



Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji Derneği Bülteni

Bulletin of Veterinary Pharmacology and Toxicology Association

e-ISSN: 2667-8381

Ömer ÇAKMAK^{1a}
Erdi ERGENE^{1b}
Ulaş ACARÖZ^{2c}
Tuba ALDEMİR^{3d}

¹İstanbul Esenyurt Üniversitesi,
Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu,
Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü,
İstanbul

²Afyon Kocatepe Üniversitesi,
Veteriner Fakültesi, Besin/Gıda
Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı,
Afyonkarahisar

³İstanbul Esenyurt Üniversitesi, Meslek
Yüksekokulu, Aşçılık Programı, İstanbul

ORCID^a: 0000-0001-7658-1284

ORCID^b: 0000-0001-7555-5148

ORCID^c: 0000-0002-1879-4414

ORCID^d: 0000-0001-7419-3640

*Sorumlu Yazar: Ömer ÇAKMAK
E-Posta: omercakmak@esenyurt.edu.tr

Geliş Tarihi: 10.01.2023
Kabul Tarihi: 18.04.2023

14 (1): 1-15, 2023
DOI: 10.38137/vftd.1231634

Makale atfı

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

YAPAY ET ÜRETİMİNDE TEKNOLOJİK GELİŞMELER VE ENDÜSTRİSİNİN GELECEĞİ

ÖZET. Et tüketimi, sağlıklı ve dengeli beslenmenin en önemli şartlarından biri olmasına rağmen dünya nüfusundaki artışa bağlı olarak kişi başı talebin karşılanması zorlaşmaktadır. Tüketici tercihlerindeki değişim ve geleneksel et üretimindeki kaynak kullanımının sürekli artması ile ortaya çıkan arz-talep dengesizliği alternatif protein kaynaklarına yönelimi zorunlu hale getirmektedir. Bu nedenle; genetiği değiştirilmiş organizmalar (GDO), bitkisel bazlı kaynaklardan elde edilen et alternatifleri ve kültür eti protein ihtiyacının karşılanmasına yönelik ortaya çıkan fikirler arasında yer almaktadır. Yapay et üretimi, geleneksel et üretiminden kaynaklanan beslenme ve halk sağlığı, iklim değişikliği, çevre kirliliği, sürdürülebilirlik ve hayvan refahı ile ilişkili ortaya çıkan ciddi sorunların azaltılmasında potansiyel bir çözüm olarak sunulmaktadır. Yapay etin üretim prosedürlerinin hazırlanması, lezzet kriterlerinin sağlanması, risk analizlerinin belirlenmesi ve gerekli yasal düzenlemelerin yapılması sürdürülebilir besin kaynakları arasında yer alması bakımından önemlidir. Aynı zamanda yapay etin maliyetinin yüksek olması, etik ve dini inanışlar nedeniyle tüketici algısındaki güven sorununa karşı üretim sürecindeki avantajların belirtilmesi önem arz etmektedir. Bu makale; yapay et üretiminin tarihsel gelişim süreci, üretim yöntemleri, alternatif protein kaynakları, avantaj ve dezavantajları, yapay et endüstrisinin geleceği, tüketicilerin yapay ete yönelik tutum ve kaygıları hakkında yapılan araştırmalardan derlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Alternatif protein kaynakları, Bitkisel bazlı et, Geleneksel et, Nanoteknoloji, Yapay et.

TECHNOLOGICAL DEVELOPMENTS IN ARTIFICIAL MEAT PRODUCTION AND THE FUTURE OF THE INDUSTRY

ABSTRACT. Although meat consumption is one of the most important conditions of healthy and a balanced diet, it becomes difficult to meet the demand per capita due to the increase in the world population. The change in consumer preferences and the constant increase in the use of resources in the traditional meat production method, the supply-demand imbalance that arises makes it necessary to turn to alternative protein sources. Because; genetically modified organisms (GMOs), meat alternatives obtained from plant-based sources, and cultured meat are among the emerging ideas for meeting protein needs. Artificial meat production is presented as a potential solution to reduce the serious problems related to nutrition and public health, climate change, environmental pollution, sustainability and animal welfare originating from traditional meat production. Preparation of artificial meat production procedures, providing taste criteria, determining risk analyzes and making necessary legal arrangements are important in terms of being among sustainable food sources. At the same time, it is important to specify the advantages in the production process against the problem of trust in consumer perception due to the high cost of artificial meat and ethical and religious beliefs. This article; It has been compiled from research on the historical development process of artificial meat production, production methods, alternative protein sources, advantages and disadvantages, the future of the artificial meat industry, consumers' attitudes and concerns towards artificial meat.

Keywords: Alternative protein sources, Plant-based meat, Traditional meat, Nanotechnology, Artificial meat.

GİRİŞ

Yeterli ve dengeli beslenme, toplumu oluşturan bireylerin sağlıklı ve güçlü olarak yaşamını sürdürmesinde, ekonomik ve sosyal yönden gelişmesinde, refah düzeyinin artmasında, varlığını güvenli bir şekilde sürdürebilmesinde temel koşullardan biridir (Saygın-Alparslan ve Demirbaş, 2019). Ülkelerin gelişmişlik düzeyi ve bireylerin yaşam standardının belirlenmesinde kişi başına düşen et tüketimi önemli bir kriter olarak kabul edilmektedir. (Uzundumlu ve ark., 2011).

Sağlıklı ve dengeli beslenmenin en önemli şartlarından biri kişi başına tüketilmesi gereken günlük protein miktarının %40-50'sinin hayvansal kaynaklardan sağlanmasıdır. Kaliteli bir protein kaynağı olan et; büyüme, gelişme ve fizyolojik fonksiyonların sürdürülmesinde ihtiyaç duyulan bir çok bileşeni içermektedir. (Atay ve ark., 2004). Et, içeriğinde yer alan yüksek biyolojik değerli proteinler sayesinde insan beslenmesinde oldukça önemli bir yere sahiptir (Bingöl ve Bostan, 2012; Akkaya, 2019). Yeterli ve dengeli beslenme açısından hayvansal kaynaklar arasında oldukça yüksek öneme sahip olan kırmızı et; vitamin, bazı mineraller (özellikle fosfor ve demir bakımından) ve biyolojik değeri yüksek, kaliteli protein içeriğince zengin, lezzetli ve besleyici bir gıda maddesidir (Yıbar ve Çetin, 2014).

Et, küresel düzeyde mevcut proteinlerin %15'ini ve kalori ihtiyacının %8'ini karşılamaktadır. Bununla birlikte, diyetlere katkısı ülkeler arasında önemli ölçüde değişkenlik göstermektedir. Et tüketimi, sosyo-ekonomik (örn. gelir, cinsiyet, eğitim düzeyi) ve kültürel farklılıklar nedeniyle yüksek gelirli ülkelerde ortalama 30 g protein/kişi/gün ile en yüksek düzeydedir. Bu ülkelerde mevcut protein ihtiyacının %27'si etten sağlanırken, süt, balık ve yumurta %28'ini karşılamaktadır. Üst orta gelirli ülkelerde et, ortalama 20 g/kişi/gün ile mevcut proteinin %20'sinden fazlasını karşılamaktadır. Kişi başına düşen gelirlerin üst orta gelirli ülkelerde önümüzdeki on yılda artması sonucunda yüksek gelirli ülkelerle arasındaki et tüketimi açığının kademeli olarak azalması beklenmektedir. Bununla birlikte, alt orta ve düşük gelirli ülkelerde, etin diyet katkısı nispeten daha az olup (toplam proteinlerin %10'undan az); proteinlerin %70'inden fazlası bitkisel kaynaklardan sağlanmaktadır. Kişi başına ortalama et tüketim mevcudiyeti, yüksek gelirli ülkelere göre 5 g protein/kişi/gün ile altı kat daha düşük düzeydedir. Et tüketiminin düşük olması temel olarak gelir seviyesinden

kaynaklansa da, tedarik zinciri sorunları (örneğin soğuk zincir altyapısının olmaması) ve hayvansal olmayan protein kaynaklı diyet tercihleri de talebi sınırlamaktadır (Frezal ve ark., 2022).

1960'lı yıllardan itibaren birçok ülkede et tüketimi artış göstermeye başlamıştır. Son yıllarda yapılan çalışmalar, et tüketiminin 1960-2010 yılları arasındaki dönemde %204, 1992-2016 yılları arasındaki dönemde ise %500 artış gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu veriler beslenme alışkanlıklarının son yıllarda büyük ölçüde değiştiğini göstermektedir (Polat ve Yılmaz-Tuncel, 2020). Nitekim et endüstrisinin artan nüfusa (tahminen 2050 yılında 9,7 milyar) bağlı olarak kişi başı et ihtiyacını karşılaması için üretimini yaklaşık %50-73 oranında arttırması gerektiği belirtilmektedir. Ancak tarım alanları ve su kaynaklarının yetersizliği nedeniyle et üretim kapasitesi sınırlı kalmaktadır (Choudhury ve ark., 2020).

Küresel et arzının, 2031 yılına kadar 377 milyon metrik tona ulaşacağı tahmin edilmektedir. Hayvan yetiştiriciliği, yönetimi ve teknolojisi alanındaki sürekli iyileştirme faaliyetleri düşük ve orta gelirli ülkelerde hem üretkenliğin artmasına hem de üretimin büyümesine destek sağlayacaktır. Et üretimindeki toplam artışın büyük ölçüde Çin tarafından sağlanacağı ve bunu Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Brezilya ve Hindistan'ın izleyeceği düşünülmektedir (OECD/FAO, 2022).

