



TÜRKİYE TEKNOLOJİ GELİŞTİRME VAKFI



ÖNCÜL PROJE PROGRAMI ALTERNATİF PROTEİN TEKNOLOJİLERİ

DERİN ANALİZ RAPORU **ÖZET**

Nisan 2024



TTGV
ÖNCÜL PROJE
PROGRAMI
#İklimÖncüsü





www.ttgiv.org.tr

MERKEZ

ANKARA

Cyberpark B Blok Kat: 5-6, Bilkent Ankara

Telefon: 0312 265 02 72

Faks: 0312 265 02 62

Dr. E. Serdar Gökpınar

Dr. Ayşe Sever Akdağ

Hazal Akbulut Bıyık

Dr. Güniz Gürel

Bu çalışma TTGV tarafından yaptırılmıştır. Çalışmanın tümü ya da bir bölümü TTGV'nin izni olmadan kopya edilemez ancak kaynak göstermek kaydı ile alıntı yapılabilir.

Bu kitapçık içerisinde yer alan tasarımlar, yazılar, logolar, grafikler de dahil olmak üzere, tüm yazılı ve görsel materyale ilişkin her türlü mali, manevi ve ticari haklar yahut bunları kullanma yetkisi TTGV'ye aittir. Sözü edilen içeriğin kişisel ve ticari olmayan kullanım dışında herhangi bir amaçla kullanılması, kopyalanması, işlenmesi, herhangi bir şekil veya yöntemle, tamamen veya kısmen, doğrudan veya dolaylı, geçici veya sürekli olarak çoğaltılması, kiralınması, ödünç verilmesi, satışa çıkarılması veya diğer yollarla dağıtılması kesinlikle yasaktır.

Bandrol Uygulamasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmeliğin 5 inci maddesinin ikinci fıkrası çerçevesinde bandrol taşıması zorunlu değildir.



1. Giriş

Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı (TTGV) 2023 yılı itibariyle odağını iklim teknolojilerine çevirmiş ve bu alanda gelecek yıllar içerisinde türünün ilk örneği olacak ve ölçeklenerek çoğaltılabilecek en az beş farklı iklim teknolojisi projesine yatırım yapmayı amaçlamaktadır. İlk adım olarak, ülkemiz için öncelikli görülen iklim teknolojileri belirlenmiş ve bu teknolojilere yatırım yapmak amacıyla bir Girişim Sermayesi Yatırım Fonu kurularak “Öncül Projeler Yatırım Programı” başlatılmıştır. Aynı zamanda, belirlenen iklim teknolojileri alanındaki erken aşama teknolojileri ve girişimleri desteklemek amacıyla 2024 yılı itibariyle “Öncül Proje Erken Aşama Girişim Geliştirme Programı” da hayata geçirilmiştir. TTGV, bu vizyon doğrultusunda belirlediği öncelikli iklim teknolojileri konularında Derin Analiz (Deep Dive) adını verdiği çalışmaları yürüterek, teknolojilerin güncel durumunu yurt içi ve yurt dışı paydaşlarla bir araya gelerek araştırmaktadır. Derin analiz çalışması yapılan ilgili teknolojinin araştırılmasının sonucu olarak, bir bilgilendirme raporu çıkarılmaktadır. Bu rapor, araştırılan teknolojiyle ilgili temel bilgileri ve paydaş yaklaşımlarını ortaya koyduktan sonra bir proje kurgusu çıkararak yatırım ve yapılabilirlik üzerine yapılan çalışmaları içermektedir. Ayrıca çalışma sırasında, erken aşama teknoloji potansiyeli taşıyan çalışmalar yapan araştırmacılar ve ürün/hizmet demosu yapabilecek girişimler/geliştiriciler belirlenerek, Öncül Proje Erken Aşama Girişim Geliştirme Programı’na katkı sunulmaktadır.

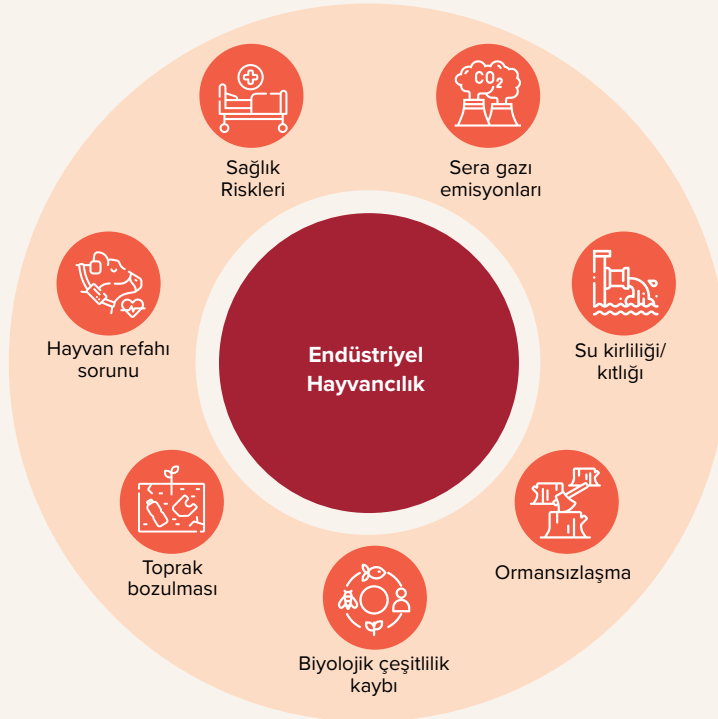
TTGV Öncül Projeler Yatırım Programı kapsamında IV. Derin Analiz konusu olarak “**Alternatif Protein Teknolojileri**” seçilmiştir. Küresel ölçekte çok çeşitli gelişmelerin yaşandığı bu konunun öncelikle anlaşılması, konu üzerinde mevcut durum analizi yapılması, ülkemiz için öneriler geliştirilmesi ve potansiyel proje senaryolarının oluşturulması için Kasım 2023-Mart 2024 döneminde, incelemeler yanında, yurt içinden ve yurt dışından 100’e

yakın sektör uzmanı ve kuruluş ile irtibata geçilerek, kapsamlı bir derin analiz çalışması yürütülmüştür. **Alternatif Protein Derin Analiz Çalışması**, insanın gıda ile girift bir ilişkisinin olması, alternatif proteinlerin bireylerin yaşamlarına olan doğrudan etkisi ve bu konunun sosyo-kültürel, sosyo-psikolojik, etik, toplumsal ve dini boyutlarının bulunması nedeniyle çok boyutlu ve şimdiye kadar yürütülen en kapsamlı derin analiz çalışması olmuştur. Bu sektörel derin analiz çalışması ile, mevcut gıda (özellikle de protein) sistemine değinilmiş ve bu kapsamda sorun tanımı, fırsatlar ve tehditler üzerine çalışılmıştır. Sonrasında, “alternatif protein” ve “yeni gıda” kavramları tartışılmış ve alternatif protein teknolojileri detaylı olarak analiz edilmiştir. Dünyada ve ülkemizdeki bu alandaki yatırımlar ve mevzuat incelenmiştir. Gelecekte sektörde yaşanacak eğilimlere, sektör trendlerine ve son gelişmelere değinilmiştir. Bütün bu bilgiler ışığında **alternatif protein konusu stratejik olarak değerlendirilmiş, Türkiye için önerilerde bulunulmuş ve potansiyel proje kurguları oluşturulmuştur.**

Aşağıda bu çalışmada elde edilen bulgular sonuçlara dair özet bulgu ve değerlendirmeler yer almaktadır:

1. Birleşmiş Milletler (United Nations [UN]) verilerine göre Dünya nüfusunun 2050’de 9,8 milyara ulaşacağı, takiben gıda ürünlerine yönelik küresel talebin %60 ile %70 oranlarında artacağı ve bu nedenle de gıda kaynaklı emisyonların yükseleceği tahmin edilmektedir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde gelir seviyelerinin yükselmesi ve destekleyici hükümet politikaları ile et, yumurta, süt ve süt ürünleri gibi hayvansal üretime olan talep artmaktadır [1-3].
2. Küresel sera gazı emisyonlarının %26’sının gıda ve beslenme değer zincirinden (bitkisel tarım, hayvansal tarım, tedarik zinciri), %14,5’inin ise doğrudan hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklandığı hesaplanmıştır. Küresel hayvancılıktan kaynaklanan bu sera gazı emisyonu miktarı, tüm ulaştırma sektörü kaynaklı emisyon miktarından daha yüksektir [4].
3. Küresel ısınma kapasitesi karbondioksit (CO₂) göre 21 kat fazla olarak tanımlanan metan (CH₄) emisyonlarının %40’ının tarım sektöründen ve özellikle ruminant hayvanların enterik fermentasyonundan ve hayvansal gübrelerin yönetiminden kaynaklandığı belirtilmektedir. [5].
4. Fosil yakıt emisyonları derhal ortadan kaldırılrsa bile, yalnızca küresel gıda sisteminden kaynaklanan emisyonların küresel ısınmayı 1,5°C ile sınırlandırmayı imkansız hale

- getireceği, hatta 2°C hedefine ulaşmayı bile zorlaştıracakı belirtilmektedir [6].
- Hayvancılık sektörü, dünya tarım arazilerinin %77'sini kullanırken, sektörden elde edilen proteinin toplam protein arzına oranı ise %37'dir. Toplam tarımsal su tüketiminin %40'ından fazlası yine hayvan yemi üretiminde kullanılmaktadır. Bu durum, yaygın su ve toprak kirliliğine, habitat kayıplarına ve biyolojik çeşitlilikte azalmaya da neden olmaktadır [7, 8].
 - Hayvancılıkta antibiyotiklerin aşırı kullanımının (küresel antibiyotik satışlarının %73'ü) önemli bir halk sağlığı riski oluşturduğu ve bazı hayvancılık yönetim uygulamalarının zoonotik hastalık riskini artırdığı düşünülmektedir. Ayrıca hayvancılık faaliyetlerinin mevcut biçiminin hayvan refahı üzerinde de olumsuz etkileri bulunmaktadır [9].
 - Bunlarla birlikte, hayvancılık faaliyetleri, önemli bir gelir ve geçim kaynağıdır. Hayvansal ürünler, beslenmenin çok önemli bir parçası olmalarının yanında, birçok toplum için sosyal ve kültürel bir önem de taşımaktadır.



Şekil 1. Endüstriyel Hayvancılığın Etkileri

8. Gıdaya yönelik artan talep ile birlikte, iklim değişikliği sebebiyle yaşanan değişimler ve aşırı hava olaylarının sıklığının ve şiddetinin artması, gıda sistemlerinin sürdürülebilirliğini ve gıda arz güvenliğini tehdit etmektedir.
9. Hayvancılık sektörünün karmaşık ve çok yönlü bu etkilerini dengelemek ve geleneksel gıda sistemlerinin, sürdürülebilir gıda sistemlerine adil dönüşümünü sağlamak önemli bir hal almıştır. Bu dönüşüm sürecinde, daha verimli ve sürdürülebilir tarım ve hayvancılık uygulamalarının (emisyonları azaltan yem katkılarının geliştirilmesi, tarım ve gıda lojistiğinin asgariye indirilmesi, gıda israf ve kayıplarını önleyen uygulamalar vb.) yanı sıra, protein açısından zengin, yeni insan gıdası ve hayvan yemlerinin üretimi için **“alternatif protein teknolojilerinin”** geliştirilmesi çalışmaları artmaktadır.
10. **Alternatif proteinler;** protein ekstraksiyonu ve izolasyonu ile bitkisel kaynaklardan elde edilen bitki temelli proteinler, laboratuvar ortamında hayvan hücreleri kullanılarak üretilen hücre bazlı proteinler (kültür eti), fermantasyon yöntemi ile mantar, mikroalg, bakteri, maya gibi mikroorganizmalar kullanılarak üretilen tek hücre proteinleri (mikrobiyal proteinler), hedefli fermantasyon ile elde edilen hedef proteinler ve diğer alternatif kaynaklardan (böcek, deniz anası, makroalgler vb.) üretilen proteinler olarak tanımlanmaktadır. (Bknz Şekil 2).
11. Yine de alternatif protein konusunda terminoloji ve kavramların tam olarak oturmadığı, hatta bazen kafa karışıklığına yol açtığı gözlemlenmiştir. Bu durumun temelinde, alternatif protein ifadesinin nispeten göreceli ve esnek bir tanımının bulunması ve bu tanımın coğrafi, kültürel ve toplumsal (hatta kişiye özel) olarak değişmesi yatmaktadır.
12. Alternatif protein teknolojilerinin, geleneksel hayvansal protein üretimine kıyasla tarım-su kullanımını, sera gazı emisyonlarını, buna bağlı olarak çevresel kirliliği azaltma potansiyeline sahip olduğu dile getirilmektedir. Örneğin, yoğun enerji gerektiren kültür eti üretimi gibi teknolojilerde bile, yenilenebilir enerji kullanıldığı takdirde çevresel etkilerde anlamlı bir düşüş olduğu hesaplanmaktadır. Yeni protein kaynakları için yaşam döngüsü analiz çalışmaları sürmektedir ve bu çalışmaların daha hassas çıktı sağlayacak biçimde geliştirilmesine ihtiyaç vardır.

