



BANDIRMA ONYEDİ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ SAĞLIK BİLİMLERİ VE ARAŞTIRMALARI DERGİSİ BANU Journal of Health Science and Research

DOI: 10.46413/boneyusbad.1285248

Derleme Makale / Review Article

Alternatif Protein Kaynağı: Yapay Et Alternative Protein Source: Artificial Meat

Halime Cemre OKUR¹  Tuba ONAY²  Aslı UÇAR³ 

¹ Diyetisyen, Karabük İl Sağlık Müdürlüğü Toplum Sağlığı Merkezi, Karabük

² Dr. Öğr. Üyesi, Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Balıkesir

³ Prof. Dr., Ankara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Ankara

Sorumlu yazar / Corresponding author

Tuba ONAY

taudin@bandirma.edu.tr

Geliş tarihi / Date of receipt: 20.04.2023

Kabul tarihi / Date of acceptance: 02.07.2023

Atf / Citation: Okur, H.C., Onay, T., Uçar, A. (2023). Alternatif protein kaynağı: Yapay et. BANÜ Sağlık Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi, 5(3), 272-281. doi: 10.46413/boneyusbad.1285248

ÖZET

In vitro et olarak da bilinen yapay et, hayvan hücrelerinin öncelikle kas biyopsisi yoluyla çiftlik hayvanlarından izole edilen iskelet kasından türetilen kök hücreler yoluyla hücre kültürü teknolojisi kullanılarak üretilen üründür. Nüfus artışından kaynaklanan talep nedeniyle geleneksel et üretim sistemlerine alternatif olarak ortaya çıkmaktadır. Gelişmiş kimyasal ve mikrobiyal güvenlik nedeniyle yapay et, hayvan kesimi olmadan üretilen, sağlıklı, çevre dostu ve beslenme açısından iyi bir kaynak olduğu düşünülmektedir. Yapay etin protein içeriği ve bileşiminin geleneksel ete ne kadar benzediği henüz net değildir. Makro ve mikro besin içeriği üretim aşamasına ve eklenen maddelere göre değişkenlik gösterebilmektedir. Aynı miktar yağsız et ile aynı kalori ve besin içeriğine sahip olması beklenmektedir. Yapay et tüketimindeki en önemli faktörlerden biri de tüketici kabulüdür. Birçok tüketici doğal olmayan yollardan üretilmesi ve gelecekteki sağlık endişeleri nedeniyle yapay ete karşı önyargılıdır. Ürün hakkında bilgi sahibi olmanın kabulü artırdığı düşünülmektedir. Bu incelemenin amacı; hücre kültürlerinden elde edilen ve gelecekte insan beslenmesinde önemli derecede rol oynayacağı düşünülen yapay et hakkında bilgi vermek; üretimi, teknik gelişimi ve sosyokültürel yönden kabulünü incelemektir.

Anahtar Kelimeler: Alternatif protein, Protein, Yapay et

ABSTRACT

Artificial meat, also known as *in vitro* meat, is the product produced using cell culture technology using stem cells derived from skeletal muscle, primarily isolated from farm animals via muscle biopsy. It is emerging as an alternative to traditional meat production systems due to the demand arising from population growth. It is believed that cultured meat, which is produced without animal slaughter due to advanced chemical and microbial safety measures, is a healthy, environmentally friendly, and nutritionally valuable source. It is not yet clear how similar the protein content and composition of artificial meat are to conventional meat. Macro and micronutrient content may vary according to the production stage and the added substances. It is expected to have the same calorie and nutritional content as the same amount of lean meat. One of the most important factors in artificial meat consumption is consumer acceptance. Many consumers are biased against artificial meat due to its unnatural production and future health concerns. It is thought that knowing about the product increases acceptance. The purpose of this review is to give information about artificial meat obtained from cell cultures, which is thought to play an important role in human nutrition in the future in terms of production, technical development, and sociocultural acceptance.

Keywords: Alternative protein, Protein, Artificial meat



Bu eser, Creative Commons Atf-Gayri Ticari 4.0 Uluslararası Lisansı ile lisanslanmıştır.

GİRİŞ

Yeterli ve dengeli beslenme sağlıklı yaşamın temel unsurudur. Makro ve mikro besin öğelerinin dengeli bir şekilde alımı yetersiz beslenmeye bağlı birçok sağlık sorununun önüne geçmektedir. Beslenmede makro besin öğelerinden birisi olan proteinler önemli bir yer tutmaktadır ve günlük enerji ihtiyacının %10-20'sini oluşturmaktadır. Vücudumuzun protein ihtiyacı bitkisel ve hayvansal protein kaynaklarından karşılanmaktadır. Hayvansal protein kaynaklarından et; kasaplık hayvanlardan elde edilen başta kas dokusu ve yenilebilir tüm hayvansal dokulardır (Türkiye Beslenme Rehberi [TÜBER], 2015).

Beslenmede önemli bir yeri olan protein kaynakları üzerinde, gittikçe artan dünya nüfusu, ekosistemi olumsuz etkileyen çevresel sorunlar ve iklim değişikliği gibi faktörler nedeniyle ciddi tartışmalar yaşanmaktadır. Bugün 7.3 milyar olan dünya nüfusunun 2050 yılına kadar 9 milyarı aşması beklenmektedir. Tahmini 9 milyarlık nüfusun talebini karşılamak için, küresel et üretiminin 2050 yılına kadar iki katından fazla artarak toplam 470 milyon tona ulaşması beklenmektedir. Böyle bir artışın, mevcut protein üretiminin iki katı kadar bir protein talebine neden olacağı düşünülmektedir (Gıda ve Tarım Örgütü [FAO], 2009).