Geleneksel et, besleyici özellikleri ve tadı nedeniyle popüler bir protein kaynağıdır. Dünya nüfusunun artmasıyla birlikte et tüketimi de artış göstermektedir. Bununla birlikte, et üretimi ve tüketimi ile ilişkili olarak ortaya çıkan çevresel kaygılar, alternatif et kaynaklarına olan ilginin artmasına neden olmaktadır (Ko ve ark., 2021). Nitekim piyasada erişilebilir durumda ve tüketici kabul edilebilirliği olan bitki bazlı et alternatifleri de yer almaktadır. Tat ve dokularına atfedilen olumsuzluklar nedeniyle toplam pazarın sadece küçük bir bölümünü oluşturmaktadırlar (Hoek ve ark., 2011). Ayrıca yaşanan gelişmeler karşısında başka bir çözüm önerisi de, canlı hayvan hücrelerinden ekstrakte edilerek *in vitro* olarak laboratuvar ortamında üretilen kültür eti fikrinin ortaya çıkmış olmasıdır (Zhang ve ark., 2021). *In vitro* et üretimi, geleneksel et üretimine göre insan sağlığı, hayvan refahı ve çevresel yönden avantajlara sahiptir (Bhat ve ark., 2017).

Büyük ölçekli yapay kültür et üretimi, hayvancılık üretim sistemi ile ilgili birçok çevresel

sorunun çözülmesine yardımcı olacaktır. Nitekim kültür et üretimi ile arazi kullanımını %99, su kullanımını %96 ve enerji tüketimini %45 oranında azalacağı tahmin edilmektedir. Kültür etinin geleneksel sığır eti, domuz eti ve tavuğa kıyasla karbon ayak izini sırasıyla %92, %52 ve %17'ye kadar, hava kirliliğini de %93, %49 ve %29'a kadar azalttığı bildirilmiştir (Zhang ve ark., 2021).

İnsan beslenmesi için yapay et fikri, Winston Churchill'in makalesinde ve daha sonra 1932'de "Düşünce ve Macera" kitabında ifade edilmiştir. 1960'tan 2000 yılına kadar bilim insanları kas oluşum mekanizmasını netleştirerek embriyonik kök hücrelerinin *in vitro* olarak çok çekirdekli miyotüpleri oluşturduklarını tespit etmişlerdir. Benjaminson ve ark. (2002), astronotlar için uzun süreli hayvansal protein ihtiyacını karşılamak amacıyla Japon balığı (*Carassius auratus*) kas dokusunu petri ortamında kültüre etmişler. Duyusal değerlendirme sonuçlarına göre kültüre edilmiş kas dokusunun pişirilerek gıda olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir. 2011 yılında araştırmacılar, hindilerden biyopsi yöntemi ile elde edilen kas hücrelerini sığır serumu ile kültüre ederek hindi eti şeritlerini üretmişlerdir. 2012 yılında Hollandalı bilim adamı Mark Post tarafından 6 yıllık araştırma sonucunda dünyanın ilk yapay kültür eti piyasaya sürülmüştür. Kasım 2019'da Çin'li bilim adamı Guanghong Zhou tarafından domuz kası kök hücrelerinden 5 g'lık yapay kültür eti üretilmiştir (Zhang ve ark., 2021).

Gıda üretim teknolojileri ve yenilikleri her ne kadar gıda güvenliği ve sürdürülebilirliği açısından önemli olsa da, yeni gıda ürünlerinin tüketiciler tarafından kabul edilmesinde tereddüte neden olmaktadır. Teknolojik ilerlemenin olumlu algılandığı diğer sektörlerin aksine tarım-gıda sektöründeki yeniliklere tüketiciler tarafından gıdanın doğal yapısından ödün verme endişeleri nedeniyle genellikle olumsuz bakılmaktadır (Zhang ve ark., 2022).

Yapay etin ticarileştirilmesinin önünde bazı zorluklar bulunmaktadır. Bunlardan ilki yapay etin üretim aşamalarıdır. Büyüme ortamı; hücrelerin çoğalması, arzu edilen hücre tiplerine farklılaşma ve bir et ürünü oluşumu için gerekli besinleri içerir. Bunlardan birisi olan fetal sığır serumu kesim sırasında hamile ineklerden elde edildiği için hayvan hakları savunucuları tarafından karşı çıkmaktadır. Besleyici ve protein açısından zengin bir sıvı olan fetal sığır serumu pahalıdır ve üretim maliyetlerinin %80'nini oluşturmaktadır. Bu nedenle yapay et üretiminde birçok şirket, fetal sığır serumu kullanımını ortadan

kaldırma girişiminde bulunmuştur (Choudhury ve ark., 2020). Ayrıca et hücrelerinin büyütülmesi ve çoğaltılması sırasında kanser hücrelerinin oluşma riskine de dikkat edilmesi önemlidir (Hopkins ve Dacey, 2008; Hocquette ve ark., 2015).

Yapay et üretiminde aşılması gereken başka bir sorun ise tüketici algısıdır. Pek çok tüketici tarafından gıda güvenliği ve çevresel faydaları konusunda ortak fikir birliği olmasına rağmen yapay etin doğal olmadığı ve etik kuralları ihlal ettiği gerekçesiyle tüketilmesi reddedilmektedir. Aynı zamanda, tat ve tekstür de yapay et üretiminde çözülmesi gereken sorunlardan biridir. Buna rağmen, yapay etin üretim süreci ve avantajları hakkında bilgilendirme ile büyük ölçüde geleneksel ete karşı fiyat engelinin aşılmasına bağlı olarak yapay et tüketiminin yaygınlaşacağı tahmin edilmektedir (Choudhury ve ark., 2020).

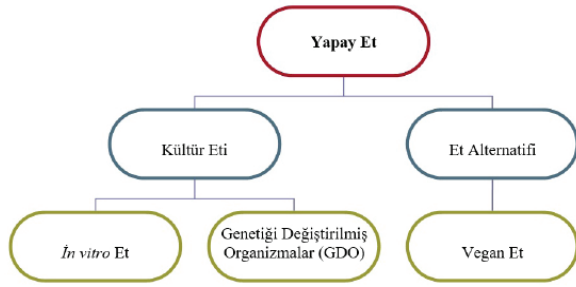
YAPAY ETİN SINIFLANDIRILMASI

Yapay et, bitki bazlı et alternatifleri (bitki özleri ve mantarlar) ve kültür eti (laboratuvar ortamında *in vitro* üretilen veya genetiği değiştirilmiş organizmalardan ve klonlanmış hayvanlar) olmak üzere 2 grupta sınıflandırılmıştır (Mc Clements, 2020; Mateti ve ark., 2022). Yapay etin sınıflandırılması Şekil 1'de gösterilmiştir.

Bitkisel bazlı geleneksel et alternatiflerinin (vegan et) üretiminde bitkiler ve mantarlardan elde edilen hayvansal olmayan proteinler kullanılmaktadır (Kumar ve ark., 2016). Genellikle buğday ve soya bazlı bitkisel proteinler seçilerek verimli üretim elde edilmiştir. Ancak bitki bazlı ürünlerin hem tadına hem de hissine yönelik olarak kullanılan teknolojik gelişmeler olsa da bitkisel proteinler ve şekerlerin kullanılması ile elde edilen vegan etin geleneksel etin yerini tutması zor görünmektedir. Bu nedenle bitki bazlı et, çoğunlukla hamburger, sosis veya diğer kıyılmış ürünler gibi işlenmiş et ürünlerinde kullanılmaktadır.

In vitro olarak kas kök hücrelerinin özel donanımlı laboratuvar koşullarında çoğaltılarak, kimyasal ve fiziksel uyarılar yardımıyla hücrelerin büyümesi ve farklılaşması sonucunda kültür etinin üretimi mümkün olmaktadır (Orzechowski, 2015). Yapay et üretiminde iskelet kas dokusu; mezenkimal kök hücreler ve doğal dokudan izole edilen kas kök hücreleri tarafından oluşturulmaktadır. Bu hücreler diğer hücreler ile

karşılaştırıldığında hem yüksek oranda çoğalma hem de serum içermeyen koşulda gelişebilme yeteneğine sahiptirler (Post, 2012; Oikonomopoulos ve ark., 2015). Kültür etinin üretimi için uygulanan süreç iki aşamalı olarak ele alınmaktadır. İlk aşama başlangıç hüresinden maksimum düzeyde hücre elde edilmesini hedefleyen çoğalma sürecidir. İkinci aşama ise maksimum seviyede proteinin elde edilmesi esasına dayanan farklılaşma ve olgunlaşma sürecidir (Stephens ve ark., 2018).



Şekil 1. Yapay etin sınıflandırılması (Mateti ve ark., 2022).

KÜLTÜR ETİ ÜRETİMİ

Yenilebilir hayvan etlerinin çoğunluğu iskelet kas dokusundan oluşmaktadır. Yenilebilir et üretimi amacıyla iskelet kas dokusunun kullanıldığı yöntemler çok az araştırılmış olsa da, onlarca yıl öncesine kadar uzanmaktadır. *In vitro* üretim yaklaşımları genel olarak iskelet tabanlı ve kendini düzenleme stratejileri olmak üzere 2'ye ayrılmaktadır (Mateti ve ark., 2022).

Proliferatif miyoblastlar yani iskelet kası kök hücrelerinin, kolajen ağı gibi taşıyıcılara tohumlanmasını takiben sabit veya dönen bir biyoreaktörde kültür ortamı ile perfüze edilmesi işlemi iskelet tabanlı yöntemin bir parçasıdır. Çeşitli çevresel uyarılara maruz kaldıklarında, bu hücreler miyotüpler halinde birleşir ve sonunda kas liflerine dönüşür. Bu yöntemle elde edilen kas lifleri, et gibi pişirilerek yenilebilmektedir. İskelet temelli yöntem ile hamburger veya sosis gibi kemik içermeyen et ürünlerinin üretilmesi uygun iken biftek gibi etlerin üretilmesi için uygun değildir (Dennis ve Kosnik, 2000).

GDO'lar ve klonlanmış hayvanlardan elde edilen et de kültür eti olarak kabul edilmektedir. GDO'ların genleri, başka bir organizmada DNA içerecek şekilde değiştirilir. Bu yöntem, benzerleri ile karşılaştırıldığında modifiye edilmiş ürünlerin üretilmesinde avantajlı olduğundan yaygın olarak kullanılmaktadır (Eenennaam

ve Louise, 2017). Hayvan klonlama sonucunda ebeveynin genetik özelliklerine sahip olan türleri ortaya konulması karmaşık bir süreçtir. Şimdiye kadar koyunlar, domuzlar, keçiler, sığırlar ve tavşanlar klonlanmış ancak hiçbiri tüketilmemiştir (Mateti ve ark., 2022).