Alternatif Protein Teknolojileri

Kaynak	 Kök hücre	 Bitki	 Bakteri  Mantar  Mikroalg  Maya	 Böcek  Deniz anası  Makro alg
Yöntem	 Kültür	 Geleneksel/ Öğütme  Protein ekstraksiyonu/ izolasyonu	 Fermantasyon	 Geleneksel/ Öğütme  Protein ekstraksiyonu/ izolasyonu
Çıktı	 Kültür eti	 Bitki bazlı protein	 Tek hücre proteini/ Hedef protein	 Alternatif kaynaklı protein

Şekil 2. Alternatif Proteinler ve Kaynakları

- Alternatif proteinlerin besinsel yeterliliklerinin ve insan sağlığına etkilerinin anlaşılması için, yapılan çalışmalarda proteinlerin öncelikle enerji kaynağı olmaktan çok, vücudun yapı taşı olduğu, bundan dolayı protein kalitesinin (ya da bir başka deyişle alternatif proteinlerdeki esansiyel aminoasit içerikleri ve biyoyararlılığının – DIASS / PDCAAS gibi skorlar) değerlendirilmesi ve çalışmaların da bu parametreler dikkate alınarak devam ettirilmesi gerekmektedir.
- Alternatif proteinlerin yaygınlaşması ve başarısını sağlamak için dikkate alınması gereken çok sayıda kıstas bulunmaktadır:

Tüketici Kabulü: Tüketici kabulü için alternatif protein ürünlerinin tat, koku, doku, renk gibi organoleptik özelliklerinin geleneksel et ile benzerlik göstermesi ayrıca besinsel değerlerinin de benzer olması beklenmektedir. Bunun yanında, bazı ürünlerin “fazla işlem görmüş olmaları” tüketici kabulünü zorlaştırmaktadır. Kültür eti ve böcek proteinlerinin ise kültür ve dini inançlara dayanan kabul görmeme nedenleri vardır.

Teknolojilerin Geliştirilmesi / Ölçeklendirilmesi: Bazı ürünlerin test edilerek pazara sürülmesine rağmen, pek çok teknoloji için geliştirme süreçleri devam etmektedir. Teknolojilerin laboratuvar / pilot ölçek için geliştirilmesinin ötesinde, büyük nüfuslar için ticari ölçeklendirme, süreç optimizasyonu vb. zorlu bir aşama olacaktır.

Üretim Maliyeti: Ham madde maliyetleri, işleme yöntemleri ve ölçeklenme gibi faktörlerden dolayı, alternatif protein ürünleri şu anda geleneksel gıda ürünlerinden daha pahalıdır.

Tedarik Zinciri Kısıtları: Özellikle bitki bazlı proteinlerin üretimi için sabit ve sürdürülebilir bir hammadde kaynağı sağlamak önemli bir zorluk olarak görülmektedir. Ayrıca iklim değişikliğine bağlı aşırı hava olaylarının artışı, bitkisel kaynak arzını etkileyecek en önemli faktörlerden biri olarak görülmektedir.

Altyapı: Bugün için laboratuvar/pilot ölçekte çalışmalar yapılan fermantasyon teknolojileri, kültür eti teknolojileri ve böcek yetiştiriciliği gibi alternatif protein üretimine yönelik tesislerin inşası için, önemli miktarda yatırım ve planlama gerekmektedir.

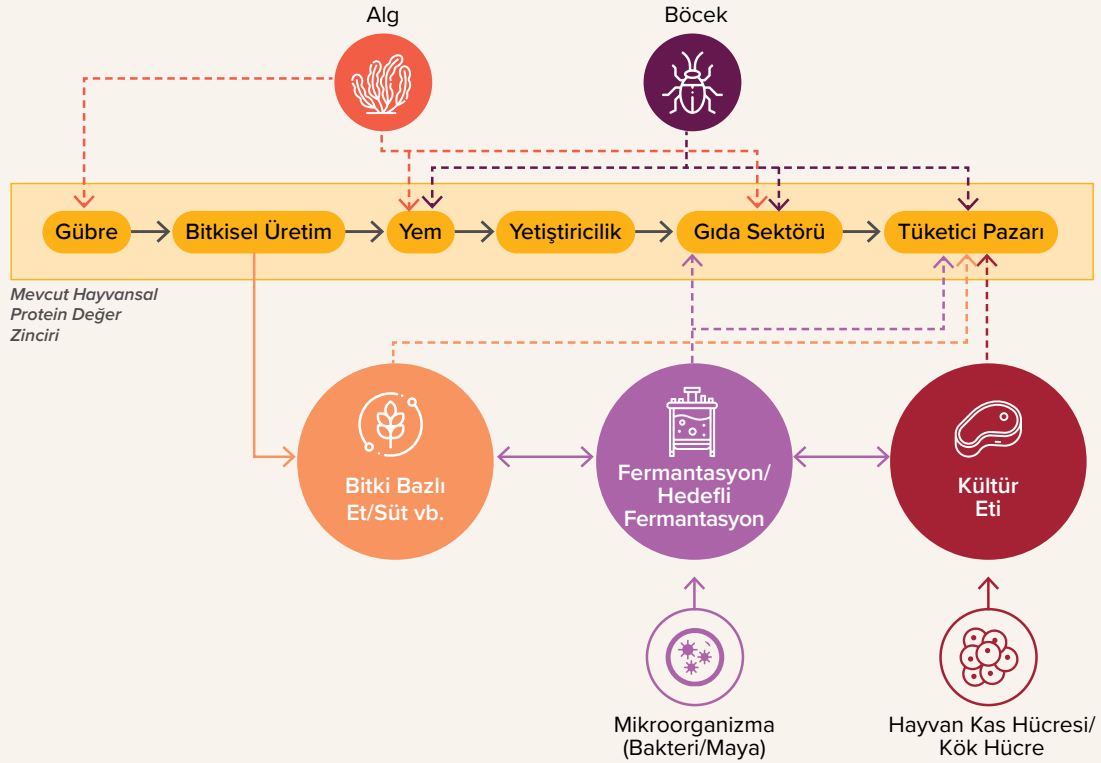
Mevzuat: Yeni protein kaynaklarının güvenlik değerlendirme süreçleri, toksisite testleri ve etiketlemeleri ile ilgili yasal çerçevelerin çizilmesi beklenmektedir.

15. Kısa ve orta vade için, biyoyararlılığı artırılmış bitkisel protein kaynakları (mevcut ve yeni kaynaklar) umut vaat etmektedir. Orta ve uzun vadede, yeni kaynakların (alg-yosun, böcek, mikoprotein vb.) pazara girebileceği, uzun vade için en güçlü alternatif protein seçeneklerinin biyoteknoloji alanından (Örneğin, hedefli fermantasyon ürünleri) çıkma olasılığının yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Yine uzun vadede, ancak ölçeklenebilirlik sorunlarının çözülmesi ve maliyetlerin düşürülebilmesi ile kültür etinin bir yerinin olabileceği öngörülmektedir.
16. Alternatif proteinlerin üretim süreçlerinde, gıda/tarım vb. sektörlerinde üretilen nitelikli atıkların ham madde olarak kullanılabilme potansiyeli, atık yönetimine katkı sunarak, döngüsel biyo-ekonomilerin gelişmesi için önemli bir fırsat yaratmaktadır.
17. Bugün için alternatif protein sektörü “teknolojinin itiş” (İng. technology push), şeklinde ilerlemektedir. Talep tarafı ya da tüketiciler, halihazırda herhangi bir gereklilik hissetmediği gibi, büyük oranda gelişmelerin farkında da değildir. Devletler, bazı yatırımcılar ve bazı ülkelerin teknoloji ekosistemindeki kısıtlı sayıda paydaş, teknolojinin gelecek için neler sunabileceğini “merakla” takip etmektedir. Pek çok seçeneğin henüz Ar-Ge aşamasında olduğu gözden kaçmamalıdır.

18. Alternatif proteinler konusunda çözümlerin tek tip olması beklenmemektedir. Her ülkenin, bölgenin, coğrafyanın ve kültürün farklılaşmış stratejisi ve yol haritası olacaktır.
19. Ülkemizde alternatif proteinlere dair kapsamlı tartışmalar henüz yeni başlamaktadır ve bu alana yönelik gerçekleştirilmiş pazar/tüketici araştırmaları henüz bulunmamaktadır.

2. Alternatif Proteinler: Yeni Kaynaklar ve Yeni Teknolojiler

Bahsedilen bu yeni kaynak ve teknolojilerin, mevcut hayvansal gıda değer zinciri çerçevesinde öngörülen potansiyel kullanım alanları Şekil 3'te verilmiştir:



Şekil 3. Alternatif Proteinlerin Mevcut Gıda Değer Zincirinde Potansiyel Kullanımı

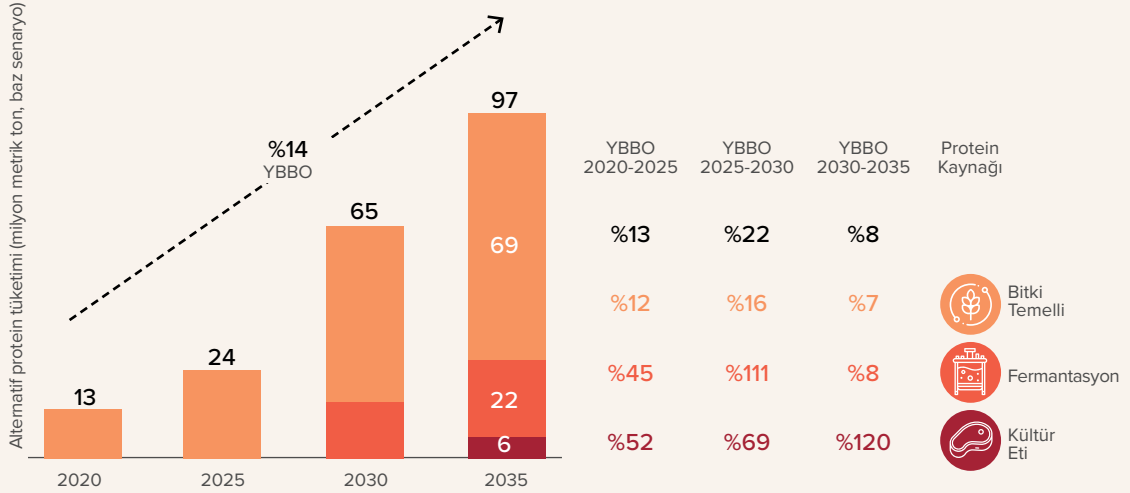
Mevcut hayvansal gıda değer zincirinde, tarımsal üretimin ilk adımı olarak gösterilen gübre, bitkisel üretim için temel bir girdidir. Bitkisel üretimden elde edilen çeşitli çıktılar, hayvan yemi olarak kullanılır. Hayvansal yetiştiricilikten elde edilen ürünler (et, süt ve yumurta), gıda sektörüne aktarılır ve paketlenerek/işlenerek/dağıtım yapılarak tüketici pazarına sunulur. (Burada, hayvansal gıda değer zinciri gösterildiği için net olarak gösterilmeyen bitkisel üretimden elde edilen baklagiller ve tahıllar gibi çeşitli ürünler de bitkisel protein kaynaklarıdır ve doğrudan insan tüketimi için gıda sektörüne girdi sağlarlar).