Dünya nüfusu arttıkça talep edilen et miktarı artarken, et üretimi için gerekli olan kaynakların azalması nedeniyle daha sürdürülebilir ve çevreye duyarlı alternatif bir üretim sistemi ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Mevcut hayvancılık üretim sistemleri, toprak ve su kirliliği, habitat ve biyolojik çeşitlilik kaybı, artan toprak erozyonu ve sera gazı emisyonları gibi çeşitli problemlerle ilişkilidir (Bhat, Kumar ve Bhat, 2017).

Gelişmiş ülkelerde aşırı et tüketimiyle ilişkili ekolojik sonuçlar nedeniyle et tüketiminde azaltmaya gidilmesi gerekmektedir. Geleneksel et üretim sistemleri artık sürdürülebilir olmadığından, bilim insanları alternatif protein kaynakları araştırmaktadır. Et alternatifleri için erken girişimler soya, buğday veya mantar bazlı protein kaynaklarının kullanımı ile bitki bazlı et analoglarına odaklanmıştır. Günümüzde alternatif protein kaynakları olarak; alternatif bitkiler, algler, mantarlar, böcekler, mikrobiyal proteinler, yapay et, sütsüz vegan peynir ve biyofermantasyon gibi teknolojilerle üretilen diğer ürünler önerilmektedir (Candoğan ve

Özdemir 2021).

Duyusal ve besinsel yönden tüketicilerin ihtiyaçlarını karşılamak için kültürlenmiş kas hücreleri gerçek ete alternatif olarak sunulmaktadır. İn vitro et olarak da bilinen yapay et, hayvan hücrelerinin öncelikle kas biyopsisi yoluyla çiftlik hayvanlarından izole edilen iskelet kasından türetilen kök hücreler yoluyla hücre kültürü teknolojisi kullanılarak üretilen ürüne verilen addır. Yapay et, savunucuları tarafından doğaya karşı daha sorumlu olmak isteyen ancak diyetlerinin bileşimini değiştirmek istemeyen tüketiciler için sürdürülebilir bir alternatif olarak sunulmaktadır (Chriki ve Hocquette 2020).

Bu çalışmanın amacı, hücre kültürlerinden elde edilen ve gelecekte insan beslenmesinde önemli derecede rol oynayacağı düşünülen yapay et hakkında bilgi vermek; üretim, teknik gelişimi ve sosyokültürel yönden kabulünü incelemektir.

Yapay Etin Üretim Nedenleri

Üretilen besin miktarının 2050 yılında günlük alınması gereken ortalama enerji miktarının altında kalması beklenmektedir. Bu bağlamda besin kaynaklarının korunması, sürdürülebilir beslenmenin sağlanması ve mevcut et üretim yöntemlerinin zararlarının azaltılabilmesi için öneriler sunulmuştur (FAO, 2019). Mevcut et üretim sektörü; önemli su, toprak ve karbon ayak izleri ile ilişkilidir. Dünyada arazi yüzeyinin %30'u küresel olarak hayvancılık üretimi için kullanılmaktadır ve ekilebilir arazilerin %33'ü hayvan yemi bitkileri yetiştirmek için ve %26'sı otlatma için kullanılmaktadır. Bu arazi kullanımı orman kayıplarına ve ekolojik dengenin bozulmasına sebep olmaktadır (Steinfeld ve ark., 2006). Aynı zamanda dünya çapında atmosfere verilen sera gazı emisyonlarının %18'i ve metan gazı emisyonlarının %37'sinden sorumludur (Herrero ve ark., 2013). Özellikle geviş getiren hayvanlar sera gazı oluşumunda büyük etkiye sahiptir. Bu hayvanların oluşturduğu sera gazının %44'ü bağırsaklarındaki enterik fermantasyondan, %41'i beslenmesinden, %10'u gübre yönetiminden, %5'i enerji harcamalarından kaynaklanmaktadır (FAO, 2019).

Her yıl milyarlarca hayvanı besine dönüştüren mevcut et üretim sistemleri, yaygın etik kaygılarla ilişkilendirilmekte ve insanlık dışı olmakla suçlanmaktadır. Mevcut et üretim sistemlerinde hayvanların sağlığı hiçe sayılarak üretimi artırmak amacıyla doğal olmayan koşullarda hayvanlar bir arada tutulmaktadır. Yapay et

üretimi bu bakımdan tüketicilerce farklı bir alternatif olarak kabul görebilmektedir (Bhat ve ark., 2017).

Et üretim sistemleri, hayvan hastalıkları salgınları ve tüketime bağlı hastalıklar yoluyla insan sağlığına zararlı etkilere neden olabilmektedir. Yapay et üreticileri, kontrollü ortamda üretilen yapay etin besin kaynaklı patojen riskini azaltarak daha sağlıklı ve güvenli et üretimine olanak sağlayabileceğini bildirmektedir. Ek olarak yapay et üretimi ile kompozisyonu belirlenebilen ürünün, et tüketimi ile ilişkilendirilen birtakım hastalıkların (kardiyovasküler hastalıklar, diyabet, kolon kanseri gibi) önüne geçilebileceği düşünülmektedir (Hong, Shin, Choi, Do ve Han, 2021).

Yapay Et Üretiminin Tarihçesi

Yapay et, canlı hayvan yetiştirme sürecinden geçmeden hücre çoğalmasıyla elde edilen yenilebilir eti ifade etmektedir. Bilim insanları, yapay eti tasvir etmek için çeşitli terimlere başvurmuşlardır. Kullanılan