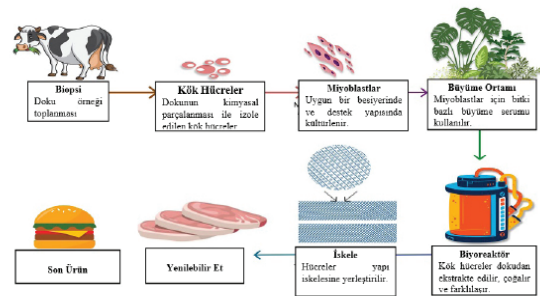
İn vitro Et Üretim Yöntemleri

İskele Yöntemi

Sığır, koyun ve domuz gibi çiftlik hayvanlarından embriyonik miyoblastların ayrılması ve bitki bazlı bir büyüme ortamı kullanılarak sabit veya dönen bir biyoreaktör ortamında gelişmeleri için iskelet tabanlı *in vitro* et üretim sistemine ihtiyaç vardır. Bu hücreler haftalar veya aylarca yeniden bölünerek biyoreaktör içinde yer alan iskelet üzerinde kas liflerine dönüşmektedir (Seah ve ark., 2022).

Etin kitlesel olarak kültüre edilmesini sağlayan büyük ölçekli bir biyoreaktör henüz tasarlanmamıştır. Kas oluşumu, metabolik atıkları ortadan kaldırırken büyüyen kas hücreleri veya lifleri dolaşım sistemini kullanarak ihtiyaç duyduğu besin ve oksijen gereksinimini sağlamaktadır. Küçük haldeki kas parçaları, difüzyon yoluyla yeterli besin ve oksijen elde etmesine rağmen, ihtiyaç duyulan oksijen ve besin kaynağı için kan arterlerine sahip olan kültür kasları geliştirilmemiştir (Skardal ve ark., 2010).

Mevcut durumda birkaç hücre kültürü yöntemi erişilebilir olmasına rağmen *in vitro* et üretiminde en zorlu aşama optimal kültür ortamının kompozisyonunu belirlemektir. Bu kültür ortamı; ucuz olmalı, gıda bileşenlerini tamamen içeren ve büyük miktarlarda yaygın olarak erişilebilir aynı zamanda kas hücresinin gelişimi, çoğalması ve farklılaşmasını sağlamada etkili olmalıdır (Datar ve Betti, 2010). İskelet yönteminin aşamaları Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. İskelet yönteminin aşamaları (Mateti ve ark., 2022).

Kültür Ortamı ve Büyüme Faktörleri

Kültür ortamı; kolayca erişilebilir, ucuz ve yenilebilir, aynı zamanda gelişmeyi sürdüren ve teşvik edici özellikte olmalıdır. Hücre büyümesi için amino asitleri, yağ asitleri, vitaminleri, iz elementleri ve hücre dışı kesecikler gibi besin maddelerini içeren ortamlara ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca antibiyotik/antimitotik kombinasyonlarının yanı sıra bazı kültürlerin bir embriyo ekstraktına gereksinimi vardır (Aswad ve ark., 2016).

Kas hücreleri, insülin benzeri büyüme faktörü 1'in birincil kaynağıdır ve *in vitro* et üretimi için gereklidir. Bilim adamları tarafından genellikle mitojenik büyüme faktörü seviyeleri düşürülerek miyoblast farklılaşması ve füzyonu artırılmaktadır. Daha sonra çoğalan kas hücreleri farklılaşma ve miyotüp oluşumunu sağlayan insülin benzeri büyüme faktörü 2'nin üretilmesini başlatır (Florini ve ark., 1991). Büyüme faktörleri, inhibitörler ve metabolik düzenleyicilerin belirli bir oranı söz konusu olsa da, hücre büyümesinden birincil olarak hangi serum bileşenlerinin sorumlu olduğu çoğu zaman belirsizdir (Mannello ve Tonti, 2007).

In vitro et üretimi ile ilişkili olan iskelenin bileşimi kültür ortamına benzer şekildedir. Hem sentetik hem de hayvansal türevli çok sayıda biyomateryal test edilmiştir. *In vitro* et üretimine yönelik denemelerde kolajen bazlı iskeleler başarılı olarak kullanılırken, sentetik biyomateryallerin kullanılmasına yönelik yapılan çalışmalarda ise kas dokusunun kasılmasında güçlüklerle karşılaşmıştır (Snyman ve ark., 2013).

Biyoreaktör

Doku rejenerasyonunda biyoreaktör düzeneği önemlidir. Hücrelerin bir iskeleye tohumlanmasını takiben uygun büyüme ortamının eklenmesi ile inkübatörde kültürlenmenin gerçekleşmesi amacıyla sabit özellikteki biyoreaktörler yaygın olarak kullanılmaktadır. *In vitro* et üretiminde, doku büyümesini uyarabilen yüksek hacimli örnek perfüzyonu ve düşük seviyede kesmeyi sağlayan yeni tip biyoreaktörlerin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır (Martin ve ark., 2004).

Biyoproses

Hücre çoğalması, hücrelerin farklılaşması, ürün yapımı ve atık değerlendirilmesi olmak üzere dört aşamadır. *In vitro* et biyoprosesleri, kas hücrelerinin çoğaldığı ve farklılaştığı ortamın karmaşık olmasından dolayı mevcut

biyoproseslerden ayrılmaktadır (Schnitzler ve ark., 2016).

Döner duvarlı kap biyoreaktörü, merkezkaç kuvveti, sürüklenme kuvveti ve yerçekimi kuvvetini dengeleyen bir hızda döner. Üç boyutlu kültür besiyerine daldırılarak, mevcut *in vivo* ile karşılaştırılabilir özellikte dokunun geliştirilmesine yardımcı olur. İskele tabanlı et üretiminde kullanılan bir başka biyoreaktör tipi de doğrudan perfüzyon biyoreaktörleridir. Bu biyoreaktör, yüksek kütle aktarım oranına ve önemli ölçüde düşük seviyede kesme gerilim özelliğine sahiptir (Carrier ve ark., 2002).

Kendini Düzenleme Yöntemi

In vitro et üretilmesine yönelik yüksek düzeyde yapılandırılmış eksplante hayvan kas dokusunun kullanıldığı yöntemdir. Kendini düzenleme yöntemi kas dokusunun oluşturulmasını veya mevcut kas dokusunun *in vitro* çoğalmasını içerir (Benjaminson ve ark., 2002).

Benjaminson ve ark. (2002), homolog yetişkin kas dokusu hücrelerinin bir substrata bağlanarak gelişmelerini araştırmışlardır. Bu amaçla yaptıkları çalışmada Japon balığı dokusu dilimlerini pelet yapımı için doğramış ve santrifüjlemişlerdir. Daha sonra bu besin karışımını petri kaplarına koyarak 7 gün boyunca gelişmeleri için bırakmışlardır. Benjaminson ve ark. (2002) fetal sığır serumu yerine olası alternatiflerin belirlenmesi amacıyla bir dizi ortamın (cenin sığır serumu, balık unu özütü ve birkaç mantar özütü dahil) her birinin eksplant kas dokusunun gelişmesine nasıl yardımcı olduklarını incelemişler. 2 hafta sonra 48 kültürün %81'inde petri kabına doku yapışmasının, %63'ünde kendiliğinden iyileşmenin ve %74'ünde hücre çoğalmasının meydana geldiği görülmüştür. Besleyici ortam olarak fetal sığır serumunun kullanılması ile eksplante edilen dokuda yaklaşık olarak %14 oranında, maitake mantar özünün kullanılması ile %13'ten fazla artış tespit edilmiştir. Japon balığı iskelet kası hücrelerini içeren kültürde bir hafta sonra, eksplantların yüzey alanının %79 oranında artış gösterdiği saptanmıştır. Taze balık filetolarına benzerlik gösteren eksplantlar ve yeni oluşan doku zeytinyağı ve sarımsakla marine edilmesi işleminden sonra duyuusal bir panele değerlendirme yapılmak üzere gönderilmeden önce derin yağda kızartılmıştır. Duyusal panel sonucunda, eksplantların ve yeni gelişen dokunun yenilebilir nitelikte görünümüne ve kokuya sahip olduğu bildirilmiştir (Bhat ve ark., 2020).

Li ve ark. (2015) tarafından domuz kas hücrelerinin izolasyonu ve çoğalması için bir protokol oluşturulmuştur. Buna göre; araştırmacılar ilk olarak kasları küçük parçalara ayırarak, hücrelerin izole edilmesi ve peletlerin yapımı için santrifüjlemişlerdir. Daha sonra bunları, penisilin-streptomisin içeren fetal sığır serumlu gelişme ve at serumlu farklılaştırma ortamlarında çoğalmak üzere petri kaplarına yerleştirmişlerdir. Bir hafta sonunda yaklaşık %70 oranında artışın olduğunu tespit etmişlerdir. Son zamanlarda Wang ve ark. (2020), keçi iskelet kası hücrelerinin fetal sığır serumu içerikli gelişme ve at serumu içerikli farklılaşma ortamında yaklaşık %80 oranında artış gösterdiğini bildirmişlerdir.

3D /4D (Üç/Dört Boyutlu) Organ veya Biyo-Baskı Yöntemi

Üç boyutlu (3D) ya da dört boyutlu (4D) organ veya biyobaskı geleneksel baskı ilkelerine dayanmaktadır (Şekil 3). Biyo-ürünün prototipinin oluşturulması için bilgisayar destekli tasarım yazılımı kullanılmaktadır. Hücreler, bilgisayar destekli tasarım yazılımına göre jellerin üzerine püskürtülür ve kültürleme esnasında hücreler, kan iletmek için temel hücresel yapıya ve vaskülarizasyona sahip olabilen biyo-ürünü oluşturmak üzere birleşir (Boland ve ark., 2003; Hopkins ve Dacey, 2008). 3D biyobaskı, rejeneratif doku ve organ terapötik uygulamaları için fonksiyonel ve anatomik olarak özdeş dokuların veya organların oluşturulmasında en etkili yöntemlerden biridir. Karşılaştırılabilir teknolojiyi kullanan 4D baskısı, 3D baskısını genişletir ve zaman içinde başka bir değişiklik boyutu ekler. Hedef organ veya dokular nem ve sıcaklığa duyarlıdır. Bu yöntem

kas, kemik ve kardiyovasküler dokuların onarılmasında kullanılmaktadır (Javaid ve Haleem, 2019).