Renkli kesikli oklar, alternatif proteinlerin, mevcut gıda zincirine nasıl entegre edilebileceğine dair öngörülerini ve olasılıkları göstermektedir. “Gıda sektörü”ne giden oklar, alternatif protein üretim süreci sonucu elde edilen gıda bileşenlerini (protein konsantreleri/izolatları, böcek proteini tozu, spirulina/klorella tozu vb.) ifade ederken, “tüketici pazarı”na giden oklar tüketilmeye hazır gıda ürününü temsil eder. Bu görselde, çift taraflı oklar, alternatif protein ürünlerinin, birbirlerine girdi oluşturabileceğini göstermektedir:

- Alglerin, hem gübre olarak hem de doğrudan yem ve gıda bileşeni olarak kullanılabilme potansiyeli olduğu ifade edilmektedir.
- Böcekler, alternatif kaynak olarak, yem (kanatlı ve deniz ürünleri için) ve evcil hayvan maması bileşeni olarak kullanılma potansiyeline sahiptir. İnsan gıdası olarak böceklerin kullanılabilirliği tartışmalı bir durumdur. Tüketici tarafından kabul görme potansiyeli olan pazarlarda toz haline getirilerek gıda bileşeni olarak ya da bütün halde insan gıdası ürünü olarak kullanılabilecekleri değerlendirilmektedir.
- Bitki temelli proteinlerden elde edilebilen bitki bazlı et, süt ve süt ürünleri (benzeri ürünler) tüketici pazarına sunulabilirler.
- Fermantasyon/hedefli fermantasyon ile elde edilen proteinler (mikoprotein, peynir altı suyu proteini vb.), hayvansal kaynaklı olmayan gıda üretiminde gıda bileşenleri olarak kullanılabilirler (hayvansal kaynaklı olmayan süt üretiminde, et analogu olarak vb.). Geleneksel fermantasyon ile elde edilen tempeh gibi ürünler halihazırda tüketilmektedir. Fermantasyon temelli protein tozları da çeşitli tüketici pazarlarına sunulabilirler.
- Kültür eti üretimi sonucu elde edilen yapısız ürünler (kıyma, nugget vb.) ya da yapılı ürünler (biftek, filetolar) son tüketicilerin kullanımına sunulabilirler.

Buradaki sunulabilirlik ifadeleri teknik olasılığı kapsamaktadır. Bir gıda ürününün kabul görmesi çok farklı kıstaslar ile ilişkilidir. Her teknolojinin ya da kaynağın her yerde kabul görmesi beklenmemelidir.

Alternatif protein teknolojilerinde, her ürün kategorisinin sahip olacağı pazar payı tahminleri önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Örneğin bir çalışma, bitki temelli etin ve kültür etin sırasıyla 2040 yılına kadar, toplam et pazarının %35'ine ve %25'ine sahip olacağını öngörmektedir [10]. Diğer bir tahmin ise 2035 yılına kadar, yeni alternatif et kategorilerinin toplam et pazarının sırasıyla %16'sını (bitki bazlı), %5'ini (fermantasyon yoluyla elde edilen) ve %1'ini (kültür eti) oluşturacağını, toplamda ise %22 paya sahip olacağını öne sürmektedir [11]. World Economic Forum'un derlediği verilere göre ise, 2035 yılında alternatif protein pazarı, mevcut büyüklüğünün yedi katını aşarak, yıllık 13 milyon metrik tondan 97 milyon metrik tona ulaşması ve genel protein pazarında %11'lik bir paya sahip olması öngörülmektedir (düzenleyici destek ve teknolojik gelişmelerle bu pay %22'ye ulaşabilir). Alternatif proteinlerden kilogram başına ortalama 3 dolar gelir elde edileceği hesaplandığında, bu durumun yaklaşık 290 milyar dolarlık bir pazar büyüklüğüne işaret edeceği ifade edilmiştir. Şekil 4'te, her bir protein kaynağı için (bitki temelli, fermentasyon temelli, kültür eti), 2020'den 2035'e kadar olan dönemdeki tüketim miktarları (milyon metrik ton) ve bu dönemler arasındaki yıllık bileşik büyüme oranları (YBBO) gösterilmiştir. Alternatif protein tüketiminin üç dalga halinde büyüyeceği tahmin edilmektedir. Fermentasyon temelli ürünler için büyümenin en hızlı yaşanacağı dönemin 2025-2030 yılları arasında, kültür eti için ise 2030-2035 yılları arasında olacağı öngörülmüştür. Bitki temelli ürün tüketimi ise stabil bir şekilde büyümektedir [12]. Bu verilerin öngörü olduğu göz ardı edilmemelidir.



Şekil 4. Alternatif Protein Tüketimi ve Yıllık Bileşik Büyüme Oranları Tahmini [12]

Böcek proteinleri de gelişen bir sektör olup, 2021 yılında 543,67 milyon ABD Doları değerinde olan pazarın %24,7'lik bir bileşik büyüme oranıyla 2029 yılına kadar 1.395,54 milyon ABD Doları değerine ulaşması beklenmektedir [13].

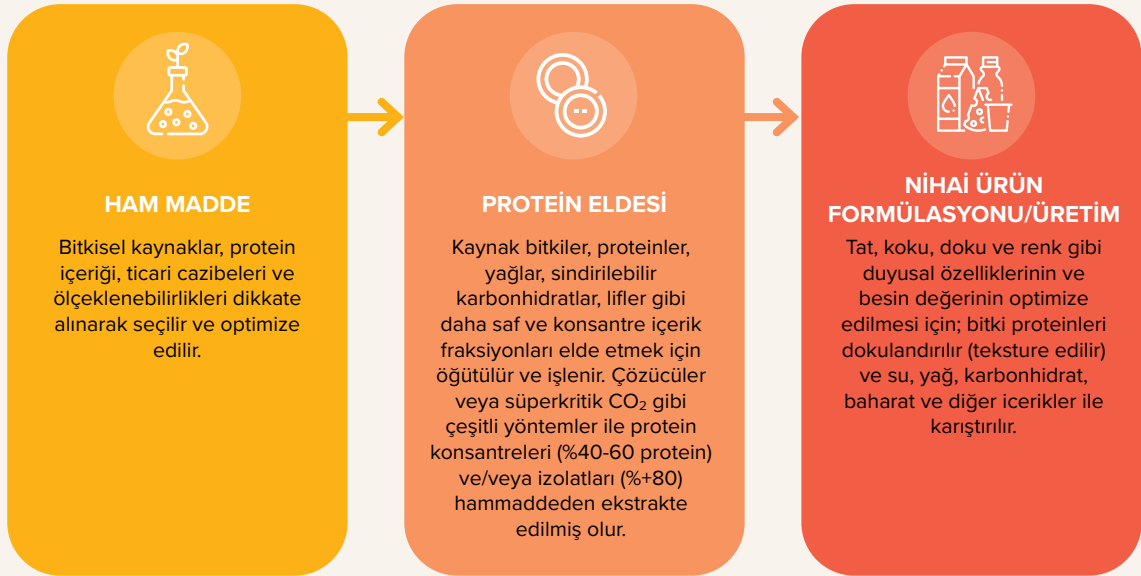
2.1 Bitki Temelli Protein Teknolojileri

Alternatif protein sektöründe, bitki temelli “et” ve “balık eti” ürünlerinin yanında bitki bazlı “süt”, “yoğurt”, “peynir” ve “yumurta” gibi hayvansal kaynaklı ürünlerin alternatifleri de geliştirilmektedir. Bitki temelli bu alternatif ürünlerin, ürün formülasyonları ve üretim prosesleri birbirinden farklı olsa da, bitkisel kaynaklardan ekstrakte edilen proteinler her biri için temel bileşendir.

Bitki temelli ürün geliştirme süreci, mahsül geliştirme adımı ile başlar, bitkisel ham maddenin işlenmesi ve protein eldesi ile devam eder, nihai ürün formülasyonu, işleme ve üretim adımı ile son bulur. Şekil 5'te bitki temelli etin elde etme süreci ana hatlarıyla anlatılmıştır.

Bitki temelli ürünlerde en çok kullanılan bitkisel kaynak soyadır. Soyayı sırası ile buğday, bezelye ve karabuğday izlemektedir. Önemli büyüme potansiyeline sahip çeşitli bitkisel protein kaynakları da mevcuttur (ayçiçeği, nohut, yulaf, maş fasülyesi, kaju fıstığı, chia

tohumu, susam, meyve çekirdekleri vb.). Bu protein kaynaklarının buğday ve soya ile etkin bir şekilde rekabet edebilmesinin anahtar faktörlerinden biri, ne derece başarılı bir şekilde tekstüre edilebildikleridir. Bu kaynaklar için hacim artışı ve maliyet azaltımı için, ölçeklendirme ve ticari gelişme gereklidir [14].



Şekil 5. Bitki Temelli Ürün Elde Etme Süreci [15]

Bitki temelli protein ürünlerinin üretimi yüzyıllar öncesine dayanmaktadır; tofu, tempeh ve seitan gibi klasik ürünler, yüksek protein içerikleri ile hayvansal kaynaklı proteinlere alternatif olarak tüketilmektedir. 1960-1970’lerde piyasaya sürülen ilk bitkisel burgerler de vejetaryen tüketiciler düşünülerek tasarlanmıştı ve geleneksel etin duyuşal profilini taklit etme amacı taşımamaktaydı [16]. Fakat, günümüzdeki yeni nesil bitki bazlı et ürünleri, yeni teknolojik yaklaşımlar kullanılarak, geleneksel etin sunduğu tat, koku, doku ve renk gibi organoleptik özellikleri en ince ayrıntısına kadar taklit etmeye ve et deneyimini daha gerçekçi bir şekilde sunmaya yönelik olarak geliştirilmeye çalışılmaktadır [17]. Günümüzde bitki bazlı et seçenekleri, vejetaryen/vegan grubun yanı sıra, hızla büyüyen “fleksitaryen” tüketici segmentine hitap etmeyi amaçlamaktadır. Bitkisel ürünleri, hayvansal ürünlere

“benzetme” çabası beraberinde bazı sorunları getirmektedir. Bitkisel ürünlere eklenen aromatik tat artırıcılar, diğer sentetik katkılar ve doku kazandırmak için uygulanan işlemler, bu ürünleri yoğun “işlenmiş ve katkılı ürün” kategorisine sokmakta ve yüksek sodyum oranı ile sağlıkla ilgili endişeler oluşturmaktadır.

