyon insan yetersiz beslenmektedir (Anonymous, 2023b). Yenilebilir böceklerin besin değerinin yüksek olması sayesinde yetersiz beslenmenin olduğu bölgelerde insanların ihtiyaç duyduğu vitamin, protein ve mineralleri sağlayabilmektedir. Fakat bunun olması için o bölgelerde büyük ölçekli böcek çiftliklerinin kurulup kontrol altında üretim yapılmalıdır. Ayrıca üretilen yenilebilir böceklerin, üretildikleri bölgede tüketilmesi gerekmektedir.

Yakın zamanda yaşanan COVID-19 pandemisi global gıda sistemini etkilemiş ve gıda güvenliğinin önemini arttırmıştır. Doi ve arkadaşları (2021), yenilebilir böceklerin insanlara hastalık bulaştırma riskinin az olduğu ve yeni pandemilerin oluşmasını engelleyeceğini düşünmektedir. Bir diğer makalede, yenilebilir böceklerin SARS-CoV-2'yi bulaştırma tehlikesinin az olduğu ve bunun nedeninin SARS-CoV-2 tarafından kullanılan ACE2 reseptörünün böceklerde farklı bir yapıda olması olduğu belirtilmiştir (Dicke vd., 2020). Böceklerin pandemi oluşturma ve insanlara bulaşan hastalıklara neden olma konularında yeterince araştırma yapılmamıştır (Lange ve Nakamura, 2021). Buna ek olarak, böceklere özgü bakterilerin veya viruslerin insanlarda ve insanlara veya hayvanlara özgü virüslerin ve bakterilerin böceklerdeki patojenliği kanıtlanmamıştır (Doi vd., 2021).

Yenilebilir böceklerin bağırsaklarında patojenlerin bulunma olasılığı yüksektir. *Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, *Staphylococcus spp.*, ve *Listeria monocytogenes* böceklerin bağırsağında bulunabilir. *Escherichia coli*'nin ev sinekleri aracılığıyla sığırların bağırsaklarına bulaştığı görülmüştür (Ahmad vd., 2007). Ezilmiş un kurdu ve çekirge örneklerinde yüksek seviyede spor oluşturan bakteri ve *Enterobacteriaceae* görülmüştür (Klunder vd., 2012). Bu yüzden tüketilmeden önce böceğin bağırsağı çıkarılmalıdır. Fakat çoğu böcek türlerinde bağırsağın tamamen çıkarılması mümkün

değildir. Bu yüzden buğulama, kaynatma, kavurma, kızartma, tütüleme ve pişirme gibi ısıl işlemlerden geçmiş yenilebilir böceklerin tüketilmesi önerilmektedir. Bu işlemler patojenik mikroorganizmaları azaltmakta ya da öldürmektedir. Bu bakımdan gıdayı biyolojik kontaminasyonlardan korumaktadır

Protein alerjisi yenilebilir böcekler için önemli sağlık sorunudur. Diğer gıda proteinleri gibi böcekler de insanlarda alerjiye neden olabilir. Gıdalarda alerjik reaksiyonlar, bağışıklık sisteminin antikor üretimine (IgE) yol açan gıda maddelerine aşırı tepki verme durumudur. Böceklerde tropomiyozin, arginin kinaz ve gliseraldehit 3 fosfat dehidrogenaz yüksek derecede alerjen olarak tanımlanmıştır (Aguilar-Toalá vd., 2022). Özellikle tropomiyozin en önemli reaktif alerjendir. Gier ve Verhoeckx (2018) bu konudaki vaka çalışmalarını toplamıştır. Tırtıl, çekirge, cırcır böceği, arı ve güve larvalarının tüketiminin ciddi sistemik reaksiyonlara neden olabileceğini belirtmişlerdir. Bu yüzden böcek proteini içeren gıdaların etiketlerinde alerji uyarılarının bulunması önemlidir.

Böcek çiftliklerinde yem için kullanılan bitkilerde bulunan ağır metaller böceklere geçmektedir. Ağır metallerin tüketimi kronik sağlık problemlerine neden olur. Bu yüzden böceklerde bulunan ağır metallerin kabul edilebilir limitlerde olması gerekmektedir. Güney Afrika da mopane solucanlarının (*Imbrasia belina*) yüksek miktarda kadmiyum, bakır ve manganez içerdiği bulunmuştur (Greenfield vd.,2014). Benzer bir şekilde Çin’de tüketilen bazı böceklerde civa, kadmiyum ve kurşun bulunmuştur (Zhang vd., 2009). Bir diğer önemli nokta ise mikotoksindir. Mikotoksinler *Fusarium*, *Aspergillus* ve *Penicillium* gibi gıda bozulmasına neden olan küfler tarafından üretilir ve insan sağlığını olumsuz etkiler. Ağır metaller gibi mikotoksinler de, böceklerin vücuduna kontamine olmuş yemlerden geçebilmektedir. De Paepe ve ark. (2019)’nın yaptığı bir çalışmada sarı un kurtlarında (*Tenebrio molitor*) önemli miktarda mikotoksinlere rastlanmıştır. Aynı zamanda çekirgelerde (*Locusta migratoria*) nikarbazin ve nivalenol, cırcır böceğinde (*Acheta domesticus*) alternariol metil eter bulunmuştur. Bu durumlar insan sağlığını ciddi bir şekilde etkileme potansiyeline sahiptir. Üretim sırasında HACCP prensiplerinin

uygulanması ve üretim alanında hijyene önem verilmesi şarttır. Üretim sırasında ağır metallerin ve mikotoksinlerin böceklerde birikmesini engellemek için sıkı kontroller yapılmalı ve miktarlarının kabul edilebilir düzeyde tutulması gerekmektedir.

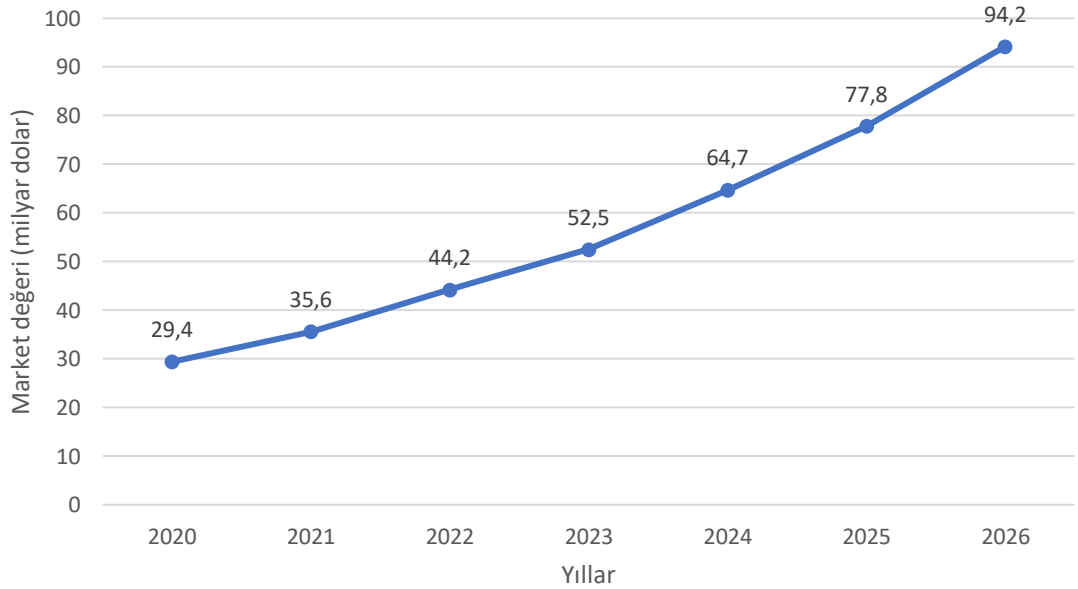
8. EKONOMİK AÇIDAN ALTERNATİF PROTEİNLERİN DURUMU

8.1 Bitkisel Bazlı Et ve Süt

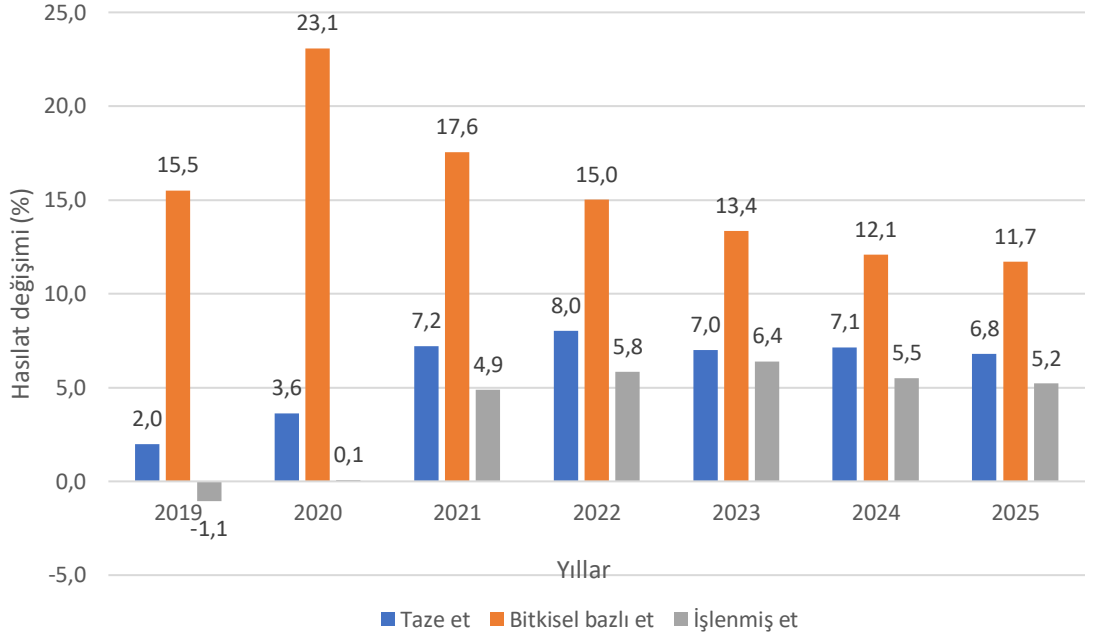
Dünyada daha sağlıklı ve sürdürülebilir gıdalara olan ilginin artması bitkisel bazlı et ve süt ürünlerinin tüketilmesini arttırmıştır. Ayrıca hayvan refahı ve gıda güvenliği konularının günümüzde daha da yaygınlaşması bu duruma katkı sağlamıştır. Şekil 8.1'e göre global bitkisel bazlı gıda marketinin her yıl sürekli arttığı ve 2025 yılında 77.8 milyar dolara ulaşacağı tahmin edilmektedir

Çizelge 8.1 İşlenmiş et, taze et ve bitkisel bazlı etin hasılat miktarı (milyar dolar)
(Anonymous, t.y.-a)

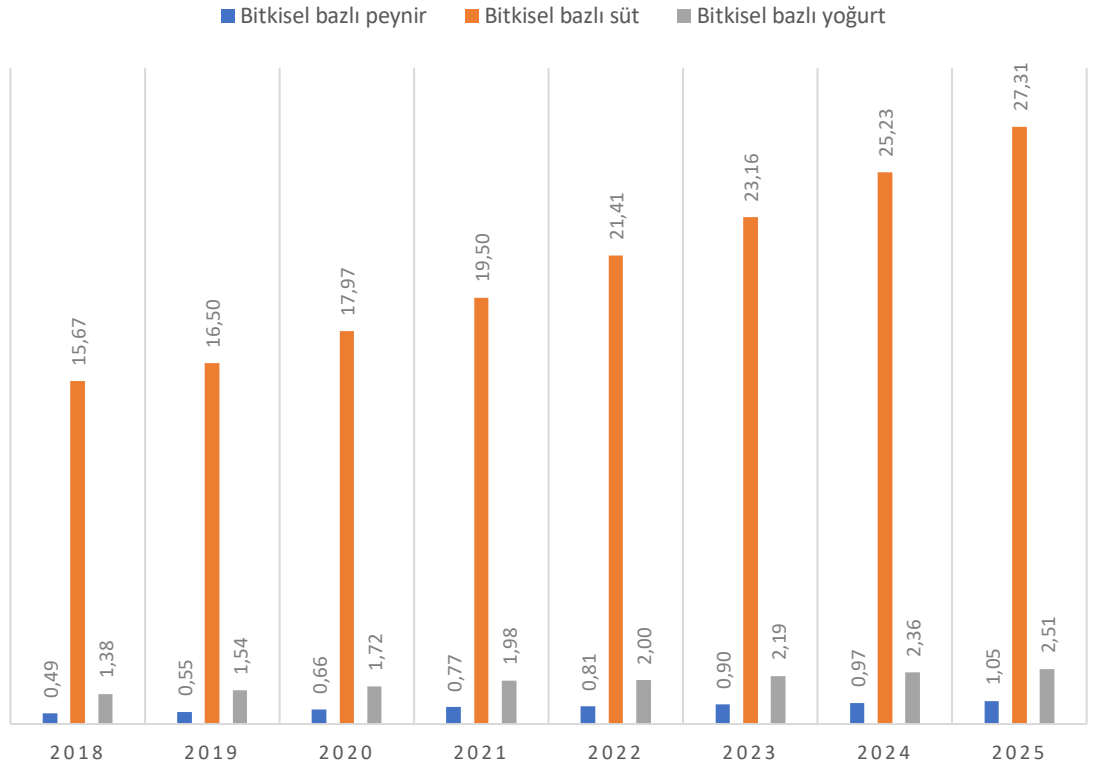
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Taze et	793,60	809,40	838,80	899,20	971,40	1039,00	1113,00	1189,00
Bitkisel bazlı et	4,66	5,38	6,63	7,79	8,96	10,15	11,38	12,71
İşlenmiş et	281,10	278,20	278,30	291,90	309,00	328,70	346,80	364,90



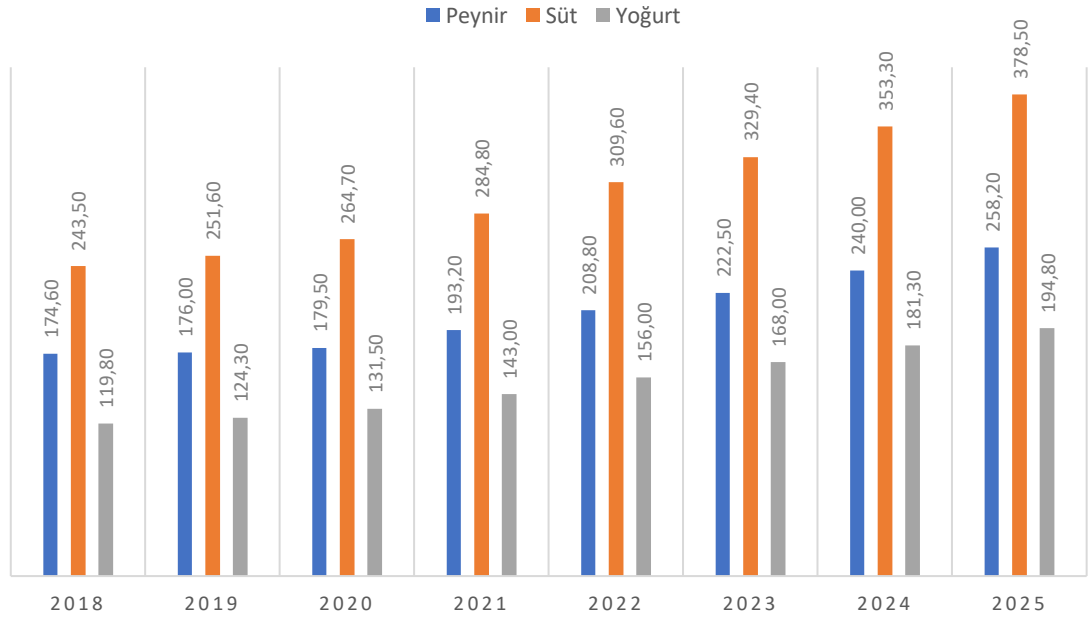
Şekil 8.1 Bitkisel bazlı gıdaların dünya marketi değerinin değişimi (Anonymous, 2021b)