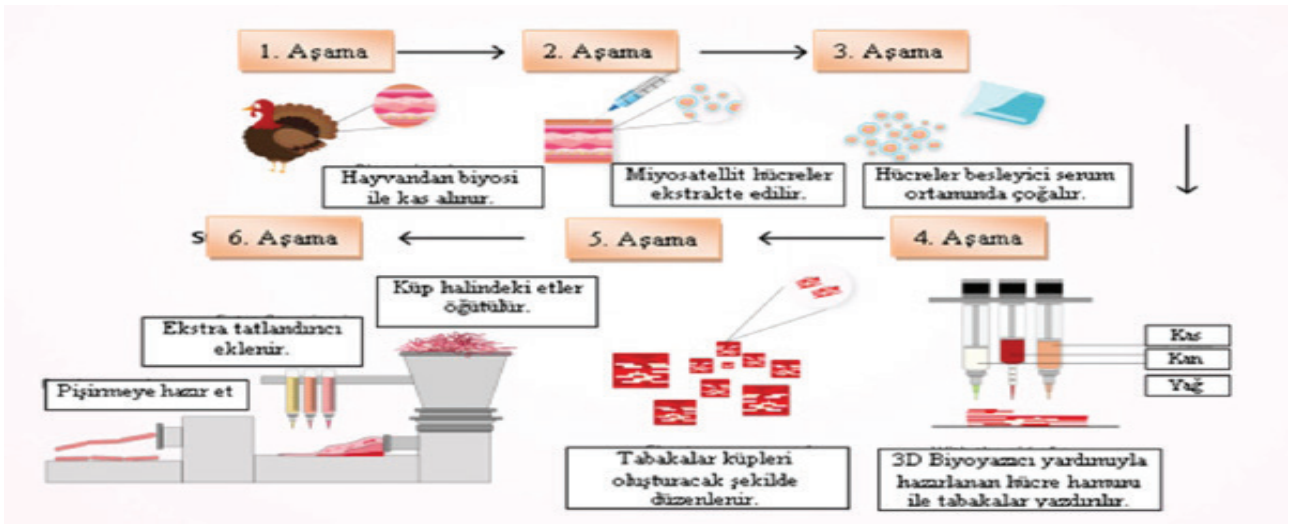
2021 yılında Aleph Farms ile İsrail Teknoloji Enstitüsü Technion işbirliğinde 3D biyobaskı yöntemi ile dünyanın ilk biftek eti başarılı bir şekilde geliştirilmiştir. Bu etin normal et yapısında benzerlik gösteren yağı içerdiği, yumuşak ve sulu özellikte olduğu iddia edilmektedir. Ayrıca şirket tarafından gelecekte 3D biyobaskı teknolojisinin kullanımı ile her türlü etin üretilebileceği belirtilmektedir (Poinski, 2021).

Biyofotonik Yöntem

Partiküllerin birbirine bağlanması için lazer ışığının kullanıldığı yeni bir yöntemdir. Malzemenin biriktirilebileceği ve ışık kaybolana kadar bir arada tutulabileceği özellikteki forma sahip olan “optik madde” üretilir. Bu malzeme birleştirilerek yeni bir katı yapı oluşturabilir. Işığın bu mekanik özelliği hala tam olarak anlaşılammıştır. Yeni teknoloji ile diğer tekniklere kıyasla kas hücreleri uyum sağladığı takdirde et üretilebilir ve yağ gibi özelliklerin kolayca aktarımı mümkün olabilir. Biyofotonik yöntem, geleneksel iskele teknikleri yerine hücreleri tutmak için kullanılacak alternatif yöntemdir. Bugüne kadar biyofotonik yöntem kullanılarak kırmızı kan hücreleri ve hamster yumurtalıkları oluşturulmuştur (Hopkins ve Dacey, 2008).

Nanoteknoloji Yöntemi

Moleküllerin hassas bir şekilde bir araya getirilmesi sonucunda hemen hemen her malzemenin oluşturulması ile atomik düzeyde maddenin manipüle edilerek molekül boyutta bir robot tasarlanması amaçlanmaktadır. Finansal



Şekil 3. 3D/4D organ veya biyo-baskı yöntemi (Mateti ve ark., 2022).

ve teknolojik olarak mümkün olmasa da yapay et üretimi için geçerli olabilir. Nanoteknoloji ile besin içeriği azaltılmadan etin raf ömrü uzatılabilir (Das ve ark., 2020). Doğurganlığın artırılmasına yönelik hayvanlara kadar uzanabilen manyetik nanoseleksiyon uygulamaları ile canlı sperm izole edilerek seçici üreme sağlanabilir (Durfey ve ark., 2019). Anti-mikrobiyal partiküllerle birleştirilmiş nano cihazların kullanılması ile et ürünlerinin orijinalliği ve son kullanma tarihi izlenebilir ve güvenli standartlar oluşturulabilir (Sikka, 2020).

Genetiği Değiştirilmiş Organizmalar (GDO) ve Klonlanmış Hayvanlar

GDO'lar, kültür yapay etin sınıflandırılmasında dikkate alınmaktadır. Benzerliklerine rağmen, genomları laboratuvar ortamında değiştirilen hayvanlar yapay olarak kabul edilmektedir. Klonlama, özdeş torunların üretilmesine yönelik olarak bilimsel desteklenen bir yaklaşımdır. İnsan tarafından yapılan bir prosedür olduğunda et yapay olarak görülebilmektedir. Hayvanların genetik modifikasyonu ile geleneksel et üretiminden kaynaklanan çevresel etki azaltılabilir (Eenennaam ve Louise, 2017). Teorik olarak uygulanabilir ve test edilmiş olmasına rağmen, bireylerin beslenmesinde genetiği değiştirilmiş hiçbir hayvanın tüketimine izin verilmemiştir.

Hayvan klonlaması ile spesifik genotipe sahip hayvan sayısının artırılması ve karbon salınımının azaltılması neticesinde mevcut genetik özelliğin yayılması sağlanır (Petetin, 2012). İyi genetik özelliğe sahip hayvanların klonlanması ile genetik manipülasyon gibi diğer stratejiler tamamlanabilir. Ancak hayvanların korunması bakımından bazı olumsuz sonuçlara neden olabilir. Bununla birlikte klonlama işlemi, büyük/anormal yavru sendromu ve doğrudan klonlama teknolojilerinden kaynaklanan erken ölümler gibi bazı edinimsel deformitelere neden olduğundan dolayı da kusursuz değildir (Verzijden ve Lawyers, 2012).

BİTKİ BAZLI KAYNAKLARDAN ELDE EDİLEN ET ALTERNATİFLERİ (VEGAN ET)

Quorn

Toprakta bulunan *Fusarium venenatum* mantarı olarak adlandırılan mikoproteinden yapılır. Mantar şekerle fermente edilir ve çeşitli quorn öğelerinde kullanılan bir hamur elde etmek için santrifüjlenir. Quorn, kan kolesterol

seviyelerini düşürmeye ve enerji tüketimini azaltmaya yardımcı olmaktadır. Quorn yiyecekler arasında köfte, pürzola, biftek, hamburger ve lazanya gibi hazır gıdaların vegan alternatifleri bulunur. Diğer vejetaryen protein kaynaklarıyla karşılaştırıldığında, kolesterol içermez, düşük oranda doymuş yağ asidi ve lif içeriğine sahiptirler. Ayrıca mikoprotein amino asit içeriği, diğer vejetaryen ve hayvansal proteinler ile benzerlik göstermektedir (Denny ve ark., 2008; Joshi ve Kumar, 2015).

Soya Eti

Soya proteini içeren ürünler, yüksek besin değerleri ve çeşitliliklerinin yanında düşük fiyatları nedeniyle popüler ürünlerdir. Soya proteini konsantresi ve soya proteini izolatu olmak üzere iki önemli bileşik vardır. Soya proteini konsantresi, kuru ağırlık bazında en az %65 protein içerikli iken soya protein izolatu ise en az %90 protein içeriğine sahiptir. Soya etinde bulunan arzu edilmeyen besin maddelerinin uzaklaştırılması amacıyla soya proteini, 30 °C'de su ile ekstrüderde yaklaşık 3 saat süreyle birleştirilir. Malzeme hamur haline getirilir ve ısıtılır. Kabuk kısmın ortadan kaldırılması ve daha sonra kurutularak kabarık halde katı yapının elde edilmesi için denatüre edilir. Doku kalitesinin artırılması amacıyla proses bölümündeki sıcaklık değerinin 70 °C civarında 5-8 saat boyunca yüksek tutulması oldukça önemlidir (Riaz, 1999).

Tempeh

En çok bilinen fermente gıdadır. Besin maddeleri ve biyoaktif bileşikler bakımından yüksek değere sahiptir. Tempehin baskın bileşeni *Rhizopus oligosporus* olmasına rağmen mayaları, küfleri, Gram negatif bakterileri ve laktik asit bakterilerini içeren karışık bir fermantasyon ürünüdür. Tempeh, soya fasulyelerinin ıslatılması ve pişirilmesi daha sonra da mantarın ilave edilmesiyle üretilir. 24 saat sonra cevizli bir tat özelliğindeki köfteler ve diğer et alternatifleri çiğnenebilir bir mantar dokusuna sahip olmaktadır. Tempeh'in protein içeriği fermantasyon sırasında önemli ölçüde artış göstermektedir. Bu durum tempehi, fermente edilmemiş soya fasulyesine göre daha sindirilebilir hale getirmektedir (Nout ve Kiers, 2005).