Bitki temelli alternatif proteinler ile elde edilen gıda ürünlerinin kabaca protein miktarları bilinmekte fakat bu gıdaların içerdiği amino asit çeşitleri, miktarı ve amino asit ihtiyacını karşılama oranları bilinmemektedir/ tespit edilmemektedir. Bitki temelli proteinlerin, çeşitli esansiyel amino asitler açısından bazı eksiklik gösterdikleri (Örneğin, soya fasulyesi metiyonin ve sistein gibi amino asitler bakımından fakirdir) ve biyoyararlılığının da hayvansal proteinlere göre daha düşük olduğu bilinmektedir. Bu noktada, çeşitli teknik ve teknolojiler ile bitkisel kaynakların biyoyararlılığı artırılmakta ve iki veya daha fazla farklı bitkisel proteinin kombinasyonu (paçallama) ile protein kalitesi (DIAAS¹ / PDCAAS² skorları) artırılarak, elde edilen bitki bazlı ürünlerin besin değeri iyileştirilebilmektedir. Bitkisel kaynaklar; alkaloid gibi kötü/acı tada sebebiyet veren bileşenleri; proteinlerin sindirimini ve bazı minerallerin & mikro besinlerin emilimini zorlaştırabilen, tripsin inhibitörleri, fitik asit, lektin gibi bazı antinutrisyonel faktörleri içerebilmektedir. Bu durum, doğru işleme ve pişirilme teknikleri ile minimize edilebilmektedir [18].

Bitkisel protein eldesinde en önemli parametrelerden biri de “verimdir”. Bitkisel kaynağın ne kadar üretilebileceği, ne kadar proteinin ekstrakte edilebileceği (ölçeklenme), proses (işleme) maliyetlerinin ne kadar olacağı gibi sorular, bitkisel protein üretiminde düşünülen en önemli kriterlerdir. Küresel ölçekte büyük nüfusları beslemek için gerekli olan üretim kapasitesinin genişletilmesi, önemli bir zorluk teşkil etmektedir. Örneğin, soya fasulyesi ve bezelye günümüzün ana bitkisel protein kaynaklarıdır, ancak her ikisinin de — insan gıdalarında kullanılmak üzere — üretim miktarları yetersiz kalmaktadır. Özellikle soya fasulyesi, şu an için çoğunlukla hayvan yemi bileşeni olarak kullanılmaktadır. Bitkisel kaynakları, daha iyi tat ve daha yüksek protein içeriğine sahip olacak şekilde yetiştirmek, hem ürün kalitesini hem de ölçeklenebilirliği artırabilecektir. Ayrıca, proteinlerin bitkisel kaynağından ekstrakte edildikten sonra oluşan yan ürün fazlalığının (nişasta, karbonhidrat, lif) değerlendirme alanlarının bulunması gerekmektedir [18, 19].

Bitki temelli proteinler, günümüz alternatif proteinleri arasında ölçek, bulunabilirlik ve kabul edilebilirlik açısından en gelişmiş olanıdır. Ancak üretim maliyetleri, geleneksel

1. Sindirilebilir Esansiyel Amino Asit Skoru

2. Protein Sindirilebilirliği Düzeltilmiş Amino Asit Skoru

hayvansal proteinlere kıyasla hala yaklaşık iki kat daha yüksektir. Bitkisel proteinlerin, ürün yelpazesini çeşitlendirmek, ürün içeriklerini iyileştirmek ve fiyat etiketini düşürmek için yoğun inovasyon ihtiyacı vardır [19].

Bitki temelli ürünlerin çevresel etkilerinin, geleneksel hayvansal ürünler ile karşılaştırıldığı çalışmalara göre, bitki temelli et üretimlerinin sığır etine kıyasla, %30-50 daha az enerji tükettiği, %86-97 daha az arazi kullanımı gerektirdiği ve %67-89 daha az sera gazı emisyon değerine sahip olduğu gösterilmiştir [20, 21]. Fakat bu değerler, üretim sürecinde kullanılan enerjinin kaynağı, üretim sürecinin kendisi ve karşılaştırma yapılan geleneksel etin türü vb. gibi parametrelere göre değişebilmektedir. Ayrıca, su kullanımı karşılaştırmaları için daha fazla veriye ihtiyaç bulunmaktadır [9, 22].

2.2 Fermantasyon Temelli Protein Teknolojileri

Mikroorganizmaları (bakteri, maya, filamentli mantar, mikroalg) kullanma şekilleri ve nihai ürün farklılıkları gibi çeşitli sebepler ile fermantasyon teknolojileri; *geleneksel fermantasyon*, *biyokütle fermantasyonu* (İng. *Biomass fermentation*) ve hedefli fermantasyon (İng. *Precision fermentation*) olarak 3'e ayrılmaktadır. Geleneksel fermantasyon hemen hemen bilinen insanlık tarihi kadar eski olmakla birlikte, geniş mikroorganizma çeşitliliği ve sentetik biyolojideki önemli ilerlemeler sayesinde, özellikle “biyokütle fermantasyonu” ve “hedefli fermantasyon” teknolojileri hayvansal ürünlere alternatif ya da tamamlayıcı ürün geliştirmek adına büyük bir potansiyel taşımakta ve son yıllarda alternatif protein sektöründe oldukça ilgi çekmektedir [23].

Biyokütle fermantasyonu ile, saf mikrobiyal kültürlerden izole mikroorganizmalar, çeşitli karbon kaynakları üzerinde yetiştirilir, sonunda ölü ve kurutulmuş, protein açısından zengin hücre biyokütlesi elde edilir. Elde edilen bu biyokütle, ‘mikrobiyal protein’ veya ‘tek hücre proteini’ (THP) olarak adlandırılır. Hedefli fermantasyon sürecinde ise, süt proteinleri, yumurta proteinleri, kollajen proteinler, heme proteinleri, enzimler, doğal pigmentler gibi hedef fonksiyonel bileşenlerin üretimi için özel olarak tasarlanmış mikrobiyal konakçılar kullanılır [24].

Şekil 6 ve Şekil 7’de biyokütle fermantasyonu ve hedefli fermantasyon yolu ile alternatif protein üretim süreçleri ana hatlarıyla ve basitçe gösterilmiştir:



Şekil 6. Biyokütle Fermantasyon Süreci [25]



Şekil 7. Hedefli Fermantasyon Süreci [25]

Fermantasyon temelli proteinlerin daha verimli bir şekilde (daha az girdi ile daha az zamanda daha fazla protein) üretimi için mikroorganizmaların metabolik dizaynı, ham madde dizaynı ve biyoprosesin iyileştirilmesi gibi konularda çalışmalar hızla devam etse de, bu proteinlerin üretimlerinin önündeki en büyük engel “ölçeklenme” olarak ifade edilmektedir. Özellikle hedefli fermantasyon tarafında, şirketlerin teknolojilerini olgunlaştırmaları ve üretimlerini karlı bir şekilde büyütebilmeleri için daha fazla zamana ihtiyaç duydukları gözlemlenmektedir.

Fermantasyon süreçlerinde alternatif ve düşük maliyetli ham maddelerin /substratların (gıda atıkları, tarım atıkları, evsel/endüstriyel atıklar vb.) kullanılabilme potansiyeli, hem üretim maliyetini düşürmesi hem de atık yönetimine katkı sağlaması açısından ilgi çekmektedir. Ne var ki, biyokütle fermantasyonu ile elde edilen tek hücre proteinlerinin (mikrobiyal proteinler) yüksek nükleik asit içeriği ve diğer toksisite sorunları sebebi ile potansiyel güvenlik sorunları mevcuttur.

Endüstriyel teknolojiadaki gelişmeler ile santrifügasyon, filtrasyon ve kurutma gibi aşağı akış proseslerinin geliştirilmesinin sıvı-katı ayrımı maliyetini düşürebileceği ve bu durumun ürün kalitesi ve ölçeklenebilirlik üzerinde önemli bir etkiye sahip olabileceği düşünülmektedir [19].

Fermantasyon temelli proteinlerin, geleneksel olarak üretilen proteinlere göre daha düşük arazi kullanımı ve su ayak izine sahip oldukları gösterilmiştir. Sera gazı emisyonlarında sağladıkları potansiyel azalma ise büyük ölçüde, üretimlerinde kullanılan enerji kaynağına bağlı olduğu, önemli kazanımların düşük karbonlu enerji kullanımından elde edildiği belirtilmiştir [26, 27].

2.3 Kültür Eti

Kültür Eti biyopsi yoluyla doğrudan hayvanların kas dokusundan alınan kök hücrelerin laboratuvar ortamında hayvansal (fetal bovin serum [FBS]) veya bitkisel büyüme ortamı temin edilerek, sıcaklık ve nem kontrollü bir biyoreaktör içerisinde geliştirilerek ve farklılaştırılarak önce olgun kas hücrelerine, devamında ise daha büyük kas dokularına dönüştürülerek elde edilen nihai ürüne verilen addır (Şekil 8) [28-30].



Şekil 8. Kültür Eti Üretim Akışı [31]]

Kültür eti üretim teknikleri “Hücre Kültürü/Yapı İskelesi” temelli ve “Kendi kendini organize eden/Doku Kültürü” temelli olmak üzere iki ana başlıkta anlatılmaktadır. Daha erken aşamada olan üretim teknikleri ise 3 boyutlu (3B) basım, biyofotonik ve nanoteknoloji olarak sıralanmaktadır. In vitro üretim sonucunda kültür etinin geleneksel et ile birebir duyu ve besleyici özellikleri içeriğinde barındırıyor olması önem arz etmektedir. Kültür eti teknolojileri ile, kırmızı etin yanı sıra tavuk, domuz, balık eti ya da diğer deniz mahsullerini üretilebilmek üzere çalışmalar da yürütülmektedir [32-34].

Kültür eti üretimi oldukça maliyetli bir süreç olup, dünyadaki ilk kültür eti hamburgeri 2013 yılında, 330,000 ABD dolarına mal olmuştur. Kültür eti üretim maliyetinin 2025’de kg başına 500 ABD dolarına kadar düşmesi beklenmektedir. Maliyetlerin büyük bir bölümünü besin yeri ortamı oluşturmaktadır. Büyüme ortamının maliyetinin %80’i büyüme faktörleri, onun da %80’i albumin proteini kaynaklıdır. Halihazırda kullanılan bileşenler genelde “Research grade” (laboratuvarda kullanıma uygun yüksek saflıkta-yüksek maliyetli) olup, “Food grade” (ekstraktlar, doğal ürünler, gıda bileşenleri) olduğu takdirde maliyetin düşeceği tahmin edilmektedir. Tamamen bitkisel kaynaklar içeren büyüme ortamlarının geliştirilmesi çalışmaları devam etmektedir. Ayrıca, ihtiyaç duydukları büyüme ortamları farklı olduğu için, kültür etini oluşturan kas doku ve yağ doku gibi farklı doku çeşitleri, şu an için birlikte (co-culture) üretilememektedir.

Kültür eti araştırma-geliştirme çalışmaları devam eden erken aşama bir teknoloji olarak karşımıza çıkmaktadır. Kültür eti ile ilgili regülasyonlar ve ülkelerin uygulayacağı mevzuatlar değişiklik göstermekle birlikte, Türkiye’de büyük ölçekte üretimi ve tüketimi ile ilgili bir

gelişme bulunmamaktadır. Ayrıca, toplumların dini veya sosyokültürel nedenlerle kültür etine karşı yaklaşımlarının nasıl olacağı ve kültür etinin sağlığı ne şekilde etkileyeceği tam bilinmemektedir.

Kültür etinin, geleneksel sığır eti ile kıyaslandığında sera gazı emisyonunu, tarım alanı kullanımını, hava kirliliğini ve deniz ötrofikasyonunu azaltma potansiyeli olduğu değerlendirilmektedir. Kültür eti üretiminde kullanılan enerji miktarı ise geleneksel et üretimine kıyasla benzer veya daha yüksek değerlere sahip olarak nitelendirilmiştir [31, 35].

2.4 Alternatif Kaynaklardan Protein Eldesi

Böcek Proteini

Günümüzde halihazırda 2 milyara yakın nüfusun tükettiği böcek proteinleri, çevresel etkilerinin daha az olması ve gıda ürünü, yem, kozmetik sektörü gibi farklı alanlarda kullanılabilme potansiyelleri nedeni ile dikkat çekmektedir [13, 36].