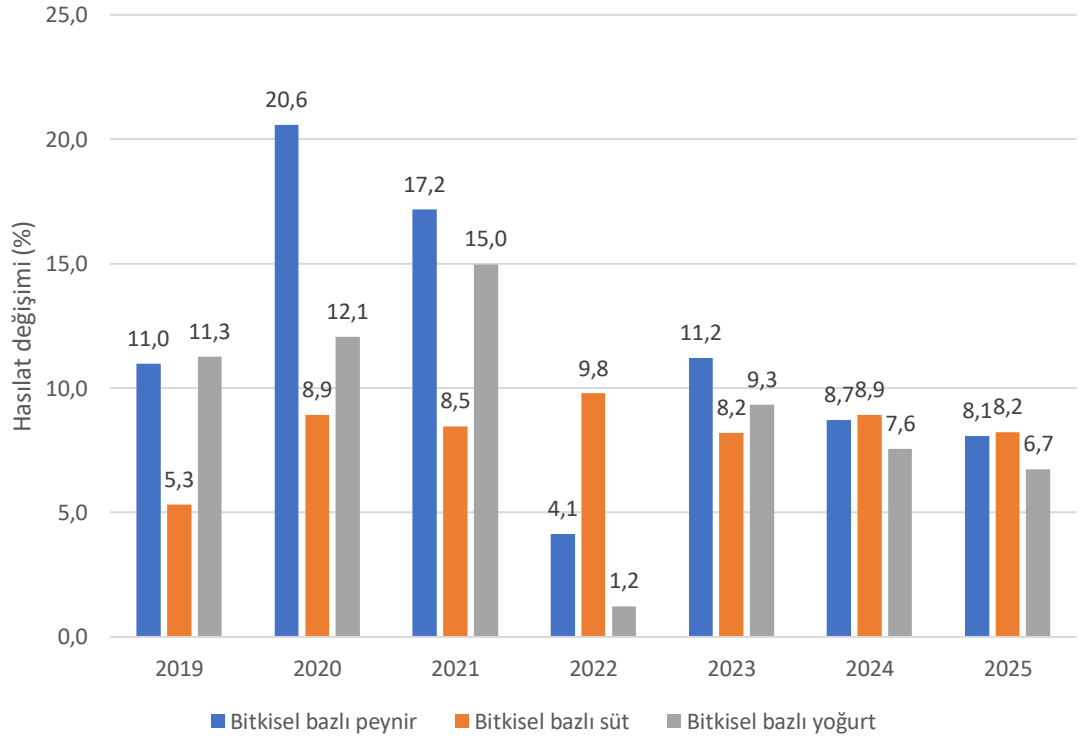
Şekil 8.2 İşlenmiş et, taze et ve bitkisel bazlı etin hasılat değişimi (Anonymous, t.y.-a)



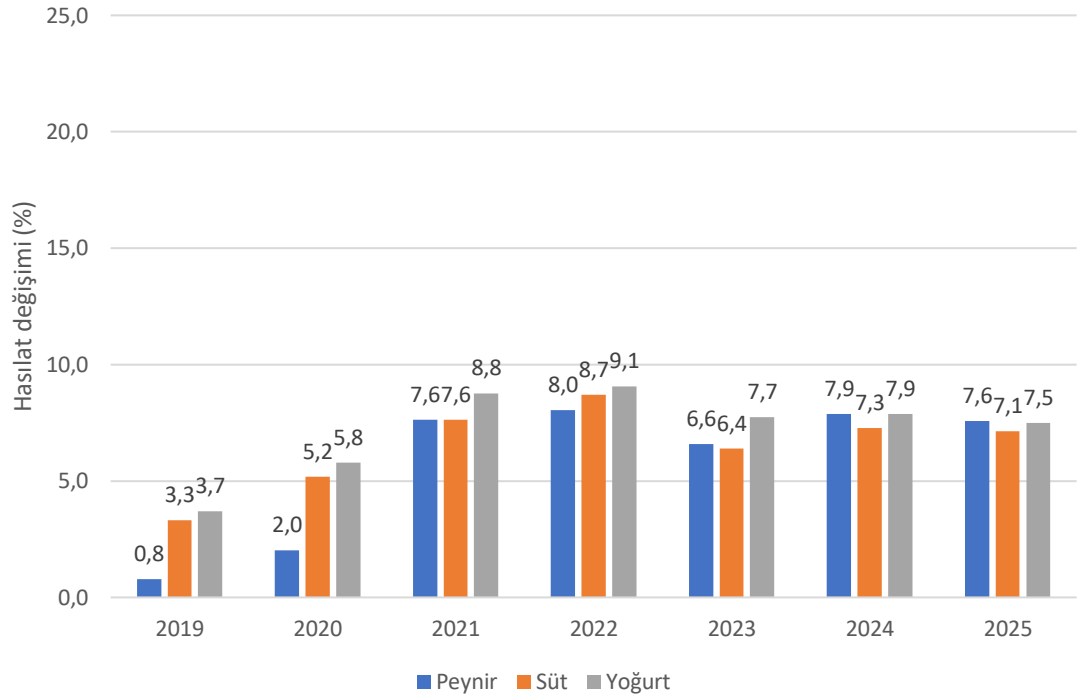
Şekil 8.3 Bitkisel bazlı süt, yoğurt ve peynirin dünya çapında hasılat miktarı (milyar dolar) (Anonymous, t.y.-b)



Şekil 8.4 Hayvansal süt, yoğurt ve peynirin dünya çapında hasılat miktarı (milyar dolar)
(Anonymous, t.y.-b)



Şekil 8.5 Bitkisel bazlı süt, yoğurt ve peynirin dünya çapında hasılat değişimi
(Anonymous, t.y.-b)

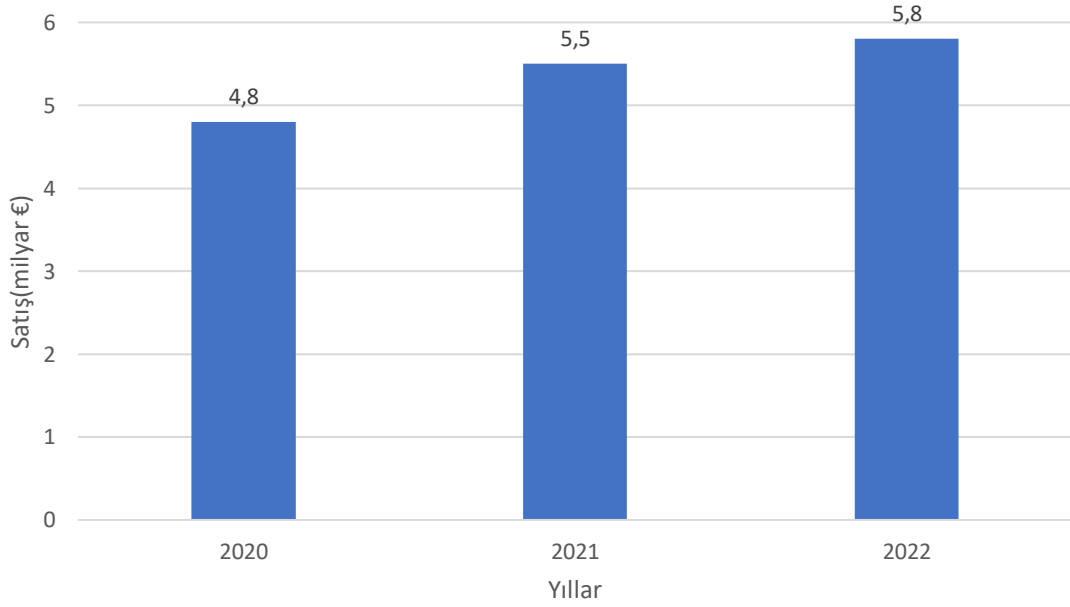


Şekil 8.6 Hayvansal süt, yoğurt ve peynirin dünya çapında hasılat değişimi (Anonymous, t.y.-b)

Bitkisel bazlı et ve süt ürünleri marketi değerinin artması satış ve hasılat miktarına yansımaktadır. Çizelge 8.1 de dünya çapında bitkisel bazlı et, işlenmiş et ve taze etten elde edilen hasılatların sürekli artmakta olduğu görülmektedir. Fakat bitkisel bazlı etten elde edilen hasılat miktarı çok düşüktür. 2025 yılında 12,71 milyara ulaşacağı tahmin edilmektedir (Anonymous, t.y.-c). Şekil 8.2'ye bakıldığında bitkisel bazlı etin hasılat değişiminin, taze et ve işlenmiş etten çok daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu bitkisel bazlı etin gelecekte daha yaygın hale gelebileceğini göstermektedir. Aynı durum bitkisel bazlı süt ve süt ürünleri içinde geçerlidir. Şekil 8.3, 8.4, 8.5 ve 8.6'ya bakıldığında bitkisel bazlı süt ve süt ürünlerinin hasılat miktarlarının düşük olmasına rağmen hasılat değişim oranlarının yüksek olduğu görülmektedir. 2025 yılında bitkisel bazlı süt, yoğurt ve peynirin hasılat miktarının sırasıyla 27.31, 2.51 ve 1.05 milyar dolar olması beklenmektedir (Anonymous, t.y.-b).

Dünyada bitkisel bazlı etten en fazla hasılat yapan ülke 2,371 milyar dolar ile Çin'dir. Çin'i 2,060 milyar dolar ile Amerika Birleşik Devletleri ve 1,106 milyar dolar ile İngiltere takip etmektedir (Anonymous, t.y.-c).

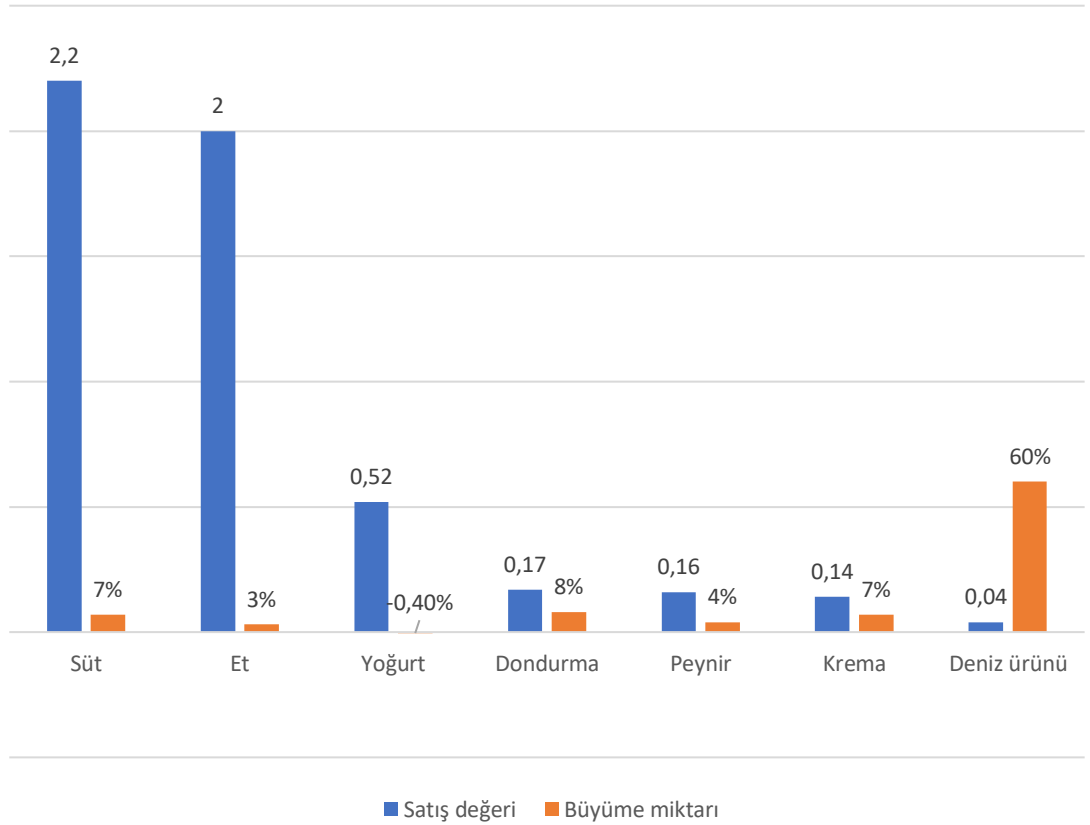
Şekil 8.9'e bakıldığında, bitkisel bazlı sütlerin Asya Pasifik bölgesinde satış değerinin çok yüksek olduğu görülmektedir. Bitkisel bazlı et, yoğurt ve peynir de ise Avrupa en fazla satış değerine sahiptir. Latin Amerika da satış değerlerinin düşük olmasına rağmen yüksek oranda satış değeri büyümesi bulunmaktadır.



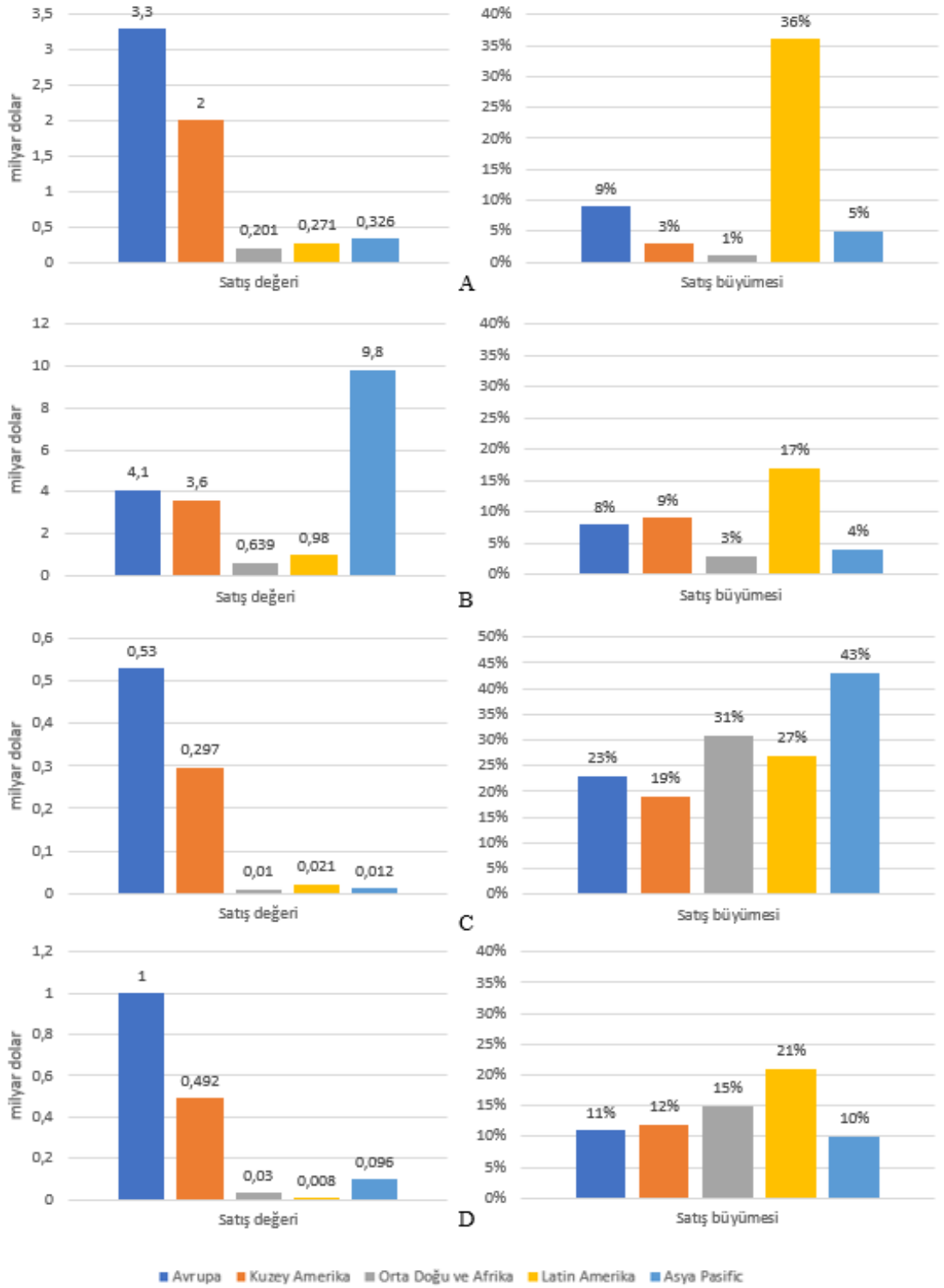
Şekil 8.7 2022 yılı Avrupa'da bitkisel bazlı gıda pazarındaki satış değeri değişimi (Anonymous, 2022d)

Good Food Institute tarafından hazırlanan 13 Avrupa ülkesini, Avusturya, Belçika, Danimarka, Fransa, Almanya, İtalya, Hollanda, Polonya, Portekiz, Romanya, İspanya, İsveç ve Birleşik Krallık, içeren raporda bitkisel bazlı gıdaların pazarının 2020 - 2022 yılları arası değişimi analiz edilmiş ve Şekil 8.7, 8.8, 8.10 ve 8.11 oluşturulmuştur. Şekil 8.7'ye göre bitkisel bazlı gıda perakende satış değeri 2022 yılında %6 oranında büyüme gösterip 5,8 milyar € olmuş ve birim satış miktarı %4 artmıştır. Avrupada bitkisel bazlı gıdaların pazardaki satış değerlerinin gösterildiği şekil 8.8 da en fazla satışın bitkisel bazlı