Tofu

Kalsiyum, demir ve protein gibi birçok besin öğesini içeren soya fasulyesinden yapılan bitki bazlı bir et

alternatifidir. Tofu, soya sütünün CaSO_4 veya MgCl_2 ile pıhtılaştırılmasıyla yapılır. Tofu içeriğinin %8'i protein, %4-5'i yağ, %2'si karbonhidrat ve taze ağırlık bazında %1'i diyet lifinden oluşmaktadır. (Stanojevic ve ark., 2010). Tofuya besinsel ve fizyolojik fayda sağlamak amacıyla vitaminler ve mineral maddeler ilave edilebilir (Azadbakht ve ark., 2007).

Kinema

Fermantasyon sırasında kullanılan *Bacillus* mantarı nedeniyle alkali ve yapışkan özellikte fermente bir gıdadır. Kuru ağırlık bazında kinemanın; %7'si kül, %17'si yağ, %28'si karbonhidrat ve %48'i proteinden oluşmaktadır (Wang ve Murphy, 1994).

Olgunlaşmamış Yeşil Soya Fasulyesi

Baklalar, tuz ve diğer baharatlarla servis edilmeden önce buharda pişirilir. Olgunlaşmamış yeşil soya fasulyesinin %73'i su, %12'si protein, %9'u karbonhidrat ve %5'i yağdır. 100 gramı 121 kalori değerine sahiptir. Protein, diyet lifi, folat ve mangan gibi mineral maddeler ile K vitamini bakımından zengindir. Yağ bileşiminde 361 mg omega-3 yağ asidi ve 1794 mg omega-6 yağ asidi bulunur (Johnson ve ark., 2000). Yeşil soya fasulyesi kabukları olgunlaşmadan önce (çiçek açmasından yaklaşık 35-40 gün sonra) hasat edilir ve kaynatılır. Daha sonra buharda veya mikrodalgada pişirilir. Kaynatmadan veya buharda pişirmeden önce kapsüllerin uçları kesilir. Soya fasulyesi baklaları pişirildikten sonra lezzeti arttırmak amacıyla kaynar suda eritilmiş tuz ilave edilir. Olgunlaşmamış yeşil soya fasulyesinin 10 saat içerisinde tadı bozulacağından hasat edildiği gün tüketilmesi tavsiye edilmektedir. Baklalar, taze olarak kalması ve renk değişiminin önlenmesi için nemli olmalıdır (Shanmugasundaram, 1991).

Diğer Çeşitler

Tatlı acı bakla tohumları vegan et alternatifleri olabilir. Etsiz (Hollanda ürünü), çeşitli form, tat ve renklerde acı bakla veya buğdaydan oluşmaktadır (European Commission, 2016). Acı bakladan yapılan birçok et alternatifi mevcuttur. Amerika Birleşik Devletleri'nde, risofu (İtalyanca pirinç, riso ve tofu kelimesinden oluşan bir terim) adı verilen pirinç burgerleri ve sosisleri, Tayland'ın pirinç bazlı tofu üreten Shan bölgesinden esinlenmiştir (Schmidinger, 2012). Yenilebilir yağlar, koyulaştırıcı maddeler, tahıllar,

pirinç ve alglerin kombinasyonu, vegan et alternatiflerinin habercisidir. Örneğin Almanlar remis algen üretmektedir. Başka bir örnek ise Hindistan Yarımadası'nda inek veya manda sütünden üretilen besin açısından zengin paneer veya Hint süzme peyniridir (Mateti ve ark., 2022).

Bitki Bazlı Et Alternatifleri Üretim Yöntemleri

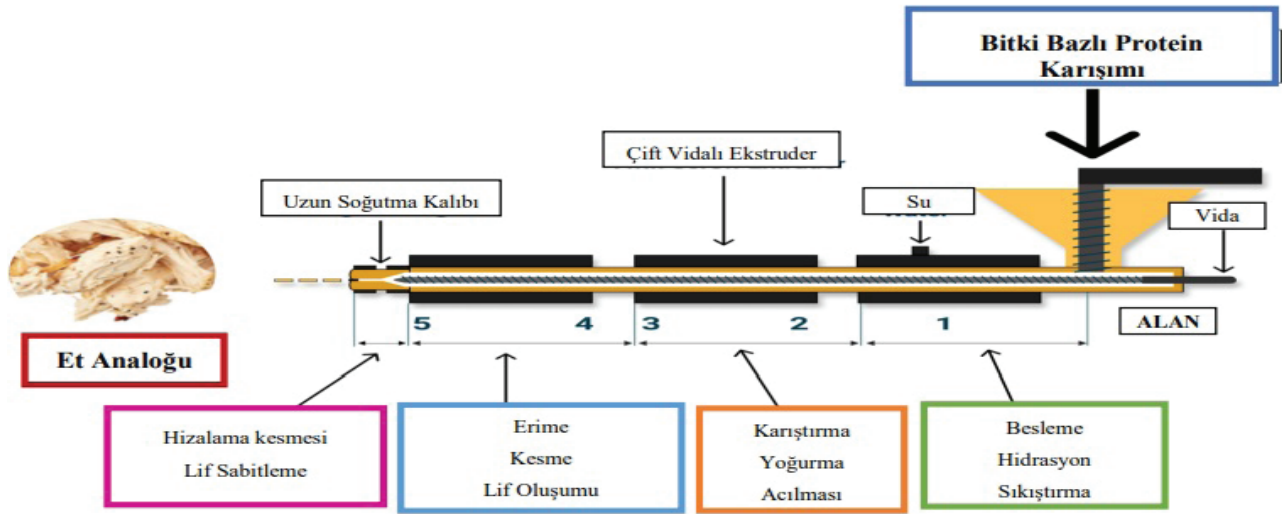
Termo-Ekstrüzyon Yöntemi

İşleme teknikleri, gerçek et hissine sahip bitki bazlı veya tam kaslı et alternatiflerinin oluşturulmasını amaçlamaktadır (Mattice ve Marangoni, 2020). Termo-ekstrüzyon yöntemi; düşük maliyeti, enerji verimliliği, uyarlanabilirliği ve mükemmel üretkenliği nedeniyle sıklıkla kullanılmaktadır. Bitki proteinlerinin daha sonra et alternatif ürünleri için yapılandırılmış fibrillere dönüştürülmesinde kullanılan birincil işleme yöntemidir. Termo-ekstrüzyon, düşük, orta ve yüksek nemli olabilmektedir (Akdoğan, 1999).

Termo-ekstrüzyon yöntemi; genleştirme, şekillendirme, ısıtma, hava giderme, homojenleştirme, sıkıştırma, kesme, hidrasyon ve karıştırmayı içeren çok amaçlı bir prosedürdür (Şekil 4). Ekstrüzyon, yüksek sıcaklık (140-180 °C) ve orta-yüksek nem konsantrasyon değerlerinde (%40-80) proteinin tekstüre edilmesi ve sonrasında lif yapılarının oluşturulmasını sağlayan kesme işlemi ile gerçekleştirilmektedir. Bu koşullar, ürünün genleşmesi ve protein jelleşmesi, hamur şekli, yağ emülsifikasyonu ve partikülün yeniden yapılandırılması üzerinde hassas bir rol oynamaktadır. Ekstrüzyon işlemi, protein bileşenlerinin mikro düzeyde pıhtılaşması ve fibrilasyonuyla sonuçlanmaktadır (Wild ve ark., 2014).

Yüksek Sıcaklıkta Konik Hücre Kesimi Yöntemi

Yüksek sıcaklıkta konik hücre kesimi yönteminde, hareketli bir taban konisine sahip ve iç içe geçmiş konilerden oluşan bir cihaz kullanılmaktadır. İki koni arasındaki boşluk, ısıtma esnasında (95-140 °C aralığında değişen sıcaklıklarda) buhar çıkışının önlenmesi amacıyla sızdırmaz hale getirilmiştir (Krintiras ve ark., 2016). Bu yöntem ile bezelye proteini-buğday gluteni ve soya proteini-buğday glutenini birleştirerek fibriller üretilir. Elde edilen karışım 15 dakika ısıtılır ve daha sonra 25 °C'ye soğutulur. Gıdalar, yapısal olarak kararlı liflerin oluşturulması amacıyla plastik torbalar içinde oda sıcaklığında en az 1 saat bekletilir. 110 °C ve 120 °C'de işlenen soya proteini karışımları, tavuk etine eşdeğer



Şekil 4. Etin termo-ekstrüzyon işlemi (Mateti ve ark., 2022).

bir mekanik dayanıklılığa sahipken, 140 °C'de işlenen bezelye proteini karışımları ise soya proteini karışımlarıyla kıyaslanabilir güçtedir (Schreuders ve ark., 2019).

YAPAY ET ENDÜSTRİSİNİN GELECEĞİ

Yapay et üreticileri, etin besin ögesi içeriği ve miktarının istenildiği gibi değiştirilebileceğini savunsalar da yapay et üretimi konusunda kesinleşmiş prosedürler mevcut değildir. Normalde etin yapısında bulunan makro ve mikro besin öğelerinin *in vitro* olarak nasıl oluşturulacağı tam olarak bilinmemektedir (Chriki ve Hocquette, 2020).

Kas hücreleri tarafından sentezlenemeyen bazı besin öğelerinin *in vitro* etin büyüme ortamında sentezlenmesi mümkündür. Bu besin öğelerinin en önemlilerinden biri olan B₁₂ vitamini, bağırsakta bulunan bakteriler tarafından sentezlenmekte ve sadece geleneksel yöntemle üretilen etin yapısında bulunmaktadır. Ancak dışarıdan B₁₂ vitamini takviyesi yapılarak *in vitro* et ürünün B₁₂ vitamini içermesi sağlanabilir. Aynı şekilde normal ette myoglobin ve hemoglobinin yapısında bulunan demirin de kültür ortamına eklenmesi gerekmektedir (Aisen ve ark., 2001).

Sağlıklı beslenme açısından oldukça önemli olan hayvansal kaynaklı besinler, zoonoz hastalıklar açısından da risk taşımaktadır. Zoonoz hastalıklar, omurgalı hayvanlardan insanlara doğal olarak bulaşabilen bir hastalık veya enfeksiyon olarak tanımlanmaktadır. Bazıları direkt hayvanlar yoluyla, bazıları ise hayvansal kaynaklı besinlerin tüketilmesi yoluyla bulaşan 200'den fazla zoonoz bulunmaktadır. (WHO, 2020). Yapay et

üretim sürecinde hayvanlarla aktif temas olmaması, zoonozlara karşı koruma sağlamaktadır (Hocquette ve ark., 2015).