Böcek yağı ve yağlı/yağsız böcek proteini tozlarının elde edilebildiği böcek proteinin üretim süreci Şekil 9'da gösterilmektedir.



Şekil 9. Böcek Proteinini Üretim Akışı [37-39]

Yapılan çalışmalarda, böcek üretiminin büyükbaş hayvancılığa oranla daha az sera gazı ve amonyak salımına sahip olduğu gösterilmiştir. Böcek üretiminde, çok daha az su ve yem girdisine; ayrıca daha az karasal alana ihtiyaç duyulmaktadır [40, 41]. Böcekler, gıda atıkları gibi besin değeri yüksek atıkları proteine dönüştürebilmektedir. Bu sebepler ile; böcek proteinlerinin, sürdürülebilir gıda sistemlerine geçişte çözümlerden biri haline geleceği düşünülmektedir.

Tüm bu avantajlarına rağmen, böceklerin insan gıdası olarak kullanımının yaygınlaşmasının önünde kültürel kabul zorluğu gibi hususlar bulunmaktadır. Çeşitli ürün pazar testleri olmakla birlikte, böcek proteinleri, daha yaygın ve baskın olacağı düşünülen Asya pazarında dahi öne çıkan teknolojiler arasında henüz yer almamaktadır. Böcek proteinlerinin insan gıdası olmaktan daha çok, kanatlı ve deniz ürünleri yetiştiriciliğinde yem ve evcil hayvan maması bileşeni olarak kaliteli bir protein kaynağı olabileceği değerlendirilmektedir.

Mevcut durumda, küreselde böceklerin insan beslenmesinde ve hayvan yemi olarak kullanımında mevzuatsal düzenlemeler ve gelişmeler devam etmektedir. Avrupa’da belirli böcek tiplerinin insanlar tarafından tüketilmesi onaylanmıştır. Böceklerden üretilen yemlerin/ mamaların kanatlı, evcil hayvan ve deniz ürünleri yetiştiriciliğinde kullanımı da onaylanmıştır.

Alg Proteinini

Algler genel olarak boyutlarına göre makroalgler (ökaryotik) ve mikroalgler (ökaryotik veya prokaryotik) olarak sınıflandırılmaktadır. Mikroalg ve makroalgler boyutlarının yanı sıra, yapısal olarak da farklılık göstermektedirler; makroalgler daha yüksek şeker içeriğine, mikroalgler ise daha yüksek protein içeriğine sahiptirler [42].

Mikroalgler, karbondioksit veya amonyum gibi mikro molekülleri proteinler gibi değerli makromoleküllere dönüştürebilir. Mikroalgler, yüksek büyüme hızı ve fotosentetik verimlilik göstermekte, bu durum protein (kuru ağırlığın %60-70’i) ve lipit içeriklerinin yüksek olmasını sağlamaktadır. Birçok mikroalg türü, Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (İng. FDA) tarafından Genel Olarak Güvenli Kabul Edilen (İng. GRAS) sınıflandırmasına dahil edilmelerine rağmen, toksisite oluşturma potansiyelleri ve yüksek nükleik asit içerikleri (%6’ya kadar) nedeniyle gıda ve yem olarak kullanımı dikkat gerektirmektedir [42, 43]. Mikroalg proteinleri, bu raporda “fermantasyon temelli protein eldesi” başlığı altında incelenmiştir.

Deniz yosunları olarak da bilinen makroalgler, çok hücreli, hızlı-büyüyen, büyük boyutlu, çıplak gözle görülebilen bitki-benzeri protistaların farklı bir grubudur. Deniz yosunları, deniz ekosistemleri ve CO₂'nin yakalaması için hayati önem taşıırken, aynı zamanda biyoyakıt üretimi, ilaç endüstrisi, hayvan ve insan beslenmesinde giderek daha önemli bir rol oynamaktadır. Algler, balıkların sağlıklı gelişimi için yararlı olan protein ve bioaktif bileşikler açısından zengindir, bu da onları özellikle su ürünleri yetiştiriciliği için önemli kılmaktadır. Küresel üretimleri Asya'da yoğunlaşmıştır [44]. Makroalg üretiminin pazar talebini karşılayacak şekilde artırılması sektör için zorluk teşkil etmektedir; makroalglerin gıda güvenliği risklerinin kapsamlı bir değerlendirmesi gerekmektedir ve makroalg yetiştiriciliğinin endüstriyel ölçekte çevresel etkilerine ilişkin uzun vadeli veriler hala eksiktir. Üretimin potansiyel faydaları ile çevresel riskleri dengelemek ve alıcı çevrelerin taşıma kapasitesinin aşılmasını sağlamak önem teşkil etmektedir [45].

Mikoprotein

Mikoproteinler, filamentli mantar türleri kullanılarak biyokütle fermantasyonu ile elde edilmektedirler ve genellikle bitkisel et üretiminde et analogu olarak kullanılmaktadırlar. İlk defa Quorn isimli şirket bir filamentli mantar türü olan *Fusarium venenatum* kullanarak, protein açısından zengin et benzeri ürün geliştirmiştir. Şimdilerde, mikoprotein bazlı kalamar; miselyum bazlı domuz eti, tavuk filetoları ve kaz ciğeri gibi bazı ürün protipleri de geliştirilmektedir. Quorn, ürettiği mikoprotein PDCAAS değerini 96–97% olarak hesaplamış, yumurta ve inek sütü gibi yüksek kaliteli proteine eşdeğer bir protein kalitesi sergilediğini, hatta soya ve sığır etinden daha yüksek skora sahip olduğunu göstermiştir [46].

Mikoproteinlerin alerjen potansiyeli hakkında sınırlı sayıda çalışma mevcut olsa da, yürütülen çalışmalarda, reaksiyonların genelde kişilerin mikoprotein bazlı gıda ürünleri ile ilk karşılaşmalarında ve özellikle solunum yoluyla küf alerjenlerine duyarlı kişilerde meydana geldiği gösterilmiştir [45]. Mikoproteinler, bu raporda “fermantasyon temelli protein eldesi” başlığı altında ele alınmıştır.

Denizanası Proteini

Günümüzde avcılık ile elde edilen denizaneleri, Asya'da kayda değer bir pazara sahiptir [47]. Pek çok yeni tekniğin mevcut olduğu günümüzde bile, denizanası türlerinin çoğunun yetiştirilmesi zorlu bir iştir ve bu konuda yapılan araştırmalar sürdürülmektedir [48]. Yenilebilir denizanası tüketimi için ulusal güvenlik ve kalite standartlarının bulunmaması, yaygınlaşmasının ve sektörün gelişmesinin önündeki engellerden biridir [45]. Ülkemizin sularında bol miktarda

mevcut olan, fakat henüz avcılığı yapılmayan bu kaynak, farklı işleme yöntemlerinin uygulanarak değerlendirilmesi sayesinde, sürdürülebilir ve yenilikçi bir ekonomik faaliyet alanı oluşturulmasına olanak sağlayabilir [49]. Buna karşın büyük ölçekli arz için yetiştiricilik yöntemlerinin geliştirilebilmesi ve standartların oluşumu gibi gereklilikler mevcuttur.

2.5 Teknolojilerin Etkileşimleri

Geleneksel hayvansal kaynaklı gıdalara alternatif olarak sunulan bitki temelli, fermantasyon temelli ve kültür eti olarak sınıflandırılan teknolojilerin ürün çıktıları farklı özelliklere sahip olsa da birbirinden bağımsız değildir; her birinden elde edilen çıktılar, diğer bir teknolojiye kullanılmak üzere uygulanabilir alanlara sahip olabilmektedir. Şekil 10'da bu duruma örnek uygulamalardan bahsedilmiştir. Farklı teknolojilerin bir araya gelmesiyle, zamanla alternatif protein şirketleri arasında konsolidasyon yaşanması ve bu üç teknolojiyi de kapsayan daha fazla son ürünün pazara sunulma olasılığının yükseleceği öngörülmektedir [50]. Örneğin, kültür eti geliştirmekten daha düşük maliyetli olduğu söylenen hücre temelli yağın, bitkisel et ürünlerinde kullanımı, tüketicilerin lezzet beklentilerini daha iyi karşılayabilme potansiyeli olduğu değerlendirilmektedir.

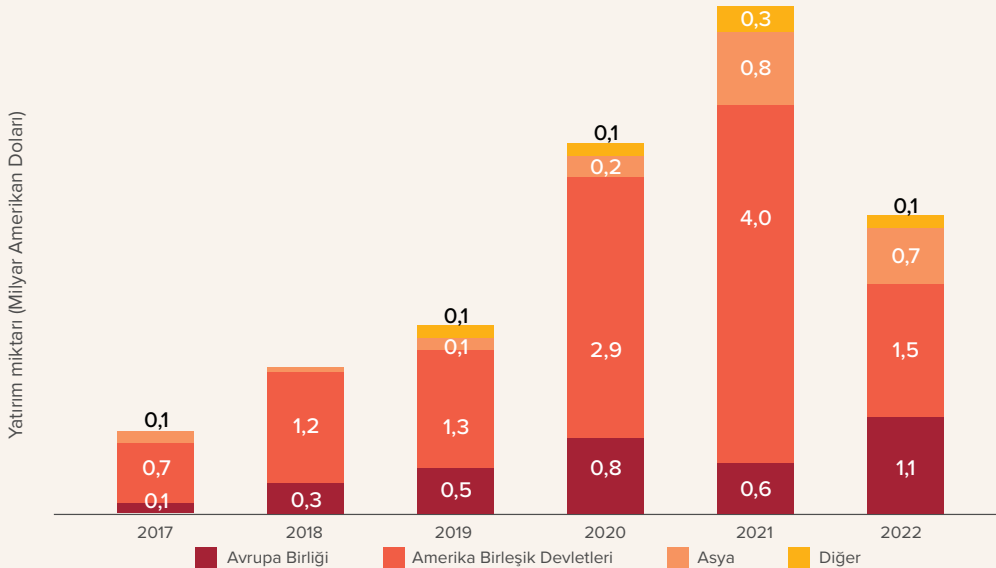


Şekil 10. Alternatif Protein Teknolojilerinin Birbiri ile Olan İlişkisi

Ayrıca, bitki bazlı etin az miktarda kültür eti ile birleştirilmesi, saf kültür etinden daha uygun maliyetli ve geleneksel ete daha çok benzeyen duysal özelliklere sahip ürünler geliştirilmesine olanak sağlayabileceği düşünülmektedir. Hatta, az miktarda geleneksel hayvan etinin bu tür hibrit ürünlere dahil edilmesinin ürün çekiciliğini önemli ölçüde artırabileceğine dair ifadeler de mevcuttur [9, 20].

3. Alternatif Protein Teknoloji Yatırımları

Alternatif protein şirketleri, 2010 ile 2022 arasında toplam 14,2 milyar ABD doları yatırım almıştır. Bu süre zarfında yıllık bazda büyük dalgalanmalar yaşansa da yatırımların ortalama olarak her yıl neredeyse iki katına çıkmasıyla dikkat çekici bir büyüme sergilemişlerdir [51]. Ancak bu hızlı artış, 2022 yılında yavaşlama göstermiştir. Alternatif proteinlere yönelik finansmanın azalmasının, genel olarak birçok sektörde küresel çapta yavaşlayan yatırımların bir yansıması olduğu söylenebilir. Şekil 11’de bölgelere göre yapılan yatırımlar gösterilmektedir. Burada dikkat çeken bir husus, 2022 yılında, alternatif protein yatırımlarında dünya genelinde yüzde %42’lik bir düşüş yaşanırken, Avrupa Birliği’nde (AB) alternatif protein yatırımları yaklaşık % 91 artmasıdır.