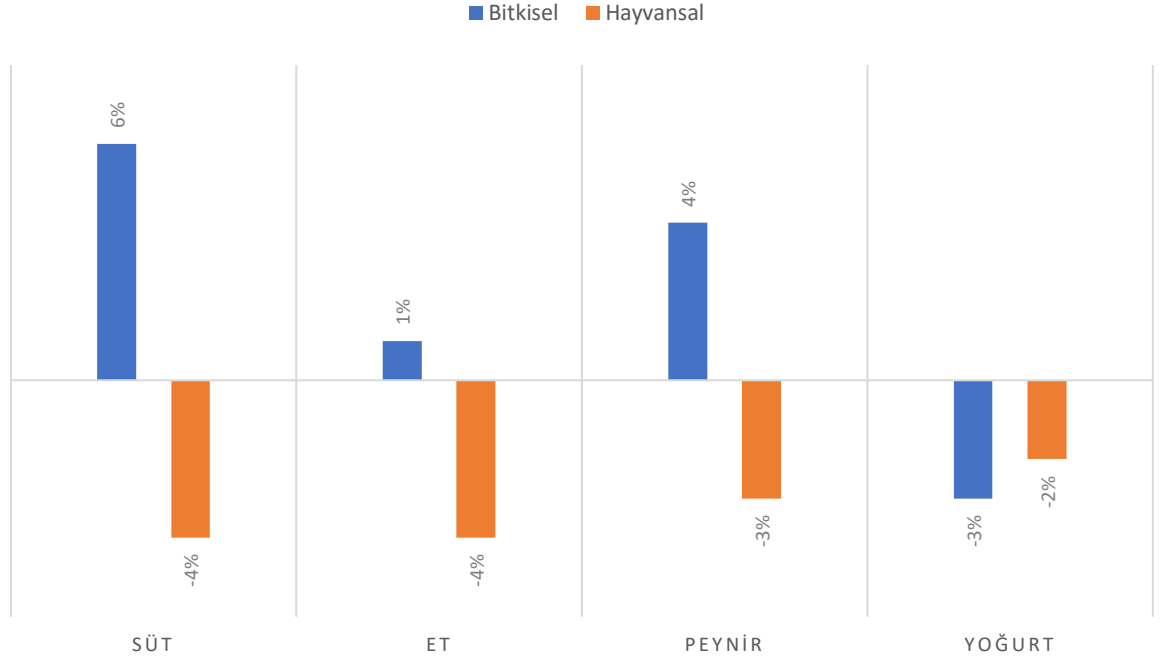
sütlerden olduğu görülmektedir. Bitkisel bazlı deniz ürünlerinin satış değeri çok az olsa da büyüme miktarının çok yüksek olması dikkat çekmektedir. Birim satış büyümesinin gösterildiği şekil 8.10'da bitkisel bazlı gıdaların birim satış büyümesinde artış varken hayvansal gıdalarda azalma gözlemlenmiştir. Rapordaki ülkelerin bitkisel bazlı gıdaların satış değeri şekil 8.11'de gösterilmektedir. En fazla satışın 1911 milyon € ile Almanya'da olduğu ve onu 1077 milyon € ve 681 milyon € ile Birleşik Krallık ve İtalya'nın takip ettiği görülmüştür. Ukrayna savaşı, küresel ticaret gerilimleri ve yüksek enflasyon ortamında yapılan bu çalışmada bitkisel bazlı et ve süt ürünlerinin 2022 yılında 2021'e kıyasla satış değeri ve birim satışları artmaya devam etmiştir. Bu da Avrupa'da tüketicilerin makroekonomik zorluklara rağmen bu ürünlere olan güçlü talebini göstermektedir (Anonymous, 2022d).



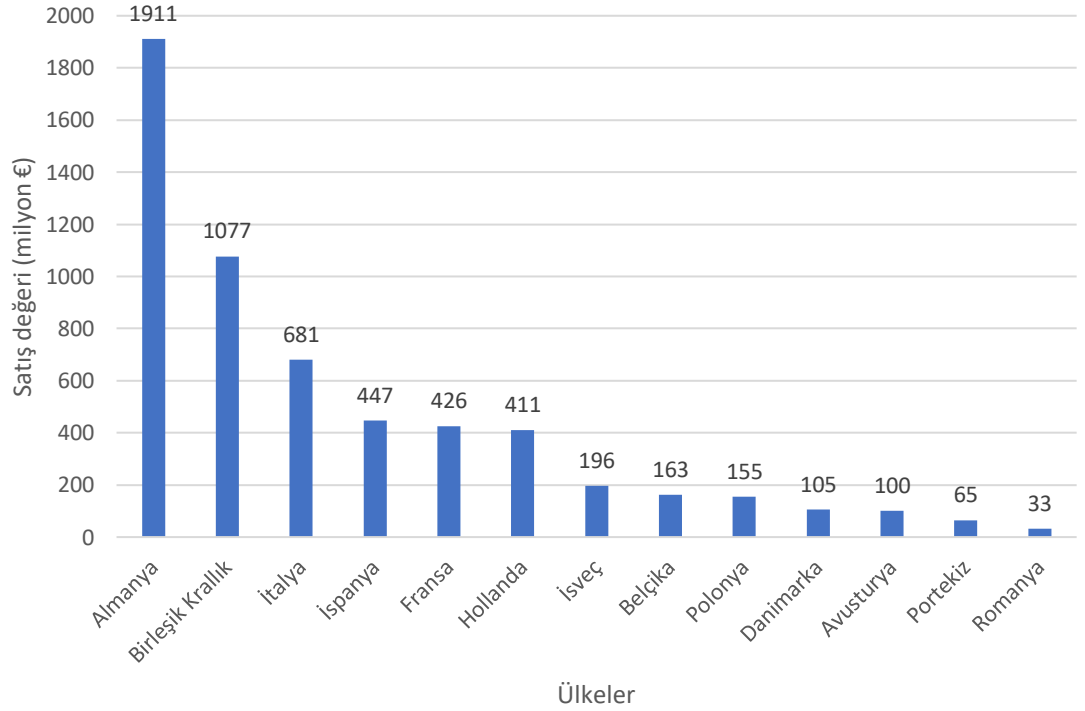
Şekil 8.8 2022 yılı Avrupa'da bitkisel bazlı gıdaların pazarındaki satış değeri (milyar €) ve büyüme miktarı (Anonymous, 2022d)



Şekil 8.9 Dünya da bölgelere göre bitkisel bazlı et (A), bitkisel bazlı süt (B), bitkisel bazlı peynir (C) ve bitkisel bazlı yoğurt (D) için satış değerleri (milyar dolar) ve satış değeri büyümesi (%) (Bushnell vd., 2022)



Şekil 8.10 2022 yılı Avrupa çapında bitkisel bazlı ve hayvansal bazlı kategorideki birim satış büyümesi (Anonymous, 2022d)

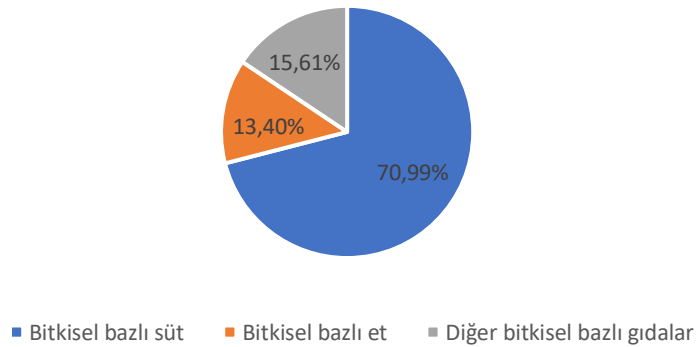


Şekil 8.11 2022 yılı Avrupa çapında bitkisel bazlı gıdaların ülkelere göre satış değeri (milyon €) (Anonymous, 2022d)

Çizelge 8.2 Bazı bitkisel gıdaların Amerika Birleşmiş Devletler 'deki satış miktarı ve değişimleri (milyar dolar) (Bushnell vd., 2022)

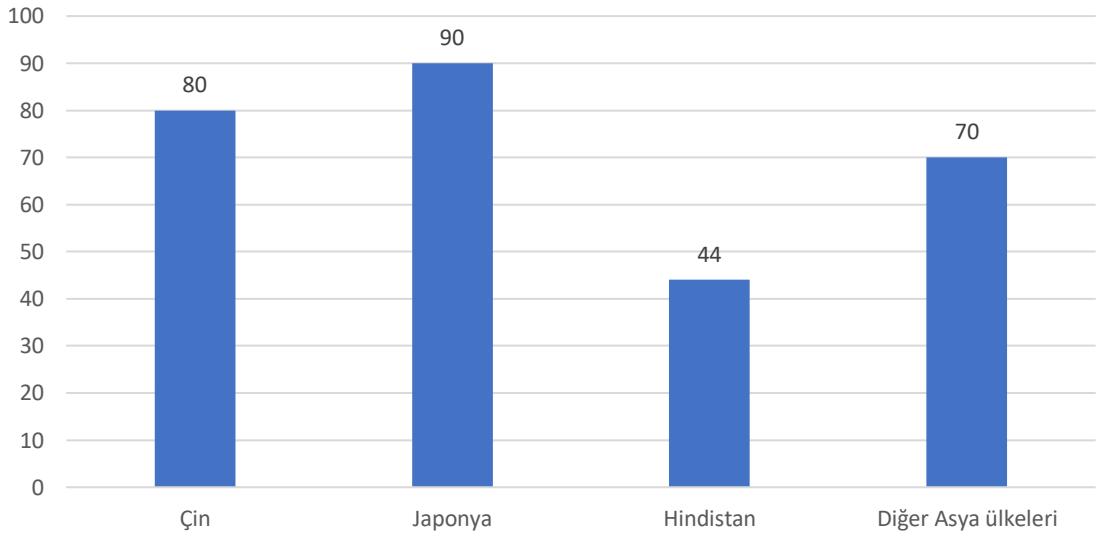
	2022 yılı satış miktarı (milyon dolar)	Satış miktarında 1 yıllık büyüme	Satış miktarında 3 yıllık büyüme
Bitkisel bazlı süt	749	-2%	19%
Bitkisel bazlı et	255	-8%	20%
Bitkisel bazlı yoğurt	174	-5%	16%
Bitkisel bazlı peynir	47	-5%	44%
Bitkisel bazlı yumurta	10	21%	611%
Bitkisel bazlı dondurma	83	-9%	14%

Çizelge 8.2 de Amerika Birleşik Devletleri'ndeki bitkisel bazlı gıdaların satış miktarı ve değişimi gösterilmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nin 2022 yılındaki bitkisel bazlı gıda satışları 8 milyar dolardır ve 2019 yılına göre satışlardan elde edilen gelirde %41 büyüme olmuştur (Bushnell vd., 2022). Her 10 aileden 6'sı bitkisel bazlı gıda satın almış ve satın alanların %80 alışkanlıklarını devam ettirmiştir. Satış miktarlarına bakıldığında en fazla bitkisel bazlı süt satın alınmıştır.



Şekil 8.12 2022 yılı Hindistan da bitkisel bazlı gıdaların market oranları (Anonymous, 2023f)

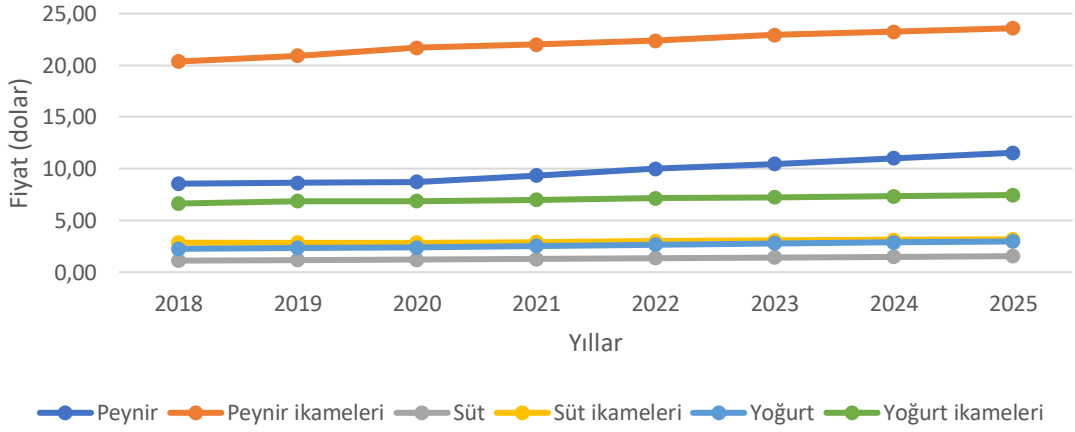
Hindistan vegan pazarı 2022 yılında 1.372 milyon dolar iken 2030 yılında 2,7 milyon dolara ulaşması beklenmektedir (Anonymous, 2023g). Son zamanlarda küresel ısınma, sürdürülebilirlik, insan sağlığı kaygıları ve gıda güvenliği konularında artan farkındalık Hindistan da tüketicilerin bitkisel bazlı gıdalara olan talebini arttırmıştır. Özellikle laztozu tolere edemeyenlerin sayısındaki artış bitkisel bazlı süte olan talebi yükseltmiştir. Bu yüzden şekil 8.12 de gösterildiği gibi Hindistan'daki vegan marketinin %70.99'unu bitkisel bazlı süt oluşturmaktadır. Ayrıca 2021 yılının Haziran ayında Hindistan'da yapılan bir tüketici anketinde, cevap verenlerin %91'i bitkisel bazlı sütü biliyorken, %66'sı ise 12 ay içerisinde bitkisel bazlı süt tüketmiştir (Anonymous, 2022e).



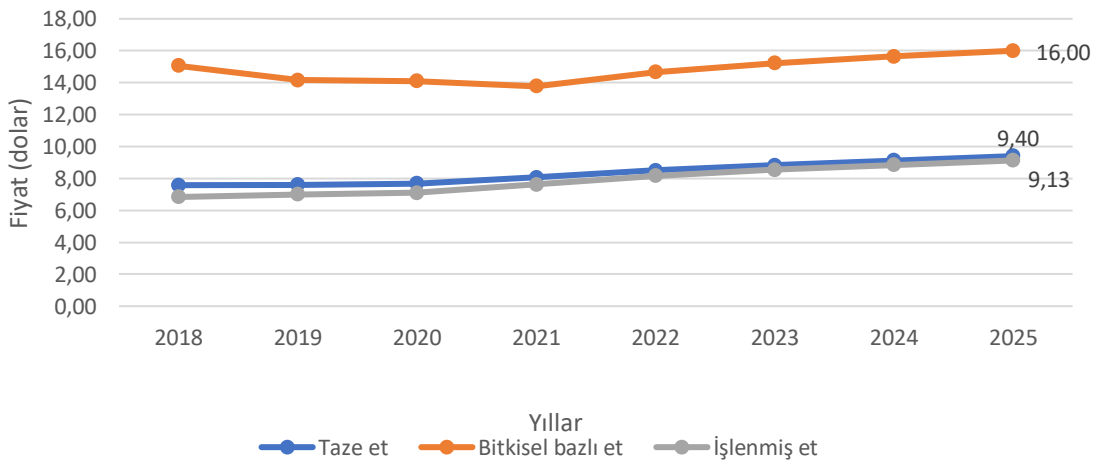
Şekil 8.13 2021 yılında bazı Asya ülkelerindeki laktoz intoleransı bulunan insanların oranı (%) (Anonymous, 2023h)

Şekil 8.13 de gösterildiği gibi Ulusal Sağlık Enstitüsüne göre Doğu Asya'da laktoz intoleransı yaygınlaşmış ve nüfusun %70'ini etkilemiştir (Anonymous, 2023h). Bu durum Doğu Asya da bitkisel bazlı süt tüketimini arttırmıştır. Ayrıca tüketiciler arasında laktozsuz ürünlerin daha sağlıklı olduğu algısı yayılmaktadır. Bu nedenle Doğu Asya'da bitkisel bazlı süt tüketimi yaygındır.

Çin’de artan refah ile et tüketimi son zamanlarda artmaktadır. Fakat çevresel sorunlar ve COVID-19 pandemisi tüketicilerin bitkisel bazlı alternatiflere yönelmesini sağlamıştır. Çin’de çok yüksek miktarda yetiştirilen GDO’suz soya ve bezelyenin bulunması bitkisel bazlı et üretimi yönüyle Çin’i çok uygun bir ülke yapmaktadır. Üretimde maliyeti azaltıp kapasitenin artırılmasıyla dünyada bitkisel bazlı et pazarında önemli bir konuma gelecektir. Çin de genel olarak bitkisel bazlı gıda pazarının bileşik yıllık büyüme oranının (cagr) 2024’ten 2029 yılına kadar %5.11 artacağı tahmin edilmektedir (Anonymous, 2023h). Çin ayrıca dünya genelinde bitkisel bazlı etten en çok hasılat yapan ülkedir (Anonymous, t.y.-c).