Hayvansal kaynaklı besinlerin hazırlanması, pişirilmesi veya saklanması sırasında ortaya çıkabilecek fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik tehlikeler de bulunmaktadır. Bu nedenle tüm üretim süreçlerinde gıda güvenliğinin sağlanması oldukça büyük önem arz etmektedir (Erkmen, 2010). Geleneksel et üretim süreci ile karşılaştırıldığında, laboratuvar koşullarında kontrollü ortamda üretilen yapay etin sahip olduğu mikrobiyal risk oldukça azdır. Dolayısıyla yapay etin hayvansal orijinli besinlerden kaynaklanan hastalıkların önüne geçebileceğini veya azaltabileceğini söylemek mümkündür (Pandurangan ve Kim, 2015).

Canlı kök hücrelerin laboratuvar ortamında çoğaltılması sonucu yapay etin elde edilmesi, geleneksel üretim tekniklerine göre daha kısa sürmektedir (Bhat ve ark., 2017). Bu amaçla fetal sığır serumu, büyüme faktörü, hormon ve enzim gibi çok çeşitli biyolojik yapılara ihtiyaç duyulmakta; ancak elde edilen yapay et geleneksel etin sahip olduğu damar, yağ ve kas dokusu gibi yapılarına tam olarak benzerlik göstermemektedir (Ben-Arye ve Levenberg, 2019). Lezzet açısından değerlendirildiğinde ise yapay et geleneksel etin yerine geçebilecek durumda değildir (Zhang ve ark., 2020). Ayrıca yapay et teknolojisi uygulamalarında yetişmiş uzmanlar, gelişmiş donanımlı laboratuvarlar ve özel biyolojik içeriklere ihtiyaç duyulmaktadır (Muslu, 2021). *In vitro* et üretimi üzerine yapılan çalışmalar her ne kadar yüksek maliyetler

gerektirse de, laboratuvarlarda küçük çaplı üretimler gerçekleştirilmiştir. Ancak büyük ölçekli seri üretime geçilmesi halinde ürünün fiyatlandırılması ve piyasaya çıkış sürelerinin nasıl olacağı henüz belirsizliğini koruyan konulardır (Mateti ve ark., 2022).

Geleneksel et üretim prosesinde boynuz, tırnak, deri ve kemik gibi insan beslenmesinde kullanılmayan, ancak çok çeşitli amaçlarla kullanılmak üzere geri dönüştürülebilir yan ürünler ortaya çıkmaktadır (Ashley, 2002). Yapay et üretimi kas dokusunun çoğaltılmasına dayanan bir yöntem olduğundan hem geleneksel et üretim prosesindeki hem de hayvanların bakım sürecinde bazı atıklar oluşmamaktadır (Datar ve Betti, 2010).

Yapay et üretiminde kas hücrelerinin çoğaldığı ve geliştiği kültür ortamındaki oksijen, ete kırmızı rengini veren myoglobinin oluşumunu engellediğinden doğal ete göre renksiz bir yapıya sahiptir. Bu nedenle yapay etin, miyoglobin ve hemoglobin proteinlerinde bulunan heme şeker pancarı ve safran gibi doğal renklendiricilerin ilave edilmesi ile besin değerinin artırılmasının yanında renklendirilmesi de mümkün olmaktadır (Bhat ve ark., 2015). Tekstürün oluşmaması da diğer bir dezavantaj olarak değerlendirilmektedir. Bu amaçla yapay ete transglutaminaz ilavesi yapılabilmektedir. Ancak sıradışı kimyasal bağlar ve farklı aminoasitler oluşturmasının yanında sindirilememesi de insan sağlığı üzerinde bir takım olumsuz etkilere neden olabilmektedir (Mateti ve ark., 2022).

Yapay et kavramı, üretim teknolojisi ve ismi açısından tüketiciler tarafından henüz tam olarak kabul edilmiş değildir. Genel olarak yapay ifadesi, besinlerin doğallıktan uzak olduğunu simgelediğinden tüketilme ihtimalini azaltmaktadır. Bu nedenle yapay et tüketiminin sürdürülebilirliği için lezzet açısından geleneksel ete benzemesi ve tüketici algısı açısından da olumsuz düşüncelerin ortadan kaldırılması gerekmektedir (Verbeke ve ark., 2015; Siegrist ve ark., 2018).

Sürdürülebilir diyetlerin ekonomik, ulaşılabilir ve tüketilebilir olmaları en önemli özellikleridir. Tüketimi şu an için oldukça sınırlı olan yapay et, ilk defa 2013 yılında hamburger köftesi olarak tüketime sunulmuştur. Eti tüketen kişiler, geleneksel etin dokusuna tam olarak benzerlik göstermese de tüketilebilir olduğunu belirtmişler; böylelikle yapay etin tüketilebileceği fikri güç kazanmıştır (Fountain, 2013). Ayrıca üretici firma tarafından, yaklaşık 325.000 dolar olan maliyetin 2050

yılına kadar düşeceği bildirilmektedir (Fountain, 2013; Stephens ve ark., 2018).

Kültür ortamında üretilmiş olan yapay etin, metan gazı emisyonunun azaltılmasında potansiyel faydası bulunmaktadır. Hayvan yetiştiriciliğinde çevreye metan, karbondioksit ve azot oksit gibi gazlar salınırken; yapay et üretiminde fosil enerji kullanımı sonucu karbondioksit gazı salınmaktadır. Dolayısıyla başta metan gazı olmak üzere hayvansal kökenli sera gazlarının salınımının azalması ile küresel ısınmanın da önleneceği belirtilmektedir (Mateti ve ark., 2022).

Günümüzde Hollanda, Amerika, İsrail ve Singapur gibi bazı ülkeler tarafından yapay et üretimi ile ilgili ciddi boyutta çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Ancak üretim maliyetleri ve satış fiyatı henüz herkes tarafından kolaylıkla tüketilebilecek düzeyde değildir. Yapılan çalışmalar, 2025 yılında yapay et fiyatlarının satın alınabilecek seviyeye geleceğini; 2030 yılında ise dünya et piyasasının %10'luk bir kısmını yapay etin oluşturacağını göstermektedir (Bryant ve ark., 2020). Ancak yapay et üretimi açısından yüksek üretim maliyetlerinin yanında tüketiciler tarafından kabul edilmesi, henüz bilinmeyen riskler, duyuşal özelliklerdeki farklılıklar ve hayvan yetiştiriciliğinin azalması sonucunda muhtemel istihdam kaybı gibi bazı engeller olduğunu söylemek mümkündür (Bhat ve ark., 2020). Geleneksel et üretiminde çiftlik hayvanlarının kesimi ve diğer ürünlerin elde edilmesi sırasında hayvan refahının gözetilmemesi de diğer bir etik kaygıdır (Yetim ve Tekiner, 2020). Yapay et üretim teknolojisi ile her ne kadar hayvan kesiminin önüne geçilerek hayvan refahı sağlanmış olsa da, üretim amacıyla hayvanlardan canlı hücre alınmasının etik olmadığı da düşünülmektedir (Gross, 2014). Diğer bir endişe verici durum ise bu teknolojinin geliştirilmesiyle ilerleyen zamanlarda insan hücrelerinin de kültürlenerek çoğaltılabilmek riskidir (Schneider, 2013).

Dini boyutta değerlendirmek gerekirse; Yahudiler, Müslümanlar ve Hindular da dahil olmak üzere birçok dini toplulukta yapay et ile ilgili tartışmalar devam etmektedir. Yahudilerin bazıları kök hücreler koşer bir hayvandan alındığı takdirde yapay etin dinen tüketilebilir olduğu görüşünü savunurken bazıları ise hiç bir koşulda kabul etmemektedir. Hinduizme göre yapay et üretimi hayvanlara saygısızlık olarak nitelendirilmektedir. İslam inancına göre ise canlı hayvandan alınan bir parçanın yenmesinin helal olmayacağı düşüncesi yapay etin

geleceği ile ilgili diğer bir tartışma konusudur (Chriki ve Hocquette, 2020). Diyanet İşleri Başkanlığı; yapay etin helal olma durumunun, *in vitro* olarak çoğaltılan hücrelerin canlı veya ölmüş bir hayvandan alınmış olmasına göre farklılık gösterebileceğini bildirmiştir. Ancak konuyla ilgili henüz net bir karara varılmamıştır (Yetim ve Tekiner, 2020). Yahudiler, Müslümanlar ve Hindular da dahil olmak üzere kültür etinin tüketici tarafından kabulünün değerlendirilmesine yönelik olarak 3.030 kişinin katıldığı bir anket çalışmasının sonucunda, katılımcıların çoğunun kültür etini tüketmeye istekli olduğu tespit edilmiştir (Bryant ve ark., 2020).

Yapay et üretim teknolojisinin hayvancılık sektörünün neden olduğu birçok problemi çözeceği iddia edilmesine rağmen günümüzde sorunların çözümüne henüz bir katkı sağlamamıştır. Klonlama teknolojisi, GDO'lu çiftlik hayvanları ve *in vitro* etleri ticarileştirmenin önünde hala önemli teknolojik ve/veya düzenleyici engellerdir. Yapay et üretim teknolojisi, verimlilik bakımından geleneksel yöntemle üretilen et ile benzerlik gösterse de toplumların yapay et tüketimine geçip geçmeyeceği konusunda henüz kesin bir bilgi bulunmamaktadır (Bryant ve ark., 2020). Ayrıca dünya genelinde yapay et hakkında hazırlanmış kapsamlı mevzuatlar da yer almamaktadır (Stephens ve ark., 2018).