Şekil 11. Bölgelere ve Yıllara Göre Alternatif Protein Teknolojilerine Yapılan Yatırım Miktarları [52]

Alternatif protein sektörü yatırım yoğun bir alandır. Finans kaynaklarının bol ve maliyetlerinin ucuz olduğu dönemde, ABD’de alternatif protein sektörüne büyük yatırımlar yapılmıştır, fakat gıda sektöründe ileri teknoloji ve radikal inovasyon içeren işler hızlı ilerlememektedir. Çalışmaların sonuca varması için oldukça uzun bir zaman gerekmektedir olup, bu zaman zarfında finansal kaynak akışında süreklilik arz etme ihtiyacı bulunmaktadır. Başta yazılım olmak üzere diğer sektörlerde tecrübe sahibi yatırımcıların, hızlı geri dönüş beklentileri ve fırsat maliyetlerinin yüksek olması sebebiyle, hayal kırıklığı yaşadıkları ve özel yatırımların azaldığı belirtilmektedir. Yatırımların daha uzun yıllar sağlanabilmesi için devlet desteğine ihtiyaç duyulduğunun da altı çizilmektedir.

4.Türkiye için Öneriler

İklim değişikliği ve potansiyel etkileri düşünüldüğünde, Türkiye’nin gelecekte sürdürülebilir kaynaklardan protein elde etmek için çabalarını artırması gerekmektedir. Sorunu basite indirirsek: “Gelecekte süt, et, yumurta, baklagil ve hatta genel olarak gıdalara erişebilecek miyiz?” sorusu giderek daha önemli hale gelmektedir.

Çeşitli ülkeler bu soruya yanıt ararken alternatif proteinler ile ilgili stratejiler, yol haritaları geliştirmekte, ve teknoloji çalışmaları yürütmektedir. Alternatif proteinler alanındaki kapsamlı ve hızlı gelişmelere rağmen, ülkemizde protein ile ilgili yaklaşım daha çok hayvancılık, besicilik ve yetiştiricilik gibi geleneksel uygulamalar çerçevesinde tartışılmakta ve ilerlemektedir.

- Ülkemizde bugün dahi çözümlenmesi gereken konular bulunmaktadır:
 - Üretilen ürün çeşitliliğine rağmen başta çocuklar olmak üzere yer yer beslenmede protein yetersizlikleri (İng. protein deficiency) olduğu değerlendirilmektedir.
 - Gıda, yem ve hatta gübre bileşenlerinin içindeki ithal oranı oldukça yüksektir. Çeşitli ana maddeler ya da nitelikli bileşenler ithal edilmektedir. Bu durum gıda güvenliği bağlamında büyük bir risk teşkil etmektedir.
 - Alternatif protein teknolojileri, bu tür protein yetersizliklerinin çözümlenmesinde ve gıda güvenlik risklerinin azaltılmasında katkı sağlama potansiyeli taşımaktadır.
- Gerçekleşmekte olan gıda dönüşümünün sadece “tehdit” değil fırsatlar barındırdığını da görebilmek önemlidir. Ülkemizin bu alanda önemli avantajları bulunmaktadır:

- Farklı iklimlerin yaşanabilmesi (ve hatta mikro iklimlerin bir arada mevcut olması),
- Toprak karakteristiğinin kısa mesafelerde değişmesi,
- Büyük, çok yönlü, çok çeşitli kaynaklara dayanan ve içindeki bitkisel kaynak ağırlığı hiç de azımsanmayacak düzeyde olan bir mutfak kültürüne sahip olması,
- Konumu yönünden ülkemizin lojistik avantajları.

Tüm bunlar alternatif proteinlerin, gelecekte oluşturabileceği ürün çeşitliliği ile kendi ihtiyaçlarını karşılamanın da ötesinde, kaynaklardan mutfağa kadar başta yakın coğrafya olmak üzere küresel anlamda önemli bir oyuncu olabileceğini göstermektedir. Yurt içinde tüketilmeyecek bazı ürünler olsa dahi, ihracat amaçlı olarak yenilikçi teknolojilere çalışmak gelişim ve kalkınma açısından önemlidir.

Bir yandan iklimin etkileri kendisini hissettirirken, diğer yandan da teknolojiler gelişip, dönüşüm kapıya dayanınca strateji geliştirmek için geç kalınmış olma riski bulunmaktadır. Bunun için gelecek senaryolarının çalışılıp veri ve kanıta dayalı gıda stratejilerinin, buna bağlı olarak da protein stratejisi ve yol haritasının oluşturulmasına ihtiyaç bulunmaktadır. Buna tamamlayıcı olarak Yeni Gıdalara (İng. Novel Foods) dair mevzuatın ülkemize özgül olarak yayınlanması önerilmektedir.

Ülkemiz için alternatif proteinleri öncelikle, et ve süt gibi geleneksel hayvansal ürünlerin tamamlayıcısı olarak değerlendiriyoruz. Hayvansal kaynaklı proteinlere talebin devam edeceğini ve gelecekte her protein kaynağının az veya çok bir yerinin olacağını (hem geleneksel hem de alternatif) öngörüyoruz. Bu bağlamda, küresel eğilimler paralelinde büyük baş hayvancılığın (hem et hem de süt) azalma potansiyeli olduğu, küçük baş hayvancılığın yer yer artabileceği, başta tavuk olmak üzere kanatlı yetiştiriciliğinin artacağı, kitle halinde deniz ürünleri avcılığının azalırken yetiştirme deniz ürünlerinin artacağı öngörülmektedir. Alternatif protein sektörünün kısa ve orta vadede, geleneksel hayvansal ürün pazarıyla rekabet etmesi için değil, ürün çeşitliliğini artırmak, daha fazla insana yiyecek sağlamak, düşük protein içerikli beslenme profilini iyileştirmek, adil ve sürdürülebilir bir gıda sistemi kurmak ve olası felaket durumlarında gıda arzının sürdürülebilirliğini sağlamak için bir gıda arz güvenliği enstrümanı olarak geliştirilmesi gerektiğini düşünüyoruz.

Bu sebepler ile ülkemizde sürdürülebilir biyo-ekonominin büyümesini destekleyebilecek ek protein kaynakları konusunda çalışmaların yapılması önem teşkil etmektedir. Türkiye'nin alternatif protein teknolojileri konusunda odak alanlarını ve her bir alan için endüstri

fırsatlarını belirlemesi gerekmektedir. Her odak alanı için yatırım öncelikleri tespit edilmelidir.

Küresel bağlamda, orta ve uzun vadede, fleksiteryen beslenme biçimine yakınsanan senaryoların gerçekleşme olasılığının güçlenmeye başladığı değerlendirilmektedir. Buna karşın her ülke, bölge, coğrafya ve kültürün hikayesi farklı olacaktır. Bundan dolayı da her toplum kendi stratejisini ve yol haritasını kendi hazırlamalıdır.

Burada ilginç biçimde, ülkemizin mevcut köklü ve zengin mutfağının bitkisel gıda ağırlığının yüksek olduğu ve et tüketim istatistikleri değerlendirildiğinde, neredeyse fleksiteryen bir karaktere sahip olduğu göz ardı edilmemelidir. Bu sadece ürünlerin ham maddelerinin değil, mutfak kültürünün de arz/ihraç edilmesini mümkün kılan bir durumdur.

Alternatif proteinler konusunda, Türkiye için potansiyel fırsatlar sunan araştırma ve yatırım alanlarını şu şekilde sıralayabiliriz:

1. Türkiye bitkisel protein kaynakları (bakliyat ve tahıllar başta olmak üzere) bakımından oldukça zengin bir ülkedir. Dünya, iklime ve çevreye etkilerinden dolayı amiyane tabirle ahırda (hayvansal) değil tarlada (bitkisel) yetişen protein kaynaklarına yönelmeye çalışmaktadır. Türkiye'nin bitki temelli protein konusundaki dışa bağımlılığını azaltması ve nakliye kaynaklı emisyonlarını da düşürebilmesi adına, öncelikle bitkisel protein kaynağı olarak güçlü görülen bezelye, nohut, mercimek, fasülye ve tahıllar gibi kaynaklardan protein eldesine önem verilmesi ve mevcut bitkisel kaynakların "biyoyararlılığını" artıracak teknik ve teknolojiler üzerine çalışarak, kaliteli ve dolayısıyla yüksek katma değerli bitkisel protein kaynakları elde edilmesi önerilmektedir. Mevcut bitkisel kaynaklar (bakliyat ve tahıllar) yanında, tarımsal/gıda sanayi nitelikli atıkları, ülkemize özgü/yerel türler, ülkemizde verimli ve büyük ölçekli olarak üretilebilecek türler vb. değerlendirilmelidir. Sadece protein değil, nişasta, lif vb. çeşitli gıda bileşenleri de tam bir ürün oluşturabilmek için kritiktir.
2. Türkiye'de tahminen toplam 11.000 bitki türü bulunurken, Avrupa'daki toplam tür sayısı 11.500'dür [53]. Türkiye'nin geleneksel olarak nitelendirilebilecek bitkisel protein kaynaklarından ve endemik/yerel bitki türlerinden (termiye/lupin, gökçe nohudu, kara nohut vb.) daha verimli şekilde yararlanması, ticari potansiyele sahip bitki türlerinin protein eldesi için araştırılması ve biyoyararlılığının tespiti ve artırılması için çalışmalar yapılmalıdır.

3. Yeni bir protein kaynağının insanların kullanımında, sağlıklarını nasıl etkileyeceği, alerji ve hastalık oluşturma potansiyeli gibi yan etkileri üzerine çalışmalar yapılması gerekmektedir. Potansiyel türün besin içeriği ve vücuda biyoyararlılığı yani bu besinin insan tüketimine ne derece uygun olduğu ve vücut tarafından ne kadar etkin bir şekilde emilebildiği, işlenebildiği ve kullanılabildiği değerlendirilmelidir. Sağlık riskleri detaylı bir şekilde araştırıldıktan sonra fiziksel ve fonksiyonel özellikleri araştırılarak üretim yöntemi belirlenmelidir. Özellikle yeni gıdaların in vitro, in vivo testleri için sistematiğin geliştirilmesi ve akredite test merkezleri kurulması ve bu alandaki araştırmaların desteklenmesi önerilmektedir.
4. Ülkemizde gıda sanayi (bazı durumlarda perakende satış yapan zincir marketler) tarafından önemli miktarlarda nitelikli atık üretilmektedir. Bugün için atıkların pek azı değerlendirilmekte, bazı atıklar en iyi durumda “olduğu hali” ile hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Bu sebeple, mevcut gıda yan ürünlerinin/atıklarının bitki protein kaynağı olarak tespit edilmesi, kullanımlarının değerlendirilmesi ve besin zincirine tekrar kazandırılması (insan gıdası ya da hayvan yem bileşeni olarak) önem teşkil etmektedir (yüksek esansiyel amino asit içeriği olanlar tespit edilmelidir). Bitkisel atıklarda bulunan proteinlerin uygun teknikler ile işlenerek fonksiyonel özelliklerinin ve biyoyararlılıklarının artırılması da hedeflenmelidir. Özellikle ülkemizde üretilen ve işlenen bitkisel kaynaklardan elde edilen atıklara öncelik verilmelidir (domates küspesi, bakliyat atıkları, ayçiçek küspesi, fındık küspesi, pamuk çitiği, nar çekirdeği, susam kabuğu, vişne çekirdeği, malt posası vb.) ve bu atıkların izlenebilirliği sağlanmalıdır. Ayrıca bu atıkların bozulmalarını önleyici bir şekilde lojistik sisteminin kurulması, pazarının ve fiyat standartlarının oluşturulması gerekmektedir. Düzenli biçimde ve büyük ölçekli olarak üretilen nitelikli atıkların potansiyelinin hayata geçirilmesi amacıyla;
 - a. Atıkların tespitinin yapılması ve atık yönetimi/ lojistiği/depolanması konularına (mikrobiyolojik ve toksikolojik yönlerden de) çalışılması,
 - b. Başta tahıllar ve baklagiller olmak üzere protein ve diğer gıda bileşenlerini içeren bitki çeşitlerinin envanteri ve bileşimlerinin ortaya konduğu bir kataloglama sistemi geliştirilmesi önem taşımaktadır.
5. Tüm kaynaklara “döngüsel ekonomi” prensipleriyle yaklaşılması önemlidir. Örneğin: Bitkisel süt ve süt ürünlerinin üretiminde, fındık ve badem gibi bitkisel kaynakların

kullanımı sonrasında kalan posadan yağ, un gibi ürünlerin elde edilmesi; kabuklarının biochar, aktif karbon gibi yüksek değerlikli ürünlere dönüştürülmesi gibi döngüsel biyo ekonomiye katkı sunan çalışmalar artırılmalıdır.