Şekil 8.14 Süt, yoğurt ve peynirin ikameleri ile birlikte dolar cinsinden birim başına fiyatı değişimi (Anonymous, t.y.-b)



Şekil 8.15 İşlenmiş et, taze et ve bitkisel bazlı etin zaman içindeki fiyat değişimi ve gelecekte beklenen fiyatları (dolar) (Anonymous, t.y.-a)

Şekil 8.15 de bitkisel bazlı et, işlenmiş et ve taze et fiyatları gösterilmektedir. Bitkisel bazlı etin dahil olduğu et ikamelerinin fiyatı, taze et ve işlenmiş ete göre çok yüksektir. Şekil 8.14 de bitkisel bazlı süt ve süt ürünleri alternatifleri fiyatının hayvansal kaynaklı olan ikamelerine kıyasla daha pahalı olduğu görülmektedir. Bu fiyat yüksekliklerinin nedeni üretim sırasında kullanılan pahalı ve yenilikçi teknolojilerin kullanımıdır. Yeni teknolojilerin üretilip geliştirilmesi maliyeti ve fiyatı etkilemektedir.

Bu fiyatlandırmalar ülkelerin makroekonomik ve mikroekonomik durumlarına göre değişiklik gösterebilir. Ayrıca gelecekte et ikame fiyatının, taze et ve işlenmiş etten çok yüksek olacağı tahmin edilse de son zamanlarda bitkisel bazlı et alternatiflerine olan ilgi artmaktadır. Talebin artmasıyla ölçek ekonomileri devreye girebilir, üretim maliyetleri azalabilir ve fiyatlar düşebilir. Benzer durum bitkisel bazlı süt alternatifleri için de geçerlidir. Gelecekte yeni teknolojilerin üretilmesi, üretim kapasitesinin artırılması, üretim maliyetlerin düşürülmesi ve yeni ürünlerin geliştirilmesi ürünlerin fiyatını düşürecektir.

Bitkisel bazlı proteinlere olan ilginin artmasıyla firmalarda harekete geçmeye başlamıştır. Özellikle Starbucks, KFC ve Burger King menülerinde bitkisel bazlı protein alternatiflerine yer vermeye başlamıştır. Good Food Institute tarafından yayınlanan “State of the Industry Report: Plant-based meat, seafood, eggs, and dairy.” adlı raporda (2022) dünyadaki firmaların bu konu hakkında yaptıkları gösterilmiştir. Bunlardan bazıları:

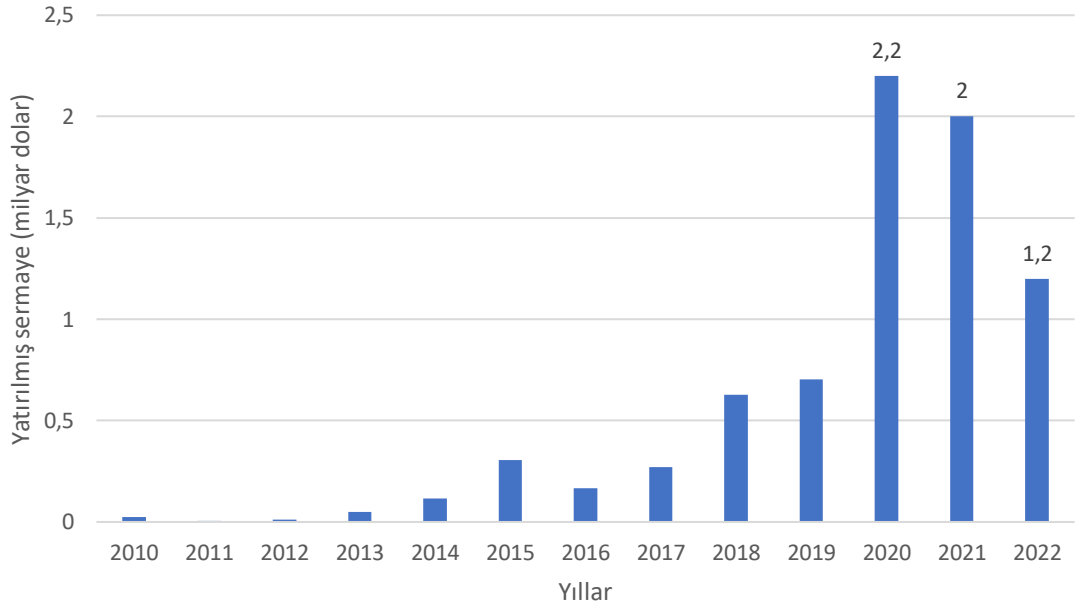
- Burger King Birleşik Krallık'ta “The Vegetarian Butcher” ile iş birliği yaparak bitkisel tavuk nuggetları piyasaya sürmüştür.
- Burger King, İsrail'de bitkisel bazlı protein alternatifleri girişimi yapan “Meat. The End.” ile birlikte bitkisel whopper ve tavuk nuggetları piyasaya sürmüştür.
- KFC, Birleşik Krallık'ta bitkisel bazlı tavuk burgeri kalıcı olarak menüde yer vermeye başlamıştır.
- Starbucks, menüsünü bitkisel bazlı protein alternatifleri ile genişletmiş, Hong Kong'da bitkisel bazlı balık sandviç, Hindistan'da “Imagine Meats” iş birliği ile

bitkisel bazlı sosisli kruvasan ve Tayland'da bitkisel bazlı yengeç keki böreği sandviçini eklemiştir.

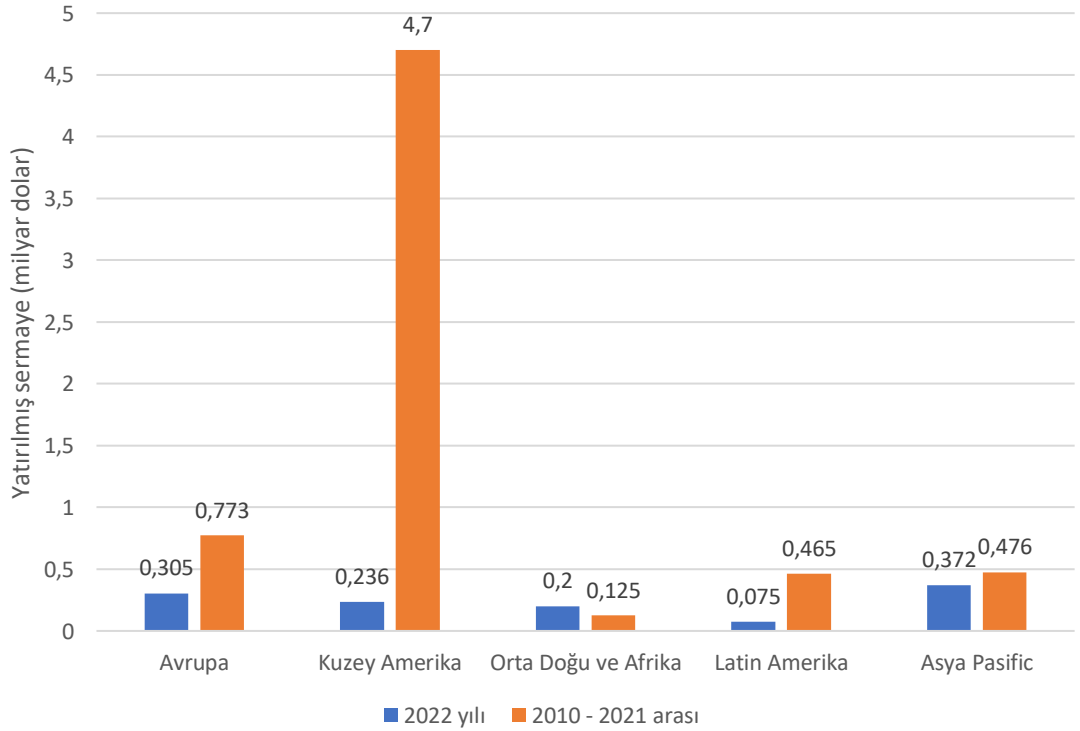
- Kraft-Heinz, ilk bitkisel krem peynirlerini Birleşik Krallık ve Amerika Birleşik Devletleri'nde piyasaya sürmüştür.
- Nestle, 15 Avrupa ülkesinde bitkisel kit kat ürününü piyasaya sürmüştür.
- Beyond Meat, dilimlenmiş bitkisel et ürününü piyasaya sürmüştür.
- Vivera, Hollanda'daki süpermarket zincirlerine bitkisel bazlı somon ürünü piyasaya sürmüştür.
- Thai Union, bitkisel bazlı karides dumpling ürününü piyasaya sürmüş ve bitkisel bazlı ton balığı ürünlerinin dağıtımını genişletmiştir.

Bitkisel bazlı protein alternatiflerinde üretim kapasitesinin düşük olması en önemli sıkıntılardan biridir. Üretim kapasitesinin arttırılmasıyla fiyatı geleneksel et ürünlerinin fiyatına yaklaştıracaktır. 2022 yılında bu amaçla birçok firma yeni fabrikalarını duyurmuştur. Good Food Institute tarafından yayınlanan "State of the Industry Report: Plant-based meat, seafood, eggs, and dairy." adlı rapora (2022) göre duyurulan fabrikalardan bazıları:

- Danimarka asıllı firma "Naturli Foods" Sidney-Avustralya'da yeni fabrika açtı.
- Hindistan merkezli "BVeg Foods" şu an 4000 metrik ton bitkisel bazlı et üreten ve 12000 metrik ton kapasitesine çıkarılması planlanan yeni fabrikasını açıkladı.
- Harvest B adlı Sidney merkezli bitkisel bazlı gıda teknolojisi firması, Avustralya'da yetişen tahılları kullanarak 1000 metrik ton bitkisel bazlı protein üreten fabrika açtı.
- Nestle, Sırbistan'da 73 milyon dolarlık bir üretim tesisi planladıklarını duyurdu.
- Kaliforniya asıllı "Eat Just", Singapur'da yeni fabrikasının temelini attı. Bu fabrika sadece bitkisel bazlı yumurta üretecektir.
- Australian Plant Proteins, 285 milyon dolarlık üç tane yeni üretim tesisi inşa edecektir.



Şekil 8.16 2010 ile 2022 yılları arasında bitkisel bazlı gıda firmalarının yaptığı yıllık yatırım miktarı (milyar dolar) (Bushnell vd., 2022)



Şekil 8.17 Dünyada bölgesel olarak bitkisel bazlı gıda üretimi için yapılan yatırım miktarları (milyar dolar) (Bushnell vd., 2022)

Şekil 8.16 da görüldüğü gibi bitkisel bazlı protein alternatiflerine yapılan yatırımlar yıl geçtikçe artmaktadır. Fakat 2022 yılında bir düşüş görülmektedir. Bunun nedeninin yüksek enflasyon sonucu artan faizler, pandeminin etkileri, iklim değişikliği ve Ukrayna-Rusya savaşı olduğu düşünülmektedir.

Şekil 8.17 de yapılan yatırımların bölgesel dağılımı gösterilmektedir. Yapılan yatırımlara bakıldığında 2022 yılında en fazla yatırım alan bölgenin 372 milyon dolarla Asya Pasifik olduğu görülmektedir. Buna ek olarak, 2020 ile 2022 yılları arasındaki toplam yatırım değerine bakıldığında en fazla yatırımın 4,7 milyar dolar ile Kuzey Amerika olduğu tespit edilmiştir (Bushnell vd., 2022).

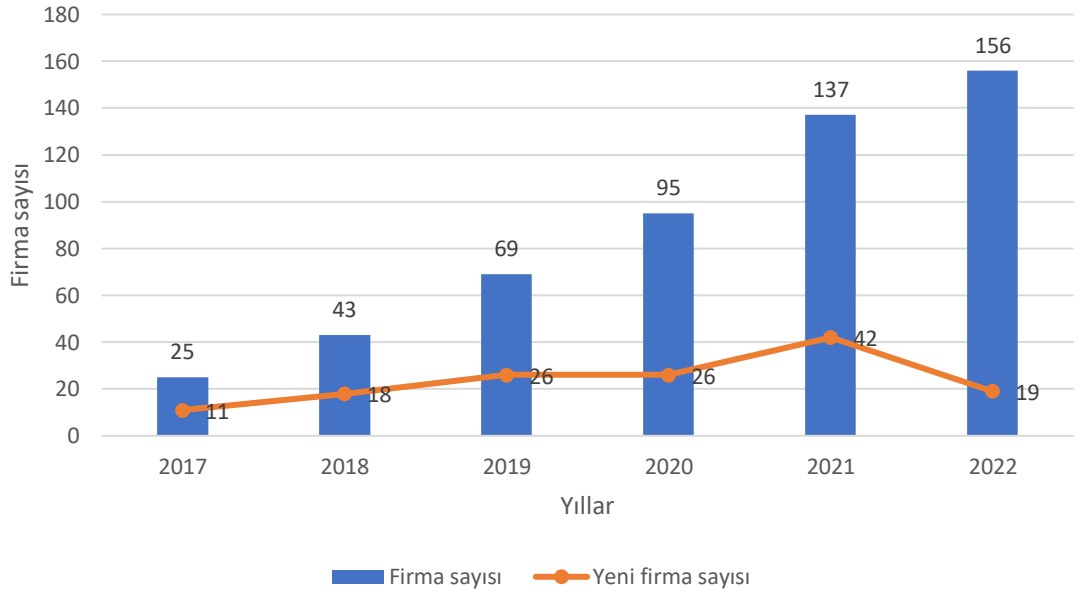
8.2 Yapay Et

2013 yılında Hollandalı bilim insanı Mark Post, ilk yapay burgeri Maastricht Üniversitesinde üretmiştir. 2016 yılında ise UPSIDE Foods, Kaliforniya’da dünyanın ilk yapay et firması olarak kurulmuştur (Gelder, 2023).

Çizelge 8.3 2022 yılındaki firmaların bölgesel dağılımı (Bomkamp vd., 2023)

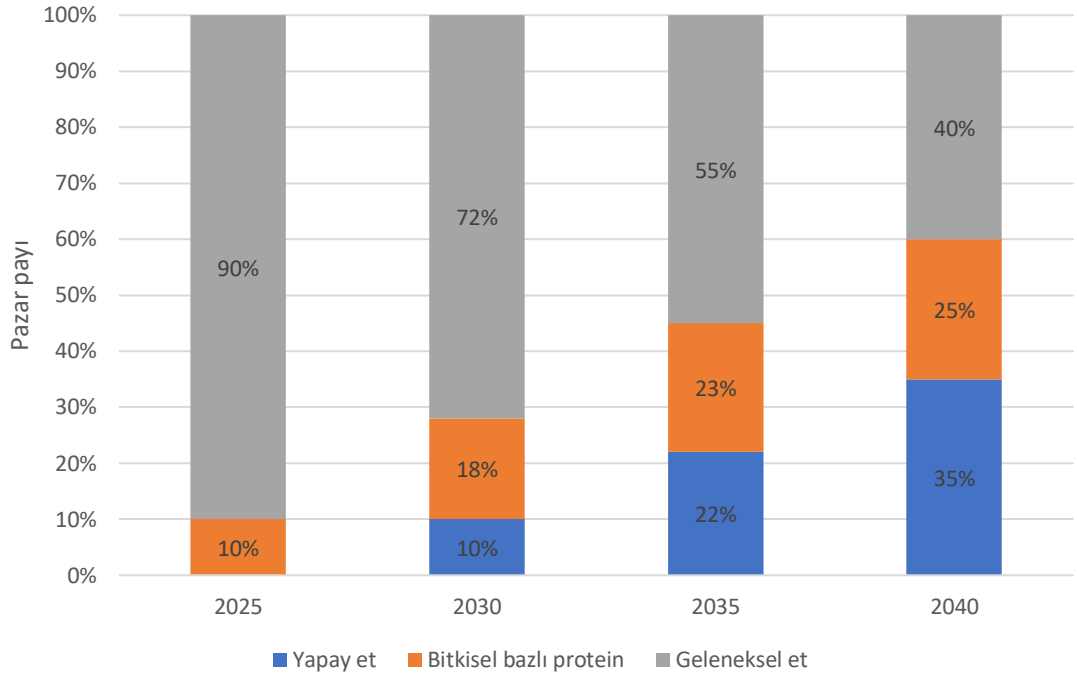
Afrika ve Orta doğu						Toplam
İsrail	17	Güney Afrika	3			20
Asya Pasifik						37
Avustralya	4	Japonya	3	Singapur	12	
Çin	5	Yeni Zelanda	1	Güney Kore	7	
Hindistan	4	Rusya	1			
Avrupa						43
Avusturya	1	Estonya	1	İspanya	2	
Belçika	1	Fransa	3	İsviçre	1	
Hırvatistan	1	Almanya	6	Türkiye	1	
Çek Cumhuriyeti	2	İtalya	1	Birleşik Krallık	17	
Danimarka	1	Hollanda	5			
Latin Amerika						4
Brezilya	1	Şili	2	Meksika	1	
Kuzey Amerika						52
ABD	43	Kanada	9			
						156

2020 yılında Singapur, GOOD meat tarafından üretilen yapay tavuk eti satışına izin vermiş ve dünyada yapay et satışına izin veren ilk ülke olmuştur. Daha sonra Amerika Birleşik Devletleri'nde UPSIDE foods ve GOOD meat tarafından üretilen yapay tavuk etleri FAO tarafından onay almış ve böylece ABD dünyada yapay et satışına izin veren ikinci ülke olmuştur (Douglas, 2023). ABD'nin yapay ete onay vermesi yapay et üretiminin ciddi oranda önünü açmıştır. Avrupada ise yapay et henüz kabul görmemektedir. Bunun en büyük nedeni onay sürecinin çok uzun olmasıdır.