SONUÇ

Yapay et üretimi fikri uzun zamandır mevcut olmasına rağmen, teknolojik gelişmelere paralel olarak son yıllarda oldukça önem kazanmıştır. Yapay et üretiminin ilerleyen zamanlarda geleneksel et üretimine karşı güçlü bir alternatif olacağı öngörülmektedir. Yapay et üretim teknolojileri özellikle insan sağlığı, çevresel sürdürülebilirlik ve hayvan refahı gibi tüketici beklentilerinin karşılanmasında hızlı bir ilerleme göstermektedir. Yenilebilir kalitede küçük ölçekli kültür eti üretim süreci kısa zamanda gerçekleşse de büyük ölçekli üretime geçişin zaman alması muhtemeldir. Dünya nüfusunun artması ile ortaya çıkacak et arz-talep dengesizliğinin mevcut geleneksel et üretimi yoluyla giderilmesi mümkün değildir. Bu nedenle tüketicilerin ihtiyacının karşılanması amacıyla çevre dostu ve hastalıklardan arındırılmış yapay kültür eti üretimi teşvik edilmelidir.

Piyasada tüketicilerin genel olarak erişebildiği bitki proteinlerinden yapılan et alternatifleri bulunmaktadır. Buna rağmen üretiminde ileri laboratuvar koşullarına

ihtiyaç duyulması, maliyetinin yüksek olması, üretim hacminin azlığı ve lezzet kriterlerinin tam sağlanamaması nedeniyle kültür etinin tüketimi yaygın değildir. Aynı zamanda net olarak belirlenmiş üretim protokollerinin olmaması, gerekli mevzuat ve politikaların bulunmaması, geniş sosyokültürel araştırmaların yapılmamış olması ile üretim maliyetlerinin ön planda olması kültür etine karşı güven sorununu devam ettirmektedir. Yapay et üretim teknolojisindeki gelişmelerin sağladığı bir çok avantajın yanında tehlikeli durumlara yol açma olasılığı da vardır. Nitekim yapay et üretim teknolojisinin kötü amaçlı kullanımı sonucu insan kas dokusunun kültürlenmesi, insan eti yenmesine (kanibalizm: yamyamlık) neden olabilecektir. Bu açıdan risk teşkil etmektedir.

Tüketici tercihi bakımından henüz açıklanamamış diğer bir durum ise yapay etin dini açıdan ele alınmasıdır. Dini konuda duyulan endişeler henüz tam olarak giderilememiş olsa da; yapay et üretiminin artması, market raflarında yerini alması ve restoranlarda tüketilir hale gelmesi ile bu durumun da netleşeceği kanısı mevcuttur.

Yapay etin sürdürülebilir besin kaynakları arasında gösterilebilmesi için üretim prosedürlerinin belirlenmesi, lezzet kriterlerinin sağlanması, risk analizlerinin yapılması ve gerekli yasal mevzuatların oluşturulması önem arz etmektedir. Halihazırda kültür etinin fiyatının yüksek olmasına karşın ilerleyen zamanlarda üretim maliyetlerinin azalacağı tahmin edilmektedir. Tüketiciler tarafından ürünün tercih edilmesinde ürün odaklı reklamcılık ve üretim sürecinin avantajlarının da vurgulanması etkili olacaktır. Büyük ölçekli yapay et endüstrisinin, geleneksel et üretiminin yerini almasında kamu otoritesinin yatırım ve araştırma desteğine ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

- Aisen, P., Enns, C. & Wessling-Resnick, M. (2001). Chemistry and biology of eukaryotic iron metabolism. *Int J Biochem Cell Biol*, 33, 940-959.
- Akdogan, H. (1999). High moisture food extrusion. *Int J Food Sci Technol*, 34 (3), 195-207.
- Akkaya, E. (2019). Farklı Enzim Uygulamalarının ve Olgunlaştırma Yöntemlerinin Sığır Etlerinin Kalite Parametreleri ve Raf Ömrü Üzerine Etkisi. Istanbul, Turkey, Thesis of PhD, IU, diss.

- Ashley, B. (2002). Edible weights of wildlife species used for country food in the Northwest Territories and Nunavut. Wildlife and Fisheries Division, Department of Resources, Wildlife and Economic Development, Government of the Northwest Territories Yellowknife, NWT, 2002, Manuscript Report No. 138, 1-82.
- Aswad, H., Jalabert, A. & Rome, S. (2016). Depleting extracellular vesicles from fetal bovine serum alters proliferation and differentiation of skeletal muscle cells in vitro. *BMC Biotechnol*, 16 (1), 1-12.
- Atay, O., Gökdal, Ö., Aygün, T. & Ülker, H. (2004). Aydın İli Çine İlçesinde Kırmızı Et Tüketim Alışkanlıkları. 4. Ulusal Zootekni Bilim Kongresi, Isparta, 2004, 348-354.
- Azadbakht, L., Kimiagar, M., Mehrabi, Y., Esmailzadeh, A., Padyab, M., Hu, F. B. & Willett, W. C. (2007). Soy inclusion in the diet improves features of the metabolic syndrome: a randomized crossover study in postmenopausal women. *Am J Clin Nutr*, 85 (3), 735-741.
- Ben-Arye, T. & Levenberg, S. (2019). Tissue engineering for clean meat production. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3, 46.
- Benjaminson, M. A., Gilchrist, J. A. & Lorenz, M. (2002). In vitro edible muscle protein production system (MPPS): Stage 1, fish. *Acta Astronaut*, 51 (12), 879-889.
- Bhat, Z. F., Kumar, S. & Fayaz, H. (2015). In vitro meat production: Challenges and benefits over conventional meat production. *J Integr Agric*, 14 (2), 241-248.
- Bhat, Z. F., Kumar, S. & Bhat, H. F. (2017). In vitro meat: A future animal-free harvest. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 57 (4), 782-789.
- Bhat, Z. F., Bhat, H. & Kumar, S. (2020). Cultured meat-A humane meat production system. In, *Principles of Tissue Engineering*. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier; 2020. pp. 1369-1388.
- Bingöl, E. B. & Bostan, K. (2012). Bir gıda katkı maddesi olarak laktatların et ve et ürünlerinde kullanımı. *Istanbul Univ Vet Fak Derg*, 38 (1), 79-88.
- Boland, T., Mironov, V., Gutowska, A., Roth, E. A. & Markwald, R. R. (2003). Cell and organ printing 2: Fusion of cell aggregates in three-dimensional gels. *Anat Rec Part A*, 272 (2), 497-502.
- Bryant, C., Szejda, K., Parekh, N., Desphande, V. & Tse B. (2020). A survey of consumer perceptions of plant-based and clean meat in the USA, India, and China. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3, 11.
- Carrier, R. L., Rupnick, M., Langer, R., Schoen, F. J., Freed, L. E. & Vunjak-Novakovic, G. (2002). Perfusion improves tissue architecture of engineered cardiac muscle. *Tissue Eng*, 8 (2), 175-188.
- Choudhury, D., Tseng, T. W. & Swartz, E. (2020). The Business of Cultured Meat. *Trends Biotechnol*, 38 (6), 573-577.
- Chriki, S. & Hocquette, J. F. (2020). The myth of cultured meat: a review. *Front Nutr*, 7, 7.
- Das, A. K., Nanda, P. K., Bandyopadhyay, S., Banerjee, R., Biswas, S. & McClements, D. J. (2020). Application of nanoemulsion-based approaches for improving the quality and safety of muscle foods: A comprehensive review. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, 19 (5), 2677-2700.
- Datar, I. & Betti, M. (2010). Possibilities for an in vitro meat production system. *Innov Food Sci Emerg Technol*, 11 (1), 13-22.
- Dennis, R. G. & Kosnik, P. E. (2000). Excitability and isometric contractile properties of mammalian skeletal muscle constructs engineered in vitro. *In Vitro Cell Dev Biol Anim*, 36 (5), 327-335.
- Denny, A., Aisbitt, B. & Lunn, J. (2008). Mycoprotein and health. *Nutr Bull*, 33 (4), 298-310.
- Durfey, C. L., Swistek, S. E., Liao, S. F., Crenshaw, M. A., Clemente, H. J., Thirumalai, R. V., Steadman, C. S., Ryan, P. L., Willard, S. T. & Feugang, J. M. (2019). Nanotechnology-based approach for safer enrichment of semen with best spermatozoa. *J Anim Sci Biotechnol*, 10 (1), 1-12.
- Eenennaam, V. & Louise, A. (2017). Genetic modification of food animals. *Curr Opin Biotechnol*, 44, 27-34.
- Erkmen, O. (2010). Gıda kaynaklı tehlikeler ve güvenli gıda üretimi. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi*, 53 (3), 2020-235.
- European Commission. (2016). Innovative functional foods based on sweet lupin protein for cardiovascular prevention. <https://cordis.europa>.