6. Mahsullerin protein içeriği, kalitesi ve işlevi açısından optimize edilmesi, değişen iklim koşullarına dayanıklı hale getirilmesi için ıslah çalışmalarının yapılması önemlidir (gelecekteki gıda güvenliğinin sağlanması açısından bu tür biyoteknolojik çalışmalar gereklidir).
7. Ülkemizde protein ekstraksiyonu/işleme/formulasyonu süreçlerinin sınai ölçekte yürütüldüğü bir tesis bulunmamaktadır ve bitkisel protein konsantre / izolatları ithal edilmektedir. Protein ekstraksiyonu için teknoloji ve süreç geliştirme çalışmaları yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Geleceğe yönelik olarak izole protein (bitkisel, hayvansal ve alternatif kaynaklardan) üreten tesis yatırımlarının desteklenmesi önerilmektedir.
8. Orta ve uzun vade hedefleri için yenilikçi kaynaklara ve teknolojilere dair çalışmaların artırılarak sürdürülmesi gerekmektedir. Fermantasyon teknolojileri bu konuda önemli bir potansiyel vaat etmektedir. Bunun için, biyokütle fermantasyonu, hedefli fermantasyon gibi teknolojilerin geliştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca ülkemizde bir biyoreaktör endüstrisinin kurulması, yenilikçi biyoreaktörlerin/fermenterlerin geliştirilmesi, tasarlanması ve üretimlerinin yapılması ülkemiz için belirgin bir fırsat kolu yaratacaktır. Pilot ölçekli gıda sınıfı fermantasyon tesislerine; ayırma ve saflaştırmaya yönelik aşağı akış proses ekipmanlarının geliştirilmesine yatırım yapılması gerekmektedir.
9. Türkiye yoğun güneş alan bir ülke olması sebebiyle alg üretimi için avantajlı bir konuma sahiptir. Yüksek değerli alg proteini üretimi, alg bazlı yem bileşeni üretimi ve öğün yerine geçecek mikroalg tabanlı sağlıklı atıştırmalık ürünlerin geliştirilmesi adına çalışmalar yürütülmelidir. Alg üretiminde karbon kaynağı olarak kullanılan CO₂'nin, havadan ve/veya noktasal kaynaklardan yakalanması ile "karbon yakalama ve kullanım" alanına da fayda sunulması ve karbon negatif çözümler üretilmesi mümkündür.
10. Böcek proteinleri yönünden ise, öncelikle su ürünleri ve kanatlı yemi ve evcil hayvan maması bileşeni olarak kullanılmaları ve bu sayede yem hammaddesi ve nitelikli mama ithalat miktarının düşürülmesi amaçlanmalıdır. Bu bağlamda, böcek yetiştiriciliği ve

teknolojilerinin incelenmesi, böceklerin besin profili hakkında araştırma yapılmasının desteklenmesi ve böceklerin yem olarak kullanımını düzenleyecek yasal ve düzenleyici süreçlerin geliştirilmesi gerekmektedir.

11. Ülkemizde şu an için kültür etinin tüketilmesi söz konusu değildir. Ancak, kültür eti alanında biyoteknolojik çalışmaların yürütülmesi gıda dışındaki sektörlere yönelik gelişmeler için de önemlidir (Örneğin, yapay organ ve doku). Ayrıca ihracat kapasitemizin genişletilmesi ve ülkemizde bilgi birikimimizin oluşturulması açısından değer taşıyacaktır.
12. Ülkemizde gıda işleme sektörü oldukça gelişmiş olmasına karşın, biyoteknoloji ve endüstriyel mikrobiyoloji alanları için aynısını söylemek mümkün değildir. Tarım, veterinerlik, gıda, ilaç, medikal, tıp, kimya vb. çok sayıda kritik sektörü destekleyen bu alanın geliştirilmesi için özel bir çaba sarf edilmesi ve yatırımların desteklenmesine ihtiyaç bulunmaktadır.
13. Yukarıda söylenenler ışığında, Ar-Ge ve Teknoloji alanında desteklenmesi önerilen çeşitli araştırma konuları şunlardır:
 - a. Ülkemize özgü / yerel / endemik türlerin (bitki – örneğin termiye, yerel nohut türleri, böcek, mantar vb.), besin değerlerinin (protein ve esansiyel amino asit içerikleri, biyo yararlılık analizleri, üretim teknikleri vb) ve biyo-yararlılıklarının / insan vücuduna etkilerinin araştırılması,
 - b. Yenilikçi kaynakların besin öğelerinin araştırılması ve biyo-yararlılıklarının artırılmasına yönelik çalışmaların yapılması,
 - c. Yeni gıda kaynaklarının biyo-yararlılık analiz ve test metodolojilerinin, ve biyo-yararlılık simülatörlerinin geliştirilmesi,
 - d. Kuraklığa dayanıklı ve protein kalitesi yüksek bakliyatların üretilmesi,
 - e. Fermantasyon teknolojilerinin (hedefli ve biyo-kütle fermantasyonu) geliştirilmesi,
 - f. Beslenme-gıda araştırmaları merkez(ler)i kurulması - gıdanın sadece nasıl işleneceği değil insan (fizyolojik, psikolojik, sağlık vb.) ve toplum refahı ile ilişkisi yönüyle de araştırarak merkezlerin kurulması,
 - g. Gıdaların karbon salımı ve çevreye etkilerinin değerlendirildiği metodolojilerin geliştirilerek, yaşam döngüsü analiz hesaplarının yapılması,

- h. Alternatif proteinlerin tüketici algısı ve tüketici kabulü (İng. Consumer acceptance) araştırmalarının yürütülmesi,
- i. Genel olarak biyo-teknoloji ve endüstriyel mikrobiyoloji alanında çalışmaların geliştirilmesi: mikroorganizma (strain) geliştirme, tasarımı ve optimizasyonu.

Bu kapsamda, alternatif protein alanında, üniversitelerin araştırma kapasitelerinin artırılması, özel sektörle iş birliğinin teşvik edilmesi, yenilikçi gıda/biyoteknoloji hızlandırıcı programları geliştirilmesi, girişimcilik ekosisteminin desteklenmesi ve en önemlisi nitelikli insan kaynağının yetiştirilmesi önemlidir.

5. Sonuç

Elde edilen veriler çerçevesinde, alternatif proteinlerin mevcut gıda ve beslenme değer zincirinde yer alan hayvansal protein kaynaklarının ikamesi ya da alternatifi olmaktan çok, tamamlayıcısı olma potansiyeli taşıdıkları düşünülmektedir. Ayrıca, alternatif proteinler hayvansal proteinlerin yetersiz kaldığı ya da arzının kesintiye uğradığı durumlarda/ dönemlerde nicel olarak da tamamlayıcı rolü oynayabileceklerdir. Özetle çoğu durumda alternatif değil, tamamlayıcı proteinler demek daha doğru olacaktır. Olasılıklar en azından kısa ve orta vadede hayvansal kaynakları tamamen ikame etmekten çok seçenek yaratmaktan yanadır ki bu haliyle gıda arzı güvenliğinin de bir unsuru olmaktadır. Gelecekte her protein kaynağının az veya çok bir yerinin olacağı öngörülmeyle birlikte, hangi protein kaynağının hangi coğrafya/kültürde ne oranda yer edeceği bilinmemektedir. 2050'ler ve daha sonrası için yapılan öngörülerin sapması çok yüksek varsayımlardan ibaret olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Bundan dolayı herhangi bir yeni kaynak ya da teknolojiyi dışarıda bırakmadan, zamanı gelince sonuçlarından faydalanmak üzere, araştırmaları sürdürmek gerekmektedir.

Alternatif proteinlerin üretimlerinde en büyük dar boğaz olarak görülen ölçeklenme sorununun çözümü için, alternatif protein üreticilerinin pazarı kârlı ve güvenilir olarak görmeleri gerekmektedir. Bu noktada, hükümetlerin, alternatif proteinler için araştırma fonları sağlamaları, ticarileştirme finansmanları sunmaları ve uygun düzenleyici yasal çerçeveleri geliştirmeleri beklenmektedir. Başarılı alternatif protein pazarları ve doğrudan kamu yatırımları arasında bir korelasyon olduğu görülmektedir.

Alternatif proteinlerin bir ülkenin gıda ve tarım sektörüne entegrasyonunun; çevresel, ekonomik, sağlık ve etik kaygıları hafifletebileceği ve daha sürdürülebilir ve dayanıklı bir gıda sisteminin oluşturulmasına katkı sunabileceği düşünülmektedir. Türkiye’de alternatif proteinlerin regülasyonlara entegre edilme süreci daha yeni başlamakta iken, dünya genelinde ise regülasyonların geliştirilmesi ve değiştirilmesi süreci hızlanmıştır. Ülkemizde üzerinde çalışılan Yeni Gıda Yönetmeliği’nin kabul edilmesi durumunda, gıda sektöründe inovasyonun teşvik edilmesi, yenilikçi gıda ürünlerinin piyasaya sürülmesine olanak tanınması ve bu kapsamda da alternatif protein konusunda ilerleme kaydedilmesi beklenmektedir. Ayrıca alternatif protein konusundaki ilerlemelerin artırılması için ülkemizde alternatif proteinlere dair pazar araştırmaları yapılmasına da ihtiyaç bulunmaktadır.

Türkiye’nin alternatif protein teknolojilerine ve yeni kaynaklara mevcut yaklaşımı değerlendiren ve pazardaki konumlanmalarını gösteren bir tablo oluşturulmuştur:

Tablo 1. Türkiye’de Alternatif Protein Teknolojilerinin ve Yeni Kaynakların Değerlendirilmesi

		Gıda		Yem/Yem Katkısı
		İç pazar	Dış Pazar	
Teknolojiler	Bitkisel Protein	✓	✓	✓
	Biyokütle Fermantasyonu	✓	✓	✓
	Hedefli Fermantasyon	✓	✓	—
	Kültür Eti	✗	✓	—
Yeni Kaynaklar	Alg	✓	✓	✓
	Mantar (Misel)	✓	✓	✓
	Böcek	✗	✓	✓
	Yeni Bitkiler (GDO’suz)	✓	✓	✓

Ülkemizin Paris Anlaşması’na taraf olmasıyla birlikte, net sıfır hedefine ulaşma hedefi doğrultusunda ulusal gıda sistemini daha çevreci, sürdürülebilir ve sağlıklı hale getirmesi ve gıda güvenliğini sürdürmesi amacıyla, henüz stratejik ve kalkınma planlarına yansıtılmamış olan bahsi geçen alternatif protein üretim teknolojilerini değerlendirmesi önemlidir.