Şekil 8.18 Dünyada toplam ve yeni açılan yapay et firmalarının yıl içinde dağılımı (Bomkamp vd., 2023)

Çizelge 8.3 de dünya çapında açılan yapay et firmaların bölgesel dağılımı, şekil 8.18 de toplam ve yeni açılan yapay et firmalarının yıl içinde dağılımı gösterilmektedir. Çizelge 8.3'e göre firmaların büyük bir kısmının ABD de bulunduğu görülmektedir. Şekil 8.18'e göre 2022 yılında 19 tane yeni fabrika açılırken dünyada toplam 156 fabrika vardır. Bu fabrikaların büyük bir kısmı ABD de bulunmaktadır. Dünyada bölgesel bazda en fazla sayıda fabrikanın Kuzey Amerika'da ve en az sayıda fabrikanın Latin Amerika'da olduğu görülmektedir (Bomkamp vd., 2023).



Şekil 8.19 Dünyada geleneksel et, bitkisel bazlı protein ve yapay etin pazardaki paylarının değişimi (Gelder, 2023)

2022 yılında 246,9 milyon dolar olarak hesaplanan küresel yapay et pazarının 2023 ile 2030 yılları arasında %51,6 oranında genişlemesi beklenmektedir. Hasılat ise 2030 yılında 6,9 milyar dolara ulaşacaktır (Anonymous, 2021c). Bu büyümeyi sağlayacak faktörler arasında sürdürülebilirlik, hayvan refahı ve et tedarikini güvence altında olma üzerine ortak odak bulunmaktadır.

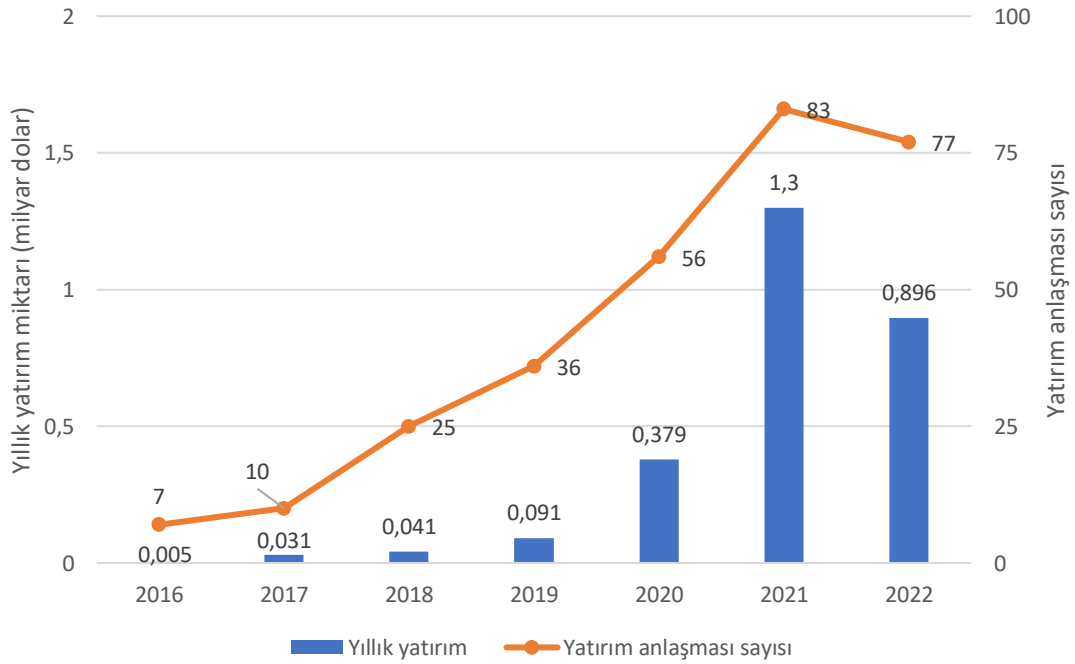
Yapay et üretimi için biyoreaktörler büyük önem taşımaktadır. COVID-19 pandemisi, yapay et üretimi için gerekli olan biyoreaktörlerin tedarikinde sıkıntı yaşanmasına neden olmuştur. Üretilen biyoreaktörler ise COVID-19 aşısı üretimi için kullanılmıştır. Fakat 2021 yılında artan yatırımlar, teknolojik gelişmeler ve yeni ürünlerin piyasaya sürülmesi yapay et endüstrisinin çok az etkilenmesini sağlamıştır (Anonymous, 2021c).

Yapay et, bitkisel bazlı protein alternatifleri ve geleneksel et tarafından domine edilen bir pazara girmiştir. Gelecekte yapay et ve bitkisel bazlı protein alternatiflerinin satışında artış beklenmektedir. Bu durum ikisinin de pazardaki payının gelecekte artacağını

göstermektedir. Şekil 8.19'a göre yapay etin pazardaki payı daha hızlı artacağı ve 2040 yılında bitkisel bazlı protein alternatiflerinin payının %25 iken yapay etin payının %35 olacağı tahmin edilmektedir (Bomkamp vd., 2023).

Yapay et, yapılan çalışmaların sonuçlarına göre gelecekte gıda güvenencesinin sağlanmasında ve çevresel sorunların azaltılmasında büyük potansiyel taşımaktadır. Bu nedenle devletlerin ve büyük şirketlerin dikkatini çekmiştir. Her yıl yüksek miktarda yatırımlar yapılmakta ve yapay et üretimi sektörüne yatırım yapan girişimcilerin sayısı artmaktadır.

Şekil 8.20 de görüldüğü gibi, 2021 yılı yapay et yatırımları bakımından en iyi yıl olmuştur. 2021 yılında 42 tane yeni girişim yapılmıştır. Global olarak yapay et tüketimi kabul edilmemiş olmasına rağmen birçok firma yapay et üretimi için çalışmalar ve yeni girişimler yapmaktadır.

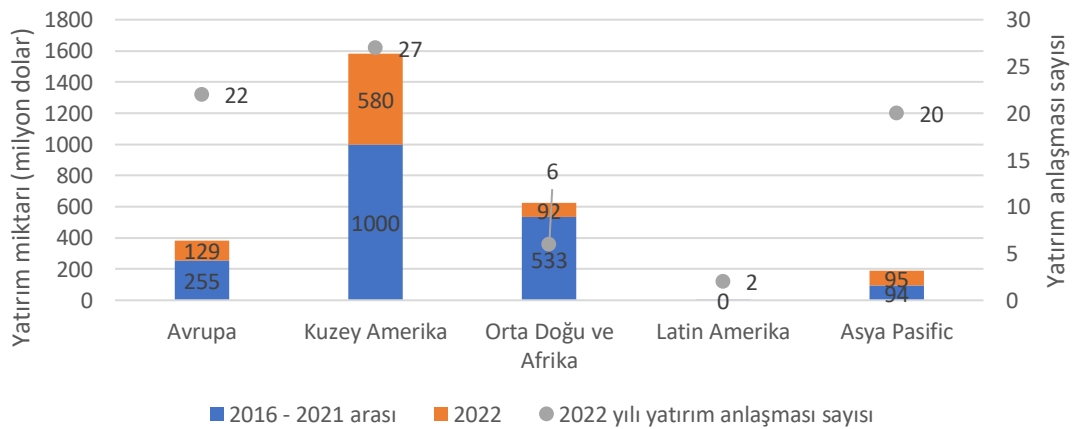


Şekil 8.20 Yapay et ve deniz ürünlerine yıllık yapılan yatırım miktarı (milyar dolar) ve yatırım anlaşması sayısı (Bomkamp vd., 2023)

Aktif pazara bakıldığında en önemli ilk üç ülke sırayıyla ABD, İsrail ve Singapur'dur. Çizelge 8.4'e göre 2022 yılında en fazla yatırımı ve antlaşmayı ABD yapmıştır. Bu durum Kuzey Amerika'yı yapay ete yatırım konusunda lider yapmaktadır (Gelder, 2023). Şekil 8.21 de dünyada yapay ete yapılan yatırımların bölgesel olarak miktarları gösterilmektedir. Kuzey Amerikada yapılan yatırımların büyük bir kısmını ABD yaparken Orta Doğu da yapılan yatırımların büyük bir kısmı İsrail'den kaynaklanmaktadır. Bu duruma göre gelecekte ABD veya İsrail'in yapay et üretiminde dünyada lider olabileceğini düşünülmektedir.

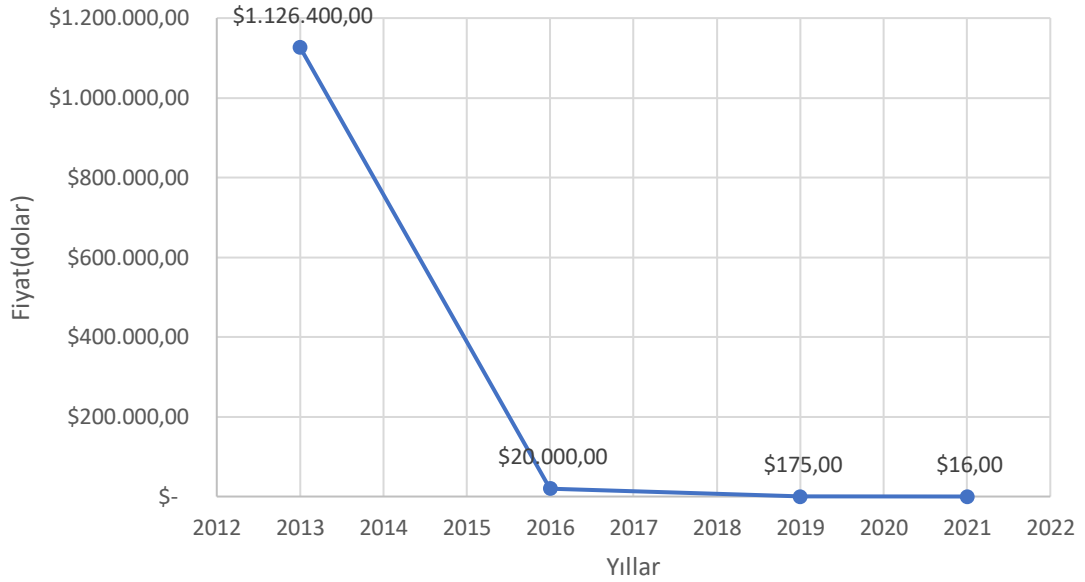
Çizelge 8.4 Yapay et ve deniz ürünlerine yapılan yatırım miktarlarının (milyar dolar) ve anlaşma sayılarının ülkelere göre dağılımı (Bomkamp vd., 2023)

	2016 - 2021 arası yatırım miktarı (milyon dolar)	2022 yılı yatırım miktarı (milyon dolar)	2022 yılı yatırım anlaşması sayısı
Amerika Birleşik Devletleri	1000	578	22
Birleşik Krallık	52	74	12
Avustralya	9	50	4
Fransa	10	48	1
İsrail	533	92	6
Çin	18	18	2
Güney Kore	21	16	5
Japonya	10	7	1
İspanya	7	6	1
Singapur	32	3	6



Şekil 8.21 Dünya da bölgelere göre yapay et ve deniz ürünlerine yıllık yapılan yatırım miktarı (milyar dolar) ve yatırım anlaşması sayısı (Bomkamp vd., 2023)

Devletlerin bazıları da yatırımlar yaparak yapay ete destek vermektedir. ABD hükümeti, sürdürülebilir tarımsal araştırma projeleri için 146 milyon dolar hibe yapmıştır. Bu hibenin 10 milyon doları Tufts Üniversitesine Ulusal Hücresel Tarım Enstitüsü'nü kurmak için verilmiştir (Gelder, 2023). İsrail de yapay et endüstrisine büyük yatırımlar yapmaktadır. İsrail İnovasyon Otoritesi, 14 şirketten oluşan bir yapay et geliştirme konsorsiyumuna 18 milyon dolar hibe vermiştir (Gelder, 2023). Hollanda da 2022 yılında verilen 60 milyon euro hibe, hücresel et ve tarım ekosistemini oluşturmak için kullanılması planlanmıştır. Küresel olarak, bu şu ana kadar bu endüstriye yapılmış en büyük kamu fonlu yatırımdır (Gelder, 2023). İngiltere hükümeti de sürdürülebilir proteinlere 120 milyon GBP harcamayı planlamaktadır (Gelder, 2023).



Şekil 8.22 Yapay etin fiyatının (dolar) değişimi (Bomkamp vd., 2023)

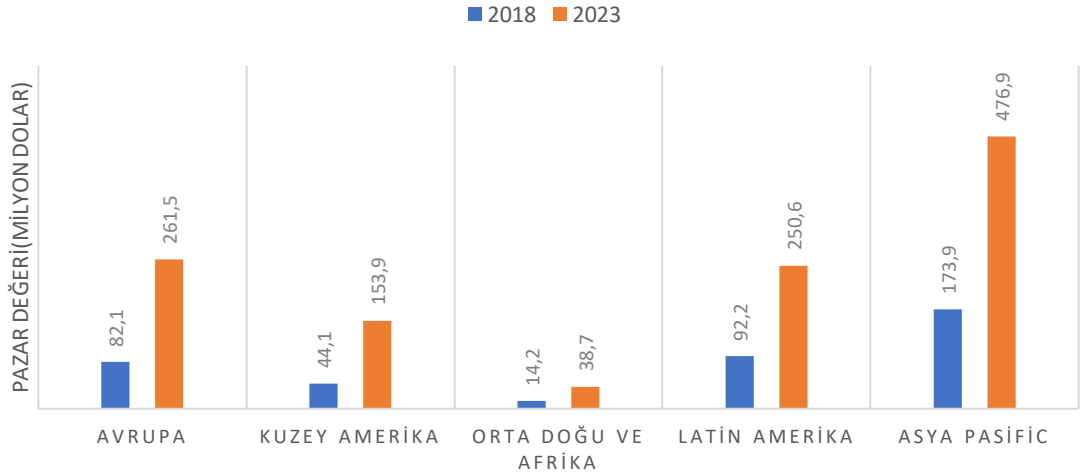
Geçmiş yıllara kıyasla yapay et üretimi teknikleri gelişmiştir. 2013 yılında Mark Post 'un yaptığı yapay burgerin üretimi 250.000 euroya denk gelmektedir. Zamanla gelişen teknoloji sayesinde yeni methodlar geliştirilmiş ve üretim maliyetinin azaltılması başarılmıştır. Üretim maliyetininin azaltılmasıyla birlikte yapay et fiyatlarında azalacaktır. Fiyatın azalması tüketiciler için daha cazip görünmesini sağlayabilir. Şekil 8.22 de görüldüğü gibi 2013 yılından 2021 yılına kardarki dönemde yapay et fiyatında ciddi

azalma olmuştur. 2021 yılında Future Meat Technologies tarafından üretilen yapay tavuk göğüsünün ABD'deki fiyatı 16 dolardır. Aynı yıl dünyada ortalama taze et ve işlenmiş etin fiyatı sırasıyla 8,06 ve 7,62 dolardır. Bu, yapay etin daha çok geliştirmeye ihtiyacının olduğunun göstergesidir.

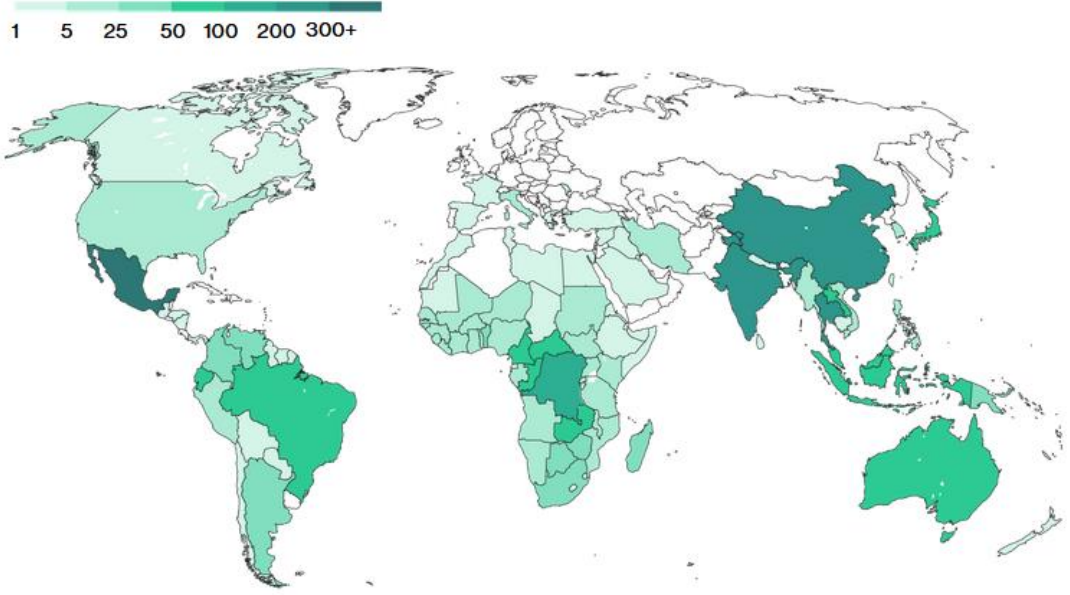
8.3 Yenilebilir Böcekler

Yenilebilir böcekler hakkında ekonomik raporlar hazırlanmasına rağmen tamamen halka açık bir kaynak bulunmamaktadır. O yüzden elde edilen bilgiler çok fazla değildir.