- [eu/project/id/285819/reporting](https://www.eurostat.ec.europa.eu/project/id/285819/reporting).
- Florini, J. R., Magri, K. A., Ewton, D. Z., James, P. L., Grindstaff, K. & Rotwein, P. S. (1991). "Spontaneous" differentiation of skeletal myoblasts is dependent upon autocrine secretion of insulin-like growth factor-II. *J Biol Chem*, 266 (24), 15917-15923.
- Fountain, H. (2013). Building a \$325,000 Burger. *The New York Times*. <https://www.nytimes.com/2013/05/14/science/engineering-the-325000-in-vitro-burger.html>.
- Frezal, C., Nenert, C. & Gay, H. (2022). Meat protein alternatives opportunities and challenges for food systems' transformation. *OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers*, 182, 1-53.
- Gross, R. (2014). How will religious authorities deal with lab-grown meat? <https://geneticliteracyproject.org/2014/09/17/how-will-religious-authorities-deal-with-lab-grown-meat/>.
- Hocquette, A., Lambert, C., Sinquin, C., Peterloff, L., Wagner, Z., Bonny, S. P. F., Lebert, A. & Hocquette, J. F. (2015). Educated consumers don't believe artificial meat is the solution to the problems with the meat industry. *J Integr Agric*, 14 (2), 273-284.
- Hoek, A. C., van Boekel, M. A., Voordouw, J. & Luning, P. A. (2011). Identification of new food alternatives: How do consumers categorize meat and meat substitutes?. *Food Qual Prefer*, 22 (4), 371-383.
- Hopkins, P. D. & Dacey, A. (2008). Vegetarian meat: Could technology save animals and satisfy meat eaters?. *J Agric Environ Ethics*, 21 (6), 579-596.
- Javaid, M. & Haleem, A. (2019). 4D printing applications in medical field: a brief review. *Clin Epidemiology Glob Health*, 7 (3), 317-321.
- Johnson, D., Wang, S. & Suzuki, A. (2000). Edamame: A vegetable soybean for Colorado. *Energy (Kcal)*, 582, 573.
- Joshi, V. K. & Kumar, S. (2015). Meat analogues: Plant based alternatives to meat products-a review. *Int J Food Ferment Technol*, 5 (2), 107-119.
- Ko, H. J., Wen, Y., Choi, J. H., Park, B. R., Kim, H. W. & Park, H. J. (2021). Meat analog production through artificial muscle fiber insertion using coaxial nozzle-assisted three-dimensional food printing. *Food Hydrocoll*, 120, 106898.
- Krintiras, G. A., Diaz, J. G., Van Der Goot, A. J., Stankiewicz, A. I. & Stefanidis, G. D. (2016). On the use of the Couette Cell technology for large scale production of textured soy-based meat replacers. *J Food Eng*, 169, 205-213.
- Kumar, P., Chatli, M. K., Mehta, N., Singh, P., Malav, O. P. & Verma, A. K. (2016). Meat analogues: Health promising sustainable meat substitutes. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 57 (5), 923-932.
- Li, B. J., Li, P. H., Huang, R. H., Sun, W. X., Wang, H., Li, Q. F., Chen, J., Wu, W. J. & Liu, H. L. (2015). Isolation, culture and identification of porcine skeletal muscle satellite cells. *Asian-Australas J Anim Sci*, 28 (8), 1171.
- Mannello, F. & Tonti, G. A. (2007). Concise review: No breakthroughs for human mesenchymal and embryonic stem cell culture: Conditioned medium, feeder layer, or feeder-free; medium with fetal calf serum, human serum, or enriched plasma; serum-free, serum replacement nonconditioned medium, or ad hoc formula? All that glitters is not gold!. *Stem cells*, 25 (7), 1603-1609.
- Martin, I., Wendt, D. & Heberer, M. (2004). The role of bioreactors in tissue engineering. *Trends Biotechnol*, 22 (2), 80-86.
- Mateti, T., Laha, A. & Shenoy, P. (2022). Artificial Meat Industry: Production, methodology, challenges, and future. *JOM*, 74 (9), 3428-3444.
- Mattice, K. D. & Marangoni, A. G. (2020). Comparing methods to produce fibrous material from zein. *Food Res Int*, 128, 108804.
- Mc Clements, D. J. (2020). Future foods: How modern science is transforming the way we eat. *Food & Function* 11 (3), 1933-1945.
- Muslu, M. (2021). Yapay Et (Sentetik Et-Kültür Eti), küresel protein gereksinimi için alternatif bir kaynak olabilir mi? 4th International Health Sciences and Life Congress Full Text Book-1, Burdur, Turkey, 2021, 339-348.
- Nout, M. R. & Kiers, J. L. (2005). Tempe fermentation, innovation and functionality: update into the third millenium. *J Appl Microbiol*, 98 (4), 789-805.
- OECD/FAO (2022). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2022-2031*. OECD Publishing, Paris, 2022,

- 1-363.
- Oikonomopoulos, A., van Deen, W. K., Manansala, A. R., Lacey, P. N., Tomakili, T. A., Ziman, A. & Hommes, D. W. (2015). Optimization of human mesenchymal stem cell manufacturing: the effects of animal/xeno-free media. *Sci Rep*, 5, 16570.
- Orzechowski, A. (2015). Artificial meat? Feasible approach based on the experience from cell culture studies. *J Integr Agric*, 14 (2), 217-221.
- Pandurangan, M. & Kim, D.H. (2015). A novel approach for in vitro meat production. *Appl Microbiol Biotechnol*, 99 (13), 5391-5395.
- Petetin, L. (2012). The revival of modern agricultural biotechnology by the UK Government: what role for animal cloning? *Eur Food Feed Law Rev*, 7 (6), 296-311.
- Poinski, M (2021). Aleph farms and the technion reveal world's first cultivated ribeye steak. <https://www.fooddive.com/news/aleph-farms-unveils-worlds-first-cell-based-ribeye-steak/594830/>.
- Polat, H. & Yılmaz Tuncel, N. (2020). Sürdürülebilir Et Üretimi. *Gıda*, 46 (1), 134-151.
- Post, M. J. (2012). Cultured meat from stem cells: Challenges and prospects. *Meat Sci*, 92 (3), 297-301.
- Riaz, M. N. (1999). Healthy baking with soy ingredients. *Cereal Foods World*, 44, 136-139.
- Saygın-Alparslan, Ö. & Demirbaş, N. (2019). Sağlık meslek mensuplarının kırmızı et ve işlenmiş kırmızı et tüketim tercihleri. *J Anim Prod*, 60 (2), 105-110.
- Schmidinger, K. (2012). Worldwide alternatives to animal derived foods—overview and evaluation models. Solution to global problems caused by livestock. Vienna, Austria, Thesis of PhD, University of Natural Resources and Life Sciences, Diss.
- Schneider, Z. (2013). In vitro meat: space travel, cannibalism, and federal regulation. *Houst Law Rev*, 5, 991.
- Schnitzler, A. C., Verma, A., Kehoe, D. E., Jing, D., Murrell, J. R., Der, K. A., Aysola, M., Rapiejko, P. J., Punreddy, S. & Rook, M. S. (2016). Bioprocessing of human mesenchymal stem/stromal cells for therapeutic use: current technologies and challenges. *Biochem Eng J*, 108, 3-13.
- Schreuders, F.K., Dekkers, B. L., Bodnár, I., Erni, P., Boom, R. M. & van der Goot, A. J. (2019). Comparing structuring potential of pea and soy protein with gluten for meat analogue preparation. *J Food Eng*, 261, 32-39.
- Seah, J. S. H., Singh, S., Tan, L. P. & Choudhury, D. (2022). Scaffolds for the manufacture of cultured meat. *Crit Rev Biotechnol*, 42 (2), 311-323.
- Shanmugasundaram, S. (1991). Vegetable Soybean: research needs for production and quality improvement: proceedings of a workshop held at Kenting, Taiwan, 1991, 91-346.
- Siegrist, M., Sütterlin, B. & Hartmann, C. (2018). Perceived naturalness and evoked disgust influence acceptance of cultured meat. *Meat Sci*, 139, 213-219.
- Sikka, T. (2020). The “embodied multi-material layering” of in vitro meat. *Techné: Research in Philosophy and Technology*, 24 (1-2), 158-177.
- Skardal, A., Zhang, J. & Prestwich, G. D. (2010). Bioprinting vessel-like constructs using hyaluronan hydrogels crosslinked with tetrahedral polyethylene glycol tetracrylates. *Biomaterials*, 31 (24), 6173-6181.
- Snyman, C., Goetsch, K. P., Myburgh, K. H. & Niesler, C. U. (2013). Simple silicone chamber system for in vitro three-dimensional skeletal muscle tissue formation. *Front Physiol*, 4, 349.
- Stanojevic, S., Barac, M., Pesic, M., Milovanovic, M. M. & Vucelic-Radovic, B. (2010). Protein composition in tofu of corrected quality. *Acta Period Technol*, (41), 77-86.
- Stephens, N., Di Silvio, L., Dunsford, I., Ellis, M., Glencross, A. & Sexton, A. (2018). Bringing cultured meat to market: Technical, socio-political, and regulatory challenges in cellular agriculture *Trends Food Sci Technol*, 78, 155-166.
- Uzundumlu, A. S., Işık, H. B. & Kırılı, M. H. (2011). İstanbul İli Küçük Çekmece İlçesinde En Uygun Et Tipinin Belirlenmesi. *Alnteri Zirai Bilimler Dergisi*, 21 (2), 40-48.
- Verbeke, W., Marcu, A., Rutsaert, P., Gaspar, R., Seibt, B., Fletcher, D. & Barnett, J. (2015). ‘Would you eat cultured meat?’: Consumers’ reactions and

- attitude formation in Belgium, Portugal and the United Kingdom. *Meat Sci*, 102, 49-58.
- Verzijden, K. & Lawyers, A. (2012). EFSA Update on Cloning in Relation to Food Production. <http://static.basenet.nl/cms/106131/website/Publicaties-2012/120716%20EFSA%20Statement%20on%20use%20of%20clones%20for%20food%20production.pdf>.
- Wang, H. J. & Murphy, P. A. (1994). Isoflavone content in commercial soybean foods. *J Agric Food Chem*, 42 (8), 1666-1673.
- Wang, Y., Xiao, X. & Wang, L. (2020). In vitro characterization of goat skeletal muscle satellite cells. *Anim Biotechnol*, 31 (2), 115-121.
- WHO. (2020). Zoonoses. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/zoonoses>.
- Wild, F., Czerny, M., Janssen, A. M., Kole, A. P., Zunabovic, M. & Domig, K. J. (2014). The evolution of a plant-based alternative to meat. *Agro Food Industry Hi Tech*, 25 (1), 45-49.
- Yetim, H. & Tekiner, İ. H. (2020). Alternatif protein kaynaklarından yapay et üretimi kavramına eleştirel bir bakış. *Helal ve Etik Araştırmaları Dergisi*, 2 (2), 85-100.
- Yıbar, A. & Çetin, E. (2014). Hayvan refahının et kalitesi üzerine etkileri. *Uludağ Üniv Vet Fak Derg*, 32 (2), 31-37.
- Zhang, G., Zhao, X., Li, X., Du, G., Zhou, J. & Chen, J. (2020). Challenges and possibilities for bio-manufacturing cultured meat. *Trends Food Sci Technol*, 97, 443-450.
- 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, J., Shi, H. & Sheng, J. (2022). The effects of message framing on novel food introduction: Evidence from the artificial meat products in China. *Food Policy*, 112, 102361.