Türkiye'nin On Birinci Kalkınma Planı incelendiğinde gıdanın ele alındığı “İklim Değişikliği, Gıda Güvenliği ve Suyun Etkin Kullanımı” gibi bölümlerinde protein ve alternatif protein vurgusunun yapılmadığı görülmektedir. Ülkemizin protein geleceğine dair veriye ve kanıta dayalı biçimde derli toplu bir protein sorun tanımı yapıldıktan sonra, Türkiye'nin alternatif proteinleri, mevcut gıda sistemine, ulusal hedeflerine ve strateji planlarına nasıl entegre edeceğine dair bir yol haritası hazırlaması beklenmektedir.



Kaynakça

- [1] FAO, “Water for Sustainable Food and Agriculture - A report produced for the G20 Presidency of Germany,” 2017.
- [2] FAO, Five practical actions towards low-carbon livestock. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2019.
- [3] H. Ritchie, E. Mathieu, L. Guirao, and M. Gerber. “Five key findings from the 2022 UN Population Prospects.” <https://ourworldindata.org/world-population-update-2022>
- [4] J. Poore and T. Nemecek, “Reducing food’s environmental impacts through producers and consumers,” Science, vol. 360, no. 6392, pp. 987-992, 2018.
- [5] IEA, “Global Methane Tracker 2023,” IEA, Paris. [Online]. Available: <https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2023>
- [6] M. A. Clark et al., “Global food system emissions could preclude achieving the 1.5 and 2 C climate change targets,” Science, vol. 370, no. 6517, pp. 705-708, 2020.
- [7] Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT Database. <http://www.fao.org/faostat/en/#data> (accessed 28.12.2023).
- [8] J. Heinke et al., “Water use in global livestock production—opportunities and constraints for increasing water productivity,” Water Resources Research, vol. 56, no. 12, p. e2019WR026995, 2020.
- [9] “What’s Cooking? An assessment of the potential impacts of selected novel alternatives to conventional animal products,” United Nations Environment Programme, Nairobi, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.59117/20.500.11822/44236>
- [10] C. Gerhardt, F. Ziemßen, M. Warschun, G. Suhlmann, D. Donnan, and H. Kühnle, “How will cultivated meat and meat alternatives disrupt the agricultural and food industry,” A.T. Kearney., 2019. [Online]. Available: https://gastronomiaycia.republica.com/wp-content/uploads/2019/06/estudio_futuro_alimentos.pdf.
- [11] B. Witte, P. Obloj, S. Koktenturk, B. Morach, M. Brigl, and J. e. a. Rogg, “Food for Thought: The Protein Transformation. Boston Consulting Group and Blue Horizon Corporation.,” 2021. [Online]. Available: <https://web-assets.bcg.com/a0/28/4295860343c6a2a5b9f4e3436114/bcg-food-for-thought-the-protein-transformation-mar-2021.pdf>
- [12] B. Morach, J. Rogg, and M. Brigl. “Alternative proteins will transform food, mitigate climate change and drive profits.” World Economic Forum. <https://www.weforum.org/agenda/2021/03/alternative-proteins-will-transform-food-mitigate-climate-change-and-drive-profits/> (accessed 05.03.2024).

- [13] Global Insect Protein Market – Industry Trends and Forecast to 2029. <https://www.databridgemarketresearch.com/reports/global-insect-protein-market> (accessed 12.02.2024).
- [14] The Plant Protein Landscape, The Good Food Institute, 2021. [Online]. Available: <https://gfi.org/wp-content/uploads/2021/01/The-Plant-Protein-Landscape-Toolkit.pdf>
- [15] 2022 State of the Industry Report | Plant-based meat, seafood, eggs, and dairy, Good Food Institute, 2022.
- [16] W. Shurtleff and A. Aoyagi, History of meat alternatives (965 CE TO 2014): Extensively Annotated Bibliography and Sourcebook. Soyinfo Center, 2014.
- [17] M. Kinney, Z. Weston, and J. Bauman, “Plant-based Meat Manufacturing by Extrusion,” The Good Food Institute, 2019. [Online]. Available: https://gfi.org/images/uploads/2019/11/Plant-Based-Meat-Manufacturing-Guide-_GFI.pdf
- [18] The science of plant-based meat. Good Food Institute. <https://gfi.org/science/the-science-of-plant-based-meat/> (accessed 28.01.2024).
- [19] “New Food Frontiers - Realizing the promise of alternative proteins,” GEA Group Aktiengesellschaft, 2022.
- [20] N. R. Rubio, N. Xiang, and D. L. Kaplan, “Plant-based and cell-based approaches to meat production,” *Nature Communications*, vol. 11, no. 1, p. 6276, 2020.
- [21] S. Saget, M. P. Costa, C. S. Santos, M. Vasconcelos, D. Styles, and M. Williams, “Comparative life cycle assessment of plant and beef-based patties, including carbon opportunity costs,” *Sustainable Production and Consumption*, vol. 28, pp. 936-952, 2021.
- [22] U. Fresán, D. Marrin, M. A. Mejia, and J. Sabaté, “Water footprint of meat analogs: selected indicators according to life cycle assessment,” *Water*, vol. 11, no. 4, p. 728, 2019.
- [23] The science of fermentation. Good Food Institute. <https://gfi.org/science/the-science-of-fermentation/> (accessed 18.01.2024).
- [24] D. I. Koukoumaki, E. Tsouko, S. Papanikolaou, Z. Ioannou, P. Diamantopoulou, and D. Sarris, “Recent advances in the production of single cell protein from renewable resources and applications,” *Carbon Resources Conversion*, 2023.
- [25] 2022 State of the Industry Report | Fermentation: Meat, seafood, eggs, and dairy, Good Food Institute, 2022. [Online]. Available: <https://gfi.org/resource/fermentation-state-of-the-industry-report/>
- [26] J. Sillman et al., “A life cycle environmental sustainability analysis of microbial protein production via power-to-food approaches,” *The International Journal of Life Cycle Assessment*, vol. 25, pp. 2190-2203, 2020.
- [27] F. Humpenöder, B. L. Bodirsky, I. Weindl, H. Lotze-Campen, T. Linder, and A. Popp, “Projected environmental benefits of replacing beef with microbial protein,” *Nature*, vol. 605, no. 7908, pp. 90-96, 2022.
- [28] P. Edelman, D. McFarland, V. Mironov, and J. Matheny, “Commentary: In vitro-cultured meat production,” *Tissue engineering*, vol. 11, no. 5-6, pp. 659-662, 2005.
- [29] Z. F. Bhat and H. Fayaz, “Prospectus of cultured meat—advancing meat alternatives,” *Journal of food science and technology*, vol. 48, pp. 125-140, 2011.
- [30] C. Bryant and J. Barnett, “Consumer acceptance of cultured meat: A systematic review,” *Meat science*, vol. 143, pp. 8-17, 2018.
- [31] 2022 State of the Industry Report | Cultivated Meat and Seafood, Good Food Institute, 2022.
- [32] Z. F. Bhat, S. Kumar, and H. Fayaz, “In vitro meat production: Challenges and benefits over conventional meat production,” *Journal of integrative agriculture*, vol. 14, no. 2, pp. 241-248, 2015.
- [33] T. Mateti, A. Laha, and P. Shenoy, “Artificial meat industry: Production methodology, challenges, and future,” *Jom*, vol. 74, no. 9, pp. 3428-3444, 2022.

- [34] M. Zaraska. "Lab-grown beef taste test: Almost like a burger." https://www.washingtonpost.com/national/health-science/lab-grown-beef-taste-test-almost-.../013/08/05/921a5996-fdf4-11e2-96a8-d3b921c0924a_story.html (accessed 09.03.2024)
- [35] P. Sinke, E. Swartz, H. Sanctorem, C. van der Giesen, and I. Odegard, "Ex-ante life cycle assessment of commercial-scale cultivated meat production in 2030," *The International Journal of Life Cycle Assessment*, vol. 28, no. 3, pp. 234-254, 2023.
- [36] H. Demir and Ö. Altun, "Yenilebilir Böcekler ve Kıbrıs Ada Halkının Bakış Açısı," *Türk Turizm Araştırmaları Dergisi*, vol. 5, no. 4, pp. 2425-2447, 2021.
- [37] S. Ojha, S. Bußler, M. Psarianos, G. Rossi, and O. Schlüter, "Edible insect processing pathways and implementation of emerging technologies," *Journal of Insects as Food and Feed*, vol. 7, no. 5, pp. 877-900, 2021.
- [38] Hexafly. "How Hexafly Produces Insect Protein." <https://hexafly.com/the-process> (accessed 15.02.2024).
- [39] K. Kupferschmidt. "Feature: Why insects could be the ideal animal feed." *Science*. <https://www.science.org/content/article/feature-why-insects-could-be-ideal-animal-feed> (accessed 13.02.2024).
- [40] R. CANHİLAL, E. YÜKSEL, and İ. ULGER, "Böceklerin hayvan yemi olarak kullanım olanakları," *Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi*, vol. 3, no. 1, pp. 42-46, 2020.
- [41] S. Godin, *The Carbon Almanac*. Random House, 2022.
- [42] B. C. Bratosin, S. Darjan, and D. C. Vodnar, "Single cell protein: A potential substitute in human and animal nutrition," *Sustainability*, vol. 13, no. 16, p. 9284, 2021.
- [43] M. L. Amorim, J. Soares, J. S. d. R. Coimbra, M. d. O. Leite, L. F. T. Albino, and M. A. Martins, "Microalgae proteins: Production, separation, isolation, quantification, and application in food and feed," *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 61, no. 12, pp. 1976-2002, 2021.
- [44] EU Protein Strategy, European Parliament, 2023.
- [45] Food and Agriculture Organization of the United Nations (2022). *Thinking About the Future of Food Safety – A Foresight Report*. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb8667en>.
- [46] D. Edwards and J. Cummings, "The protein quality of mycoprotein," *Proceedings of the Nutrition Society*, vol. 69, no. OCE4, p. E331, 2010.
- [47] Y. P. Hsieh, F.-M. Leong, and J. Rudloe, "Jellyfish as food," in *Jellyfish Blooms: Ecological and Societal Importance: Proceedings of the International Conference on Jellyfish Blooms, held in Gulf Shores, Alabama, 12–14 January 2000, 2001: Springer*, pp. 11-17.
- [48] J. E. Purcell, E. J. Baxter, and V. Fuentes, "Jellyfish as products and problems of aquaculture," in *Advances in aquaculture hatchery technology: Elsevier*, 2013, pp. 404-430.
- [49] H. A. Duyar and G. Sönmez, "Denizanasi İşleme Teknolojisi," *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 23, no. 3, 2006.
- [50] GLOBAL CLEANTECH 100 - Leading cleantech solutions to solve the world's biggest challenges, 2024. [Online]. Available: <https://www.cleantech.com/the-global-cleantech-100/>
- [51] Good Food Institute State of the Industry Report: Fermentation, Cultivated Meat, Plant-based meat, seafood, eggs, and dairy, 2022. [Online]. Available: <https://gfi.org/wp-content/uploads/2023/01/2022-Plant-Based-State-of-the-Industry-Report.pdf>
- [52] *The State of European Foodtech 2023*, Dealroom.co – Bridge2Food Summit, Singapore sunumundan alınmıştır, ed, 2023.
- [53] Turkey Agrifood Overview. <https://www.invest.gov.tr/en/sectors/pages/agrofood.aspx> (accessed 12.02.2024)

Notlar

Notlar

Notlar

ÖNCÜL PROJE PROGRAMI ALTERNATİF PROTEİN TEKNOLOJİLERİ

DERİN ANALİZ RAPORU



ttgv.org.tr

TTGV Merkez

Cyberpark B Blok Kat: 5-6, Bilkent
Ankara
0312 265 02 72

TTGV İstanbul Temsilciliği

İTÜ Ayazağa Yerleşkesi Arı Teknokent
Arı II Binası Koruyolu A Blok Kat:7
Maslak-Sarıyer
0212 276 75 60

İletişim için:

info@ttgv.org.tr



#TeknolojiÜretenTürkiye
#İklimÖncüsü