Yenilebilir böcek pazarının değeri 2032 yılında 16,39 milyar dolara ulaşacağı tahmin edilmektedir. Bu pazarın büyümesinde etkili olan faktörler ise: hayvancılıktan kaynaklanan sera gazı emisyonları, yüksek besin değeri, çevreye olumlu etkisi, yem endüstrisinde böcek proteine olan talebin artması ve düşük oranda zoonotik hastalıklara neden olması bulunmaktadır (Anonymous, 2023). Yem için kullanılmasıyla, insan tüketimine ayrılan arazilerin artması sağlanırken, hayvanların daha yüksek besin değeri içeren yem tüketmesi sağlanır. 2023 yılında insanların tüketimi için ayrılan yenilebilir böceklerin tüketiminin artması beklenmektedir.



Şekil 8.23 Dünya bölgelerinde yenilebilir böceklerin pazar değeri (milyar dolar) (Sousa vd., 2018)



Şekil 8.24 Kayıt altında tutulan yenilebilir böcek türlerinin miktarının dünya çapında dağılımı (Sousa vd., 2018)

Çin, yenilebilir böceklerin tüketimini yıllardır kabul eden bir ülkedir. Çin de 2023 yılında 200 milyon dolar değerindeki yenilebilir böcek pazarı, 2032 yılında 1,8 milyar dolar olacağı tahmin edilmektedir (Anonymous, 2022f). Fakat birçok ülkede standartlaştırılmamış olması, tüketimine etik ve psikolojik engeller, böcek tüketiminin yararlarından tüketicilerin haberinin olmaması ve böcek proteininden kaynaklanan alerji riski bu pazarın dünya çapında büyümesine engel olmaktadır. Şekil 8.23 de yenilebilir böcek pazarı değerinin bölgesel olarak dağılımı gösterilmektedir. Bölgesel olarak bakıldığında Asya Pasifik bölgesinin lider olduğu görülmektedir.

Yenilebilir böcek pazarında faaliyet gösteren bazı kilit firmalar (Anonymous, 2023ı):

- Ynsect (Fransa)
- Protix B.V. (Hollanda)
- Nutrition Technologies Group (Singapur)
- Entomo Farms (Kanada)
- Hargol FoodTech (İsrail)

- Aspire Food Group (ABD)
- EntoCube OY (Finlandiya)
- JR Unique Foods (Tayland)
- Hexafly (Írlanda)
- HiProMine S.A.(Polonya)

9. GENEL DEĞERLENDİRME

Gelecekte dünya nüfusunun artması, yaşlı nüfusun artması, iklim değişikliğinin artması, deniz suyu seviyesinin artması, yeni patojenlerin ortaya çıkması, tatlı su kaynaklarının azalması, ormanlık alanların azalması, kalp ve damar hastalıklarının artması ve pandemilerin artması gibi sıkıntıların devam etmesi beklenmektedir. Bu problemlerin devamı gıda güvencesini tehlikeye atacak, ve insanları zor durumda bırakacaktır. Global sera gazı emisyonuna bakıldığında %73,2 si enerji kullanımından kaynaklanırken, %18,4'ü tarım, ormancılık ve arazi kullanımından kaynaklanmaktadır (Ritchie, 2019). Hayvancılık sektöründe üretimin sürdürülebilir bir şekilde yapılmaması dünya kaynaklarına azalmanın şiddetlenmesine neden olabilecektir. Bu sebeple sürdürülebilir hayvansal üretim için yeni yollar aranmalıdır. Alternatif proteinler bu yollardan biridir.

Tüketicilerin alternatif proteinleri tercih etmesinde tat, sağlık ve çevresorunlarının etkisi yüksektir. Yapılan bir araştırmada tüketicilerin alternatif proteinleri sevmesinde etkili olan parametrelerin sağlık, uygunluk, tat, görünüşü ve çevreye etkisi olduğu görülürken tat ve sağlık alternatif proteinlerin tercih edilmesinde en önemli faktörler olduğu görülmüştür (Onwezen, vd., 2021). Yapılan bir diğer çalışmada ise tüketicilerin alternatif proteinlerin fiyatını ikinci önemli faktör olarak düşünürken en önemli faktörün tat olduğu belirtilmiştir (Ignaszewski, 2022). Bu ürünlerin çevreye olumlu etkisinin olması ve insan sağlığına fayda sağlaması tüketicilerin alternatif proteinlere olan ilgisini arttırmıştır.

Bu derleme çalışmasında yer verilen alternatif proteinler hakkında yapılan araştırmalar, alternatif proteinlerin iklim krizini ve hayvancılıktan doğan çevresel sorunları azaltma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Bu nedenle alternatif protein kaynaklarının geleneksel et ve et ürünlerine tamamlayıcı olarak markete girmesi, et tüketiminin azaltılıp çevresel sorunların azalmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Fakat günümüzde yapay et ve yenilebilir böcek protein üretiminin düşük miktarda olmasından dolayı yüksek miktarda üretildiklerinde çevreye etkisinin tam olarak nasıl olacağı tahim edilememektedir. Bu nedenle daha çok araştırma yapılması gerekmektedir.



Şekil 9.1 Alternatif proteinlerin satın alımı için motivasyonlar (Ignaszewski, 2022)

Alternatif proteinlerin insan sağlığına etkisine bakıldığında kalp ve damar hastalıklarında azalma, potansiyel pandemilerde azalma ve hayvan refahı gibi konulara yardımcı olmaktadır. Yenilebilir böceklerin çok besleyici olmasına rağmen insan sağlığına etkisi hakkında daha çok araştırmaya ihtiyacı olduğu görülmektedir. Ayrıca tüketimi sırasında böceğin bağırsaklarının çıkarılması önemlidir. Bağırsakta patojenlerin bulunma olasılığı yüksektir. Yapay et, üretimi sırasında sıkı denetimler, yüksek hijyen ve kontroller sonucu insan sağlığına uygun gıda üretilebilmektedir. Bitkisel bazlı etinse yüksek miktarda lif, düşük miktarda B₁₂ vitamini ve yüksek oranda tuz içerdiği belirtilmiştir. Yüksek oranda lif içermesi sayesinde insanlar rahatlıkla günlük ihtiyacı olan lif miktarını karşılayabilecektir. Önerilen miktarda lif tüketiminin sindirim sistemine ve kardiyovasküler hastalıkları önlemede yardımcı olduğu bilinmektedir. B₁₂ vitamini eksikliği ve yüksek oranda tuz içermesi ise problem yaratmaktadır. Bazı bitkisel bazlı gıda firmaları üretim sırasında B₁₂ vitamini eklemektedirler. Bu yüzden tüketicilerin kullandığı bitkisel bazlı ete göre B₁₂ vitamini desteği almaları gerekmektedir. Aynı zamanda bitkisel bazlı et üretim sırasında birçok aşamadan geçtiği için yüksek oranda işlenmiş gıda olarak düşünülmektedir. Yüksek oranda işlenmiş gıdalarla beslenmenin

sonucunda kilo alımı ve metabolik sendrom riskinin artması gibi etkileri bulunmaktadır (Gorin, 2022). Baenzer bir durum bitkisel bazlı süt için de geçerlidir. Düşük besin değerinden dolayı tamamen inek sütü yerine tüketilmesi bazı vitamin ve mineral eksikliklerine yol açabilir. Özellikle ocukların ve hamilelerin bitkisel bazlı sütü tercih etmesi ocuk gelişimini olumsuz etkilemektedir. Bu yüzden hazırlanan diyetin çoğunluğunun bitkisel bazlı protein alternatiflerinden oluşmamasıdır. Alternatif proteinlere olan eğilimin artmasına rağmen insan sağlığına etkisi hakkında kesin bir yargıya varılabilmesi için daha çok çalışmaya ihtiyaç bulunmaktadır.

Gelecekte gıda sisteminin sürdürülebilir bir şekilde yapılması gerektiği düşüncesi yayılmaktadır. Bu durum gelecekte alternatif proteinlere olan yatırımların artmasına neden olması beklenmektedir. Yapılan yatırımların büyük bir kısmı Kuzey Amerika'da yapılmaktadır. Özellikle ABD tarafından bitkisel bazlı ete, ve yapay ete yapılan yatırımlar gelecekte ABD'yi bu konu için kilit ülke konumuna getirme ihtimali yüksektir. rnek olarak, 2022 yılının Kasım ayında IPSIDE Foods ve 2023 yılının Mart ayında GOOD meat tarafından üretilen yapay tavuk etlerinin FAO tarafından onay alıp satışa sunulmasıyla ABD'nin yapay et satışına onay veren ikinci ülke olması verilir (Douglas, 2023). Bitkisel bazlı süte yapılan yatırımların çoğu Asya Pasifik bölgesinde yapılmaktadır. Bu bölgedeki artan laktoz intoleransı bitkisel nazlı süt pazarının genişlemesini sağlamaktadır. Yenilebilir böcek proteini hakkında halka açık pek bilgi olmadığı için yorum yapmak zordur. Fakat birçok ülkede standartlaştırılmamış olması, tüketimine etik ve psikolojik engellerin olması, böcek tüketiminin yararlarından tüketicilerin haberinin olmaması, dini kaygılar ve böcek proteininden kaynaklanan alerji riski bu pazarın dünya çapında büyümesine engel olacağı düşünülmektedir.

10. SONUÇ VE ÖNERİLER

Hayvansal üretimden vazgeçip tamamen alternatif proteinlere odaklanması çok büyük hata olacaktır. Hayvancılık, gelişmiş ülkelerde toplam tarımsal üretimin yaklaşık %40'ına, gelişmekte olan ülkelerde ise yaklaşık %20'sine katkı sağlamakta, dünya çapında en az 1.3 milyar insanın geçimini desteklemekte ayrıca küresel gıda proteininin yaklaşık %34'ünü sağlamaktadır (Santos, 2023). Bu yüzden alternatif proteinlerin geleneksel et ve et ürünlerin yerine geçmesi olası görünmemektedir. Bu anlamda bu ürünlerin alternatif kelimesi yerine tamamlayıcı olarak anılması daha doğrudur.

Devletlerin hayvancılık sektörüne et ve et ürünlerinin tüketiminin azaltılması amacıyla müdahale etmesi de problemlere neden olabilir. Danimarka'da sağlıklı beslenmeyi ve kamu gelirlerini arttırmak amacıyla getirilen yağ vergisi şirketlerin idari maliyetlerini arttırdığı ve Danimarkalıların istihdamını riske attığı için kaldırılmıştır (Khazan, 2012). Ayrıca verginin güçlü savunucularının olmaması ve çok sayıda etkili muhalifi olması da verginin kaldırılmasında etkili olmuştur (Vallgård, vd., 2015). Sürdürülebilir tarım için yeni teknolojilerin geliştirilip yaygınlaştırılması, çiftçilerin sürdürülebilir uygulamalara geçmesi için desteklenmesi ve tüketicilerin sürdürülebilirlik ve gıda güvencesi ve güvenliği konusunda bilgilendirilmesi gibi yöntemler gelecekte gıda güvenliğinin sağlanması amacına daha çok yardımcı olacaktır.

Gelecekte alternatif proteinlerin tüketiminin artması için tüketicilerin bilinçlendirilmesi gerekmektedir. Tüketiciler, genellikle alternatif proteinlerin çevreye ve insan sağlığına etkisini bilmemektedir. Bu konular hakkında bilgilendirildiğinde tüketicilerin bu ürünleri kabul etmesi daha çok kolaylaşacaktır (Onwezen, vd., 2021). Bir diğer önemli bariyer ise alternatif proteinlerin fiyatıdır. Şuanki duruma bakıldığında alternatif proteinlerin fiyatının geleneksel proteinlere göre yüksek olduğu ve yapılan bir çalışmada tüketicilerin %20'sinin yüksek fiyattan dolayı alternatif protein tüketmediği belirtilmiştir (Ignaszewski, 2022). Fiyat farkının kapatılması alternatif protein satın alma isteğini arttıracaktır. Tüketicilerin yaklaşık %75'i geleneksel et ve et ürünleri ile aynı fiyatı veya

daha azını ödemeye istekli olduğu görülmektedir (Ignaszewski, 2022). Bu nedenle gelecekte alternatif proteinlerin üretim kapasitesinin artırılması, tüketicilerin bilinçlendirilmesi ve geleneksel et ve et ürünlerine tamamlayıcı olarak markette yer alması bu ürünlere olan talebin artmasını ve fiyatının azalmasını sağlarken, et ve et ürünlerine olan talebin azalmasını ve tüketilmesini azaltacaktır.

Alternatif proteinler, dünyanın sınırlı kaynaklarını geleneksel et ve et ürünlerine kıyasla daha sürdürülebilir şekilde kullanmaktadır. Arazi ve su ihtiyacının çok fazla olmaması ve ürettikleri sera gazı emisyonunun düşük olması alternatif proteinleri gelecekte sürdürülebilir gıda sistemi için tercih edilebilir gıda kaynağı yapmaktadır.

Bitkisel bazlı et ürünleri için en önemli öncelikler tat ve dokuyu geliştirmek, tüketicileri yeni ürünlerle tanıştırmak, inovasyon yapmak, mevcut ürünleri geliştirmek ve fiyatları düşürmek için çalışmaya devam etmek olmalıdır. Çevreye etkilerinin çok düşük olmasına rağmen tüketiciler için geleneksel et ve et ürünlerine kıyasla daha çok tercih edilebilir olması için tat ve görünüşünün geleneksel et ve et ürünlerine benzer olması gerekmektedir.

Bitkisel bazlı süt ve süt ürünlerinin tüketicilerin tercih etmesi için gerekli lezzet ve doku iyileştirmeleri önemlidir. Daha lezzetli ürünlerin geliştirilmesiyle bu ürünlerin kabul edilebilirliğinin artması ihtimali vardır. Ayrıca düşük besin değerinin zenginleştirilmesi gerekmektedir.

Yapay etler yavaş yavaş market raflarına gelmeye başlamaktadır. Şuan sadece Singapur, ABD ve İsrail tarafından kabul edilmektedir. Üretim maliyetinin azaltılması, tercih edilebilirliğinin artırılması, birçok ülkeler tarafından kabul edilebilir olması ve üretim kapasitesinin artırılması yapay etin yaygınlaşması için önemlidir.

Yenilebilir böceklerin Batı ülkelerinde ve Kuzey Amerika da böcek yemek (entomofaji) tiksinti duygusuyla birlikte olumsuz karşılanması probleminin çözülmesi gerekmektedir. Yenilebilir böceklerin besin değeri bakımından değerini ve çevre dostu olmasını bu bölgelerdeki tüketicilere anlatılması ve tüketiminin artması hedeflenmelidir.

Alternatif proteinlerin geleneksel et üretimine kıyasla çevreye etkisinin çok olumlu olmasına rağmen insan sağlığına etkisi tam olarak karar verilememektedir. Bitkisel bazlı etin B12 eksikliği ve yüksek oranda tuz içermesi sıkıntılı görülmektedir. Yapay et ve yenilebilir böcek proteini üretimlerinin düşük oranda üretilmesi nedeniyle gelecekte üretimlerinin arttırılmasının sonuçlarının ne olacağı tam olarak bilinmemektedir. Yapılan araştırmaların çoğu küçük ölçekli üretimlerden yapılmıştır. Tüm bu nedenlerden dolayı alternatif proteinlerin çevreye ve insan sağlığına etkisi üzerinde daha çok araştırılmanın yapılması şarttır. Hükümetlerin iklim ve gıda güvencesi çözümü olarak alternatif proteinlere öncelik vermesiyle ciddi oranda ilerleme gerçekleşmektedir. Bu durum alternatif protein sektörünün geleceği için iyiye işarettir.

KAYNAKLAR

- Aguilar-Toalá, J.E., Cruz-Monterrosa, R.G., Liceaga, A.M. 2022. Beyond Human Nutrition of Edible Insects: Health Benefits and Safety Aspects. *Insects*, 13(11), 1007. <https://doi.org/10.3390/insects13111007>
- Ahmad, A., Nagaraja, T. G., & Zurek, L. 2007. Transmission of Escherichia coli O157:H7 to cattle by house flies. *Preventive veterinary medicine*, 80(1), 74–81. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2007.01.006>
- Aidoo, O. F., Osei-Owusu, J., Asante, K., Dofuor, A. K., Boateng, B. O., Debrah, S. K., Ninsin, K. D., Siddiqui, S. A. & Chia, S. Y. 2023. Insects as food and medicine: a sustainable solution for global health and environmental challenges. *Frontiers in Nutrition*, 10. <https://doi: 10.3389/fnut.2023.1113219>
- Akhtar, Y., & Isman, M. B. 2018. 10 - Insects as an Alternative Protein Source. In R. Y. Yada (Ed.), *Proteins in Food Processing (Second Edition)*, 263–288. doi:10.1016/B978-0-08-100722-8.00011-5
- Alessandrini, R., Brown, M. K., Pombo-Rodrigues, S., Bhageerutty, S., He, F. J., & MacGregor, G. A. 2021. Nutritional Quality of Plant-Based Meat Products Available in the UK: A Cross-Sectional Survey. *Nutrients*, 13(12), 4225. <https://doi.org/10.3390/nu13124225>
- Anomaly, J., Browning, H., Fleischman, D., & Veit, W. 2023. Flesh Without Blood: The Public Health Benefits of Lab-Grown Meat. *Bioethical Inquiry*. <https://doi.org/10.1007/s11673-023-10254-7>
- Anonim 2013. Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği. 30 Haziran 2013 tarih ve 28693 sayılı T.C. Resmi Gazete.
- Anonim. 2023a. Kolesterol nedir? Kolesterol belirtileri nelerdir?. Memorial Web Adresi: <https://www.memorial.com.tr/hastaliklar/kolesterol-nedir-kolesterol-belirtileri-nelerdir#:~:text=Kanda%20kolesterol%20ve%20LDL%2Dkolesterol%20C3%BCn,ortaya%20C3%A7%20C4%B1kma%20olas%20C4%B1%20C4%B1%20daha%20fazlad%20C4%B1r.>, Erişim Tarihi: 11.11.2023
- Anonim. 2023b. Günlük protein ihtiyacı nedir? Günlük ne kadar protein alınmalı?. Memorial. Web Adresi: <https://www.memorial.com.tr/saglik-rehberi/gunluk-protein-ihtiyaci-nedir#:~:text=d%20C3%BCzensiz%20regl%20d%20C3%B6nemi-.Protein%20Fazlas%20C4%B1n%20C4%B1n%20Etkileri,al%20C4%B1nmas%20C4%B1n%20C4%B1n%20etkileri%20aras%20C4%B1nda%20yer%20al%20C4%B1r.>, Erişim Tarihi: 11.11.2023

- Anonymous. t.y.-a. Web Adresi: <https://www.statista.com/outlook/cmo/food/meat/worldwide>, Erişim Tarihi: 06.01.2024.
- Anonymous. t.y.-b. Web Adresi: <https://www.statista.com/outlook/cmo/food/dairy-products-eggs/worldwide>, Erişim Tarihi: 05.01.2024
- Anonymous. t.y.-c. Web Adresi: <https://www.statista.com/outlook/cmo/food/meat/meat-substitutes/worldwide?currency=USD>, Erişim Tarihi: 08.01.2024.
- Anonymous. 2016. Amount of water required per gram of protein production as of 2016, by protein source (in liter). In Statista. Web Adresi: <https://www.statista.com/statistics/883424/water-required-in-protein-production-by-source/>, Erişim Tarihi: 28.12.2023
- Anonymous. 2018a. Three ways livestock farming is becoming more sustainable. Health for Animals. Web Adresi: <https://www.healthforanimals.org/resources/newsletter/articles/three-ways-livestock-farming-is-becoming-more-sustainable/>, Erişim Tarihi: 25.11.2023
- Anonymous. 2018b. Farmland required per gram of protein in livestock vs. insect farming as of 2018, by species (in square meter). In Statista. Web Adresi: <https://www.statista.com/statistics/883386/land-required-per-gram-protein-by-species/>, Erişim Tarihi: 28.12.2023
- Anonymous. 2021a. Moving Towards Sustainability: The Livestock Sector and the World Bank. The World Bank. Web Adresi: <https://www.worldbank.org/en/topic/agriculture/brief/moving-towards-sustainability-the-livestock-sector-and-the-world-bank>, Erişim Tarihi: 25.10.2023
- Anonymous. 2021b. Value of the plant-based food market worldwide from 2020 to 2030 (in billion U.S. dollars). In Statista. Web Adresi: <https://www.statista.com/statistics/1280394/global-plant-based-food-market-value/>, Erişim Tarihi: 08.01.2024
- Anonymous. 2021c. Cultured Meat Market Size, Share & Trends Analysis Report By Source (Poultry, Beef, Seafood, Pork, Duck), By End-use (Nuggets, Burgers, Meatballs, Sausages, Hot Dogs), By Region, And Segment Forecasts, 2023 - 2030. Grand View Research: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/cultured-meat-market-report>
- Anonymous. 2022a. Projected distribution of the world's population from 2022 to 2100, by age group. In Statista. Web Adresi: <https://www.statista.com/statistics/672546/projected-world-population-distribution-by-age-group/>, Erişim Tarihi: 20.10.2023

- Anonymous. 2022b. Mean sea level variation worldwide from 1993 to 2022 (in millimeters). In Statista. Web Adresi: <https://www.statista.com/statistics/603821/global-cumulative-sea-level-rise/>, Erişim Tarihi: 10.10.2023
- Anonymous. 2022c. Global edible oil markets simmer after shock Indonesia ban. Reuters. Web Adresi: <https://www.reuters.com/business/energy/global-edible-oil-markets-simmer-after-shock-indonesia-ban-2022-04-22/>, Erişim Tarihi: 11.11.2023
- Anonymous. 2022d. Europe plant-based food retail market insights. Good Food Institute Europe. Web Adresi: <https://gfi-europe.org/market-insights-on-european-plant-based-sales-2020-2022/>, Erişim Tarihi: 11.01.2024
- Anonymous. 2022e. Awareness of plant-based food across India as of July 2021. In Statista. Web Adresi: <https://www.statista.com/statistics/1347169/india-perception-of-plant-based-food/>, Erişim Tarihi: 08.01.2024
- Anonymous. 2022f. Web Adresi: <https://www.factmr.com/report/edible-insects-market>, Erişim Tarihi: 20.01.2024
- Anonymous, 2023a. Per-capita consumption of milk substitutes worldwide from 2018 to 2028 (in kilograms). In Statista. Web Adresi: <https://www.statista.com/forecasts/1277915/milk-substitute-global-consumption-per-capita>, Erişim Tarihi: 07.11.2023.
- Anonymous. 2023b. 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. <https://doi.org/10.4060/cc3017en>
- Anonymous. 2023c. Annual greenhouse gas emissions worldwide from 1990 to 2021 (in billion metric tons of carbon dioxide equivalent). In Statista. Web Adresi: <https://www.statista.com/statistics/1285502/annual-global-greenhouse-gas-emissions/> Erişim Tarihi: 10.10.2023
- Anonymous, 2023d. Primary energy consumption worldwide from 2019 to 2022, by fuel type (in exajoules) [Graph]. In Statista. Web Adresi: <https://www.statista.com/statistics/265619/primary-energy-consumption-worldwide-by-fuel/>, Erişim Tarihi: 24.10.2023
- Anonymous. 2023e. OECD-FAO Agricultural Outlook 2023-2032. Paris, OECD/FAO. <https://doi.org/10.1787/08801ab7-en>
- Anonymous. 2023f. Share of plant-based food market in India as of 2022, by sector. In Statista. Web Adresi: <https://www.statista.com/statistics/1417013/india-share-of-plant-based-food-market/>, Erişim Tarihi: 08.01.2024

- Anonymous. 2023g. Indian Vegan Food Market Analysis. Coherent Market Insights. Web Adresi: <https://www.coherentmarketinsights.com/market-insight/indian-vegan-food-market-5428>. Erişim Tarihi: 10.01.2024.
- Anonymous. 2023h. China Plant-based Food and Beverages Market Size & Share Analysis - Growth Trends & Forecasts (2024 - 2029). Web Adresi: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/china-plant-based-food-and-beverages-market>, Erişim Tarihi: 10.01.2024.
- Anonymous. 2023i. Edible Insects Market by Product (Whole Insect, Insect Powder, Insect Meal, Insect Oil), Insect Type (Crickets, Black Soldier Fly, Mealworms), Application (Animal Feed, Protein Bar & Shakes, Bakery, Confectionery, Beverages), and Geography. Web Adresi: <https://www.meticulousresearch.com/product/edible-insects-market-5156#description>, Erişim Tarihi: 10.01.2024.
- Apparicio, S., & Sauer, N. 2020. Which countries have not ratified the Paris climate agreement? Climate Home News: <https://www.climatechangenews.com/2020/08/13/countries-yet-ratify-paris-agreement/>
- Artık, N., Şanlıer, N., & Sezgin, A. C. 2021. Gıda güvenliği ve gıda mevzuatı. Detay, Ankara.
- Astolfi, M. L., Marconi, E., Protano, C., & Canepari, S. 2020. Comparative elemental analysis of dairy milk and plant-based milk alternatives. *Food Control*, 116, 107327. doi:10.1016/j.foodcont.2020.107327
- Baş, A. & El, S. N. 2021. Geleceğin Protein Kaynağı: Yenilebilir Böcekler. *Türk Tarım - Gıda Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, 9(5), 887-896. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v9i5.887-896.4166>
- Baş, A., ve El, S. N. 2021. Sürdürülebilir Protein Kaynakları: Bitki, Böcek, Yapay Et ve Tek Hücre Proteinleri. 3. *Uluslararası Türk Dünyası Fen Bilimleri ve Mühendislik Kongresi*, 1-8. Niğde.
- Battaglia Richi, E., Baumer, B., Conrad, B., Darioli, R., Schmid, A., & Keller, U. 2015. Health Risks Associated with Meat Consumption: A Review of Epidemiological Studies. *International journal for vitamin and nutrition research. Internationale Zeitschrift für Vitamin- und Ernährungsforschung. Journal international de vitaminologie et de nutrition*, 85(1-2), 70–78. <https://doi.org/10.1024/0300-9831/a000224>
- Bomkamp, C., Carter, M., Cohen, M., Gertner, D., Ignaszewski, E., Murray, S., . . . Voss, S. 2023. *2022 State of the Industry Report Cultivated Meat and Seafood*. Good Food Institute.

- Bushnell, C., Specht, L., ve Almy, J. 2022. State of the Industry Report: Plant-based meat, seafood, eggs, and dairy. Good Food Institute.
- Carlile, C. 2023. Web Sitesi: <https://www.ethicalconsumer.org/food-drink/plant-based-milk-vs-dairy-climate-impacts>. Erişim Tarihi: 10.10.2023
- Candoğan, K., & Özdemir, G. 2021. Sürdürülebilir Et Üretimi İçin Yenilikçi Yaklaşımlar. *GIDA*, 408-427.
- Charnley, G., ve Doull, J. 2005. Human exposure to dioxins from food, 1999-2002. *Food and chemical toxicology : an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*, 43(5), 671–679. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2005.01.006>
- Chriki, S. ve Hocquette, J. F. 2020. The Myth of Cultured Meat: A Review. *Front. Nutr.* 7:7. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.00007>
- Clune, S., Crossin, E., ve Verghese, K. 2017. Systematic review of greenhouse gas emissions for different fresh food categories. *Journal of Cleaner Production*, 140, 766–783. doi:10.1016/j.jclepro.2016.04.082
- Collavo, A., Glew, R.H., Huang, Y.S. v.d. 2005. House cricket small-scale farming, in: M.G. Paoletti (Ed.), Ecological implications of minilivestock. CRC Press, New Hampshire, 519-544.
- Çakmak, Ö. ve ark. 2023. Yapay Et Üretiminde Teknolojik Gelişmeler Ve Endüstrisinin Geleceği, Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji Derneği Bülteni, 14 (1), 1-15. DOI: 10.38137/vftd.1231634
- Davis, J., Sonesson, U., Baumgartner, D. U., ve Nemecek, T. 2010. Environmental impact of four meals with different protein sources: Case studies in Spain and Sweden. *Food Research International*, 43(7), 1874–1884. doi:10.1016/j.foodres.2009.08.017
- Davy, C. 2004. Legislation with respect to dioxins in the workplace. *Environment International*, 30(2), 219–233. [https://doi.org/10.1016/S0160-4120\(03\)00171-5](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(03)00171-5)
- Day, L. 2013. Proteins from land plants- Potential resources for human nutrition and food security. *Food Science and Technology*, s. 25-42.
- De Paepe, E., Wauters, J., Van Der Borght, M., Claes, J., Huysman, S., Croubels, S., ve Vanhaecke, L. 2019. Ultra-high-performance liquid chromatography coupled to quadrupole orbitrap high-resolution mass spectrometry for multi-residue screening of pesticides, (veterinary) drugs and mycotoxins in edible insects. *Food Chemistry*, 293, 187–196. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.04.082>
- Dicke, M., Eilenberg, J., Salles, J. F., Jensen, A. B., Lecocq, A., Pijlman, G. P., ... van Oers, M. M. 2020. Edible insects unlikely to contribute to transmission of

coronavirus SARS-CoV-2. *Journal of Insects as Food and Feed*, 6(4), 333–339. doi:10.3920/JIFF2020.0039

Doğan, M. 2021. *Gıda Felsefesi*. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara

Doi, H., Gałęcki, R., ve Mulia, R. N. 2021. The merits of entomophagy in the post COVID-19 world. *Trends in food science & technology*, 110, 849–854. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.067>

Douglas, L. 2023. 'A new era': US regulator allows first sales of lab-grown meat. Reuters: <https://www.reuters.com/business/retail-consumer/upside-foods-good-meat-receive-final-usda-approval-sell-cultivated-meat-2023-06-21/>

Edge, M. S., & Garrett, J. L. 2020. The Nutrition Limitations of Mimicking Meat. *Cereal Foods World*.

FAO. 2008. *An Introduction to the Basic Concepts of Food Security*. the EC - FAO Food Security Programme.

Farsi, D. N., Uthumange, D., Munoz, J. M., ve Commane, D. M. 2021. The nutritional impact of replacing dietary meat with meat alternatives in the UK: a modelling analysis using nationally representative data. *British Journal of Nutrition*, s. 1731–1741.

Fraanje, W. & Garnett, T. 2020. Soy: food, feed, and land use change. (Foodsource: Building Blocks). Food Climate Research Network, University of Oxford.

Gahukar, R. T. 2016. Edible insects farming: efficiency and impact on family livelihood, food security, and environment compared with livestock and crops. In *Insects as Sustainable Food Ingredients*, ed. AT Dossey, JA Morales-Ramos, MG Rojas, 85–111. San Diego: Academic

Geburt, K., Albrecht, E. H., Pointke, M., Pawelzik, E., Gerken, M., ve Traulsen, I. 2022. A Comparative Analysis of Plant-Based Milk Alternatives Part 2: Environmental Impacts. *Sustainability*, 14(14), 8424. <https://doi.org/10.3390/su14148424>

Gelder, K. v. 2023. *Cultivated meat*. Statista: <https://www.statista.com/study/135365/cultivated-meat/>

de Gier, S., & Verhoeckx, K. 2018. Insect (food) allergy and allergens. *Molecular Immunology*, 100, 82–106. doi:10.1016/j.molimm.2018.03.015

Gorin, A. 2022. *Pros and Cons of Plant-Based Meat: What You Should Know*. Plant Based with Amy: <https://plantbasedwithamy.com/pros-cons-plant-based-meat/>

Gorissen, S.H.M., Crombag, J.J.R., Senden, J.M.G. v.d. 2018. Protein content and amino acid composition of commercially available plant-based protein isolates. *Amino Acid*, 50(12), 1685–1695. <https://doi.org/10.1007/s00726-018-2640-5>

- Greenfield, R., Akala, N., ve van der Bank, F. H. 2014. Heavy Metal Concentrations in Two Populations of Mopane Worms (*Imbrasia belina*) in the Kruger National Park Pose a Potential Human Health Risk. *Bulletin of Environöemtal Contamination and Toxicology*, 93(3), 316–321. <https://doi.org/10.1007/s00128-014-1324-4>
- Grossi, G., Goglio, P., Vitali, A., ve Williams, A. G. 2019. Livestock and climate change: impact of livestock on climate and mitigation strategies. *Animal Frontiers*, 69-76. <https://doi.org/10.1093/af/vfy034>
- Güneş Bayır, A., ve Kıyak, B. 2022. İklim Destekli Beslenmede Bitki Bazlı Diyetler ve Sağlık Üzerine Etkileri. *Akademik Et ve Süt Kurumu Dergisi(4)*, 35-54.
- Güneş, G. 2007. Dioksin ve Furan'ın Oluşum Mekanizmaları ve Giderilme Teknolojileri. Yüksek lisnas tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı. İstanbul.
- Haas, R., Schnepps, A., Pichler, A., ve Meixner, O. 2019. Cow Milk versus Plant-Based Milk Substitutes: A Comparison of Product Image and Motivational Structure of Consumption. *Sustainability*, 11(18). <https://doi:10.3390/su11185046>
- Harnack, L., Mork, S., Valluri, S., Weber, C., Schmitz, K., Stevenson, J., & Pettit, J. 2021. Nutrient Composition of a Selection of Plant-Based Ground Beef Alternative Products Available in the United States. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 2401-2408. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2021.05.002>
- Hawkey, K. J., Lopez-Viso, C., Brameld, J. M., Parr, T., & Salter, A. M. 2021. Insects: A Potential Source of Protein and Other Nutrients for Feed and Food. *Annual Review of Animal Biosciences*, 9(1), 333–354. <https://doi:10.1146/annurev-animal-021419-083930>
- He, J., Liu, H., Balamurugan, S., & Shao, S. 2021. Fatty acids and volatile flavor compounds in commercial plant-based burgers. *Journal of Food and Science*, 86(2), 293-305. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15594>
- Heller, M. C., & Keoleian, G. A. 2018. Beyond Meat's Beyond Burger Life Cycle Assessment: A detailed comparison between a plant-based and an animal-based protein source. CSS Report, University of Michigan: Ann Arbor 1-38.
- Hites, R. A., Foran, J. A., Schwager, S. J., Knuth, B. A., Hamilton, M. C., & Carpenter, D. O. 2004. Global assessment of polybrominated diphenyl ethers in farmed and wild salmon. *Environmental science & technology*, 38(19), 4945–4949. <https://doi.org/10.1021/es049548m>
- IARC 2015. Monographs evaluate consumption of red meat and processed meat. Lyon, France. International Agency for Research on Cancer. https://www.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/07/pr240_E.pdf

- Ierland, E. C., & Zhu, X. 2004. Protein Chains and Environmental Pressures: A Comparison of Pork and Novel Protein Foods. *Environmental Sciences*, 1(3). 254-276. <https://doi.org/10.1080/15693430412331291652>
- Ignaszewski, E. 2022. *When will the price be right?* Good Food Institute: <https://gfi.org/blog/when-will-the-price-be-right/>
- Illa, J., Yuguero, O. 2022. An Analysis of the Ethical, Economic, and Environmental Aspects of Entomophagy. *Cureus* 14(7): e26863. <https://doi:10.7759/cureus.26863>
- IPCC. 2023. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 1-34, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001
- Khazan, O. 2012. What the world can learn from Denmark's failed fat tax. The Washington Post: <https://www.washingtonpost.com/news/worldviews/wp/2012/11/11/what-the-world-can-learn-from-denmarks-failed-fat-tax/>
- Kılınc, G. S., Çelen, F. N., & Bağdatlıoğlu, N. 2022. Insects as a Source of Protein. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 10(3), 468–474. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v10i3.468-474.4608>
- Kirsch, M., Morales-Dalmau, J., Lavrentieva, A. 2023. Cultivated meat manufacturing: Technology, trends, and challenges. *Eng Life Sci.*, 23(12). <https://doi.org/10.1002/elsc.202300227>
- Kinney, M., Weston, Z., & Bauman, J. 2019. Plant-based meat manufacturing by extrusion. The Good Food Institute.
- Klunder, H. C., Wolkers-Rooijackers, J., Korpela, J. M., & Nout, M. J. R. 2012. Microbiological aspects of processing and storage of edible insects. *Food Control*, 26(2), 628–631. <https://doi:10.1016/j.foodcont.2012.02.013>
- Kraham, S. 2017. Environmental impacts of industrial livestock production. *International Farm Animal, Wildlife and Food Safety Law*, 3-41. https://doi.org/10.1007/978-3-319-18002-1_1
- Kyriakopoulou, K., Dekkers, B., & van der Goot, A. J. 2019. Chapter 6 - Plant-Based Meat Analogues. In C. M. Galanakis (Ed.), *Sustainable Meat Production and Processing*, 103–126. <https://doi:10.1016/B978-0-12-814874-7.00006-7>

- Lange, K. W., & Nakamura, Y. 2021. Edible insects as future food: chances and challenges. *Journal of Future Foods*, 1(1), 38–46. <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2021.10.001>
- Li, Y. 2020. Feeding the Future: Plant-Based Meat for Global Food Security and Environmental Sustainability. *Cereal Foods World*. <https://doi.org/10.1094/CFW-65-4-0042>
- Losey, J. E., & Vaughan, M. 2006. The Economic Value of Ecological Services Provided by Insects. *BioScience*, 56(4), 311–323. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2006\)56\[311:TEVOES\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2006)56[311:TEVOES]2.0.CO;2)
- Lucas, A., Menegon de Oliveira, L., da Rocha, M., Prentice, C. 2020. Edible insects: An alternative of nutritional, functional and bioactive compounds. *Food Chemistry*, 311, 126022. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126022>
- Lynch, J., and Pierrehumbert, R. 2019. Climate Impacts of Cultured Meat and Beef Cattle. *Front. Sustain. Food Syst.* 3. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2019.00005>
- Messenger, S. 2022. Climate change: Melting glaciers could release tonnes of bacteria. *BBC News*: <https://www.bbc.com/news/uk-wales-63655140>
- Morelle, R. 2014. 30,000-year-old giant virus 'comes back to life'. *BBC News*: <https://www.bbc.com/news/science-environment-26387276>
- Nakagaki, B. J., & de Foliart, G. R. 1991. Comparison of Diets for Mass-Rearing *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae) as a Novelty Food, and Comparison of Food Conversion Efficiency with Values Reported for Livestock. *Journal of Economic Entomology*, 84(3), 891–896. doi:10.1093/jee/84.3.891
- Nijdam, D., Rood, T., & Westhoek, H. 2012. The price of protein: Review of land use and carbon footprints from life cycle assessments of animal food products and their substitutes. *Food Policy*, 760-770.
- Nikkhah, A., Van Haute, S., Jovanovic, V. *et al.* 2021. Life cycle assessment of edible insects (*Protaetia brevitarsis seulensis* larvae) as a future protein and fat source. *Sci Rep*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-93284-8>
- Onwezen, M. C., Bouwman, E. P., Reinders, M. J., & Dagevos, H. 2021. A systematic review on consumer acceptance of alternative proteins: Pulses, algae, insects, plant-based meat alternatives, and cultured meat. *Appetite*, 159, 105058. doi:10.1016/j.appet.2020.105058
- Osman, A. I., Chen, L., Yang, M., Msigwa, G., Farghali, M., Fawzy, S., Rooney, D. W., & Yap, P. 2023. Cost, environmental impact, and resilience of renewable energy under a changing climate: a review. *Environ Chem Lett*, 21(2), 741–764. <https://doi.org/10.1007/s10311-022-01532-8>

- Ögel, Z. B. 2018. Gıda Bilimi ve Sürdürülebilir Yaşam. PapatyaBilim. İstanbul.
- Peters, G.M., Wiedemann, S.G., Rowley, H.V. v.d. 2010. Accounting for water use in Australian red meat production. *Int J Life Cycle Assess*, 15(3), 311–320. <https://doi.org/10.1007/s11367-010-0161-x>
- Pointke, M., Albrecht, E. H., Geburt, K., Gerken, M., Traulsen, I., ve Pawelzik, E. 2022. A Comparative Analysis of Plant-Based Milk Alternatives Part 1: Composition, Sensory, and Nutritional Value. *Sustainability*, 14(13), 7996. <https://doi.org/10.3390/su14137996>
- Poore, J., & Nemecek, T. 2018. Reducing food’s environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360(6392), 987–992. <https://doi.org/10.1126/science.aag0216>
- Poore, J. ve Nemecek, T. 2020. Land used to produce one kilogram of food product as of 2018, by type (in square meters per kilogram). In Statista. Web Adresi: <https://www.statista.com/statistics/1179708/land-use-per-kilogram-of-food-product/>, Erişim Tarihi: 23.10.2023
- Rahman, A., Farrok, O., Haque, M. M. 2022. Environmental impact of renewable energy source based electrical power plants: Solar, wind, hydroelectric, biomass, geothermal, tidal, ocean, and osmotic. *Renew Sustain Energy Rev* 161:112279. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112279>
- Ramos-Elorduy, J. 2006. Threatened edible insects in Hidalgo, Mexico and some measures to preserve them. *J Ethnobiology Ethnomedicine*, 2(1). <https://doi.org/10.1186/1746-4269-2-51>
- Ray, P. 2019. Renewable energy and sustainability. *Clean Techn Environ Policy*, 21(8), 1517–1533. <https://doi.org/10.1007/s10098-019-01739-4>
- Richter, A. 2023. *What is the difference between HDL and LDL cholesterol?* MedicalNewsToday: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/321484>
- Ritchie, H., ve Roser, M. 2017. Water Use and Stress. *Our World in Data*. Our World in Data: <https://ourworldindata.org/water-use-stress>
- Ritchie, H., Spooner, F., & Roser, M. 2018. Causes of death. *Our World in Data*.
- Ritchie, H. 2019. Food production is responsible for one-quarter of the world’s greenhouse gas emissions. *Our World in Data*.
- Ritchie, H., & Roser, M. 2019. Half of the world’s habitable land is used for agriculture. *Our World in Data*.
- Ritchie, H., Rosado, P., & Roser, M. 2019. Meat and Dairy Production. *Our World in Data*.

- Ritchie, H., ve Roser, M. 2023. How has world population growth changed over time?. *Our World in Data*.
- Rodríguez-Miranda, J., Alcántar-Vázquez, J. P., Zúñiga-Marroquín, T., Juárez-Barrientos, J. M. 2019. Insects as an alternative source of protein: A review of the potential use of grasshopper (*Sphenarium purpurascens* Ch.) as a food ingredient. *European Food Research and Technology*, 245(12), 2613–2620. <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03383-0>
- Roser, M. 2021. Causes of death globally: what do people die from? *Our World in Data*.
- Rumbos, C.I., Karapanagiotidis, I.T., Mente, E. v.d. 2020. Evaluation of various commodities for the development of the yellow mealworm, *Tenebrio molitor*. *Sci Rep* 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67363-1>
- Sachs, J. D. 2019. *Sürdürülebilir Kalkınma Çağı*. Yeditepe Üniversitesi Yayınevi. İstanbul.
- Saerens, W., Smetana, S., Campenhout, L. V., Lammers, V., & Heinz, V. 2021. Life cycle assessment of burger patties produced with extruded meat substitutes. *Journal of Cleaner Production*, 936-952.
- Saget, S., Costa, M., Santos, C. S., Vasconcelos, M. W., Gibbons, J., Styles, D., & Williams, M. 2021. Substitution of beef with pea protein reduces the environmental footprint of meat balls whilst supporting health and climate stabilisation goals. *Journal of Cleaner Production*, 1-13.
- Sandström, V., Valin, H., Krisztin, T., Havlík, P., Herrero, M., & Kastner, T. 2018. The role of trade in the greenhouse gas footprints of EU diets. *Global Food Security*, 19, 48–55. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2018.08.007>
- Santos, A. S. 2023. *Why livestock farming is vital to economy and society*. Ceva: <https://ruminants.ceva.pro/livestock-farming#:~:text=Key%20take%20aways-,The%20rising%20demand%20for%20food,of%20global%20food%20protein1.>
- Sethi, S., Tyagi, S. K., Anurag, R. K. 2016. Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: a review, *J Food Sci Technol*, (September 2016) 53(9):3408-3423. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2328-3>
- Silva, B. Q., & Smetana, S. 2022. Review on milk substitutes from an environmental and nutritional point of view. *Applied Food Research*, 2(1), 100105. doi:10.1016/j.afres.2022.100105
- Singh, B.K., Delgado-Baquerizo, M., Egidi, E. v.d. 2023. Climate change impacts on plant pathogens, food security and paths forward. *Nat Rev Microbiol*, 21(10), 640–656. <https://doi.org/10.1038/s41579-023-00900-7>

- Smetana, S., Profeta, A., Voigt, R., Kircher, C., & Heinz, V. 2021. Meat substitution in burgers: nutritional scoring, sensorial testing, and Life Cycle Assessment. *Future Foods*.
- Smil, V. 2002. Worldwide transformation of diets, burdens of meat production and opportunities for novel food proteins. *Enzyme and Microbial Technology*, 30(3), 305–311. doi:10.1016/S0141-0229(01)00504-X
- Sinha, R., Cross, A. J., Graubard, B. I., Leitzmann, M. F., & Schatzkin, A. 2009. Meat intake and mortality: a prospective study of over half a million people. *Archives of internal medicine*, 169(6), 562–571. <https://doi.org/10.1001/archinternmed.2009.6>
- Sousa, A. d., Warren, H., & Rekomaa, R. 2018. *Bugs Are Coming Soon to Your Dinner Table*. Bloomberg: <https://www.bloomberg.com/graphics/2018-insects-as-food/?embedded-checkout=true&leadSource=uverify%20wall>
- Swartz, E. 2021. *Anticipatory life cycle assessment and techno-economic assessment of commercial cultivated meat production*. The Good Food Institute.
- Taşçı, F. 2019. Et ve İşlenmiş Et Tüketiminin Halk Sağlığına Etkileri. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 3 (2): 231-245.
- Tirtom, S., & Akpınar, A. 2022. Bitki Bazlı Süt Alternatifleri ve Sürdürülebilirlik. N. Bağdatlıoğlu içinde, *Sürdürülebilir Gıda Sistemleri Üzerine Araştırmalar*, 325-337. Manisa: Sidas.
- Toribio Mateas, M.A., Bester, A., Klimenko, N. 2021. Impact of Plant-Based Meat Alternatives on the Gut Microbiota of Consumers: A Real-World Study. *Foods*, 10(9), 2040. <https://doi.org/10.3390/foods10092040>
- Turp, G. Y., Eliküçük, Y., & Küçükkurt, F. 2022. Yapay Et: Üretim Yöntemleri, Teknolojik ve Etik Kısıtlamalar, Sürdürülebilirliğe Katkısı. N. Bağdatlıoğlu içinde, *Sürdürülebilir Gıda Sistemleri Üzerine Araştırmalar*, 128-138. Manisa: SİDAS.
- Tuomisto, H. L., & Teixeira de Mattos, M. J. 2011. Environmental Impacts of Cultured Meat Production. *Environmental Science & Technology*, 45(14), 6117–6123. doi:10.1021/es200130u
- United Nations. 2015. *The 17 Sustainable Development Goals*. United Nations. <https://sdgs.un.org/goals>
- Uyurcan, M., Söbeli, C., Kayaardı, S., & Yıldız, D. 2022. Sürdürülebilirlik, Sağlık ve Beslenmede Yeni Bir Trend: Bitki Bazlı Et Alternatifleri. N. Bağdatlıoğlu içinde, *Sürdürülebilir Gıda Sistemleri Üzerine Araştırmalar*, 119-127. Manisa: SİDAS.

- Vallgård, S., Holm, L., & Jensen, J. D. 2015. The Danish tax on saturated fat: why it did not survive. *European Journal of Clinical Nutrition*, 69(2), 223–226. doi:10.1038/ejcn.2014.224
- van Huis, A., Oonincx, D.G.a.B. 2017. The environmental sustainability of insects as food and feed. A review. *Agron. Sustain. Dev.*, 37(5). <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0452-8>
- van Huis A, Van Itterbeeck J, Klunder H, Mertens E, Halloran A, v.d. 2013. *Edible Insects: Future Prospects for Food and Feed Security*. Rome: FAO
- Ye, T., & Mattila, A. S. 2022. The impact of environmental messages on consumer responses to plant-based meat: Does language style matter? *International Journal of Hospitality Management*, 107, 103298. doi:10.1016/j.ijhm.2022.103298
- Zhang, L., Hu, Y., Badar, I. H., Xia, X., Kong, B. & Chen, Q. 2021. Prospects of artificial meat: Opportunities and challenges around consumer acceptance. *Trends Food Sci Technol*, 116, 434- 444.
- Zhang, Z., Lu, X., Wang, Q. v.d. 2009. Mercury, Cadmium and Lead Biogeochemistry in the Soil–Plant–Insect System in Huludao City. *Bull Environ Contam Toxicol*, 83(2), 255–259. <https://doi.org/10.1007/s00128-009-9688-6>
- Zheng, Y., Li, Y., Satija, A., Pan, A., Sotos-Prieto, M., Rimm, E., ... Hu, F. B. 2019. Association of changes in red meat consumption with total and cause specific mortality among US women and men: two prospective cohort studies. *BMJ*, 365. doi:10.1136/bmj.l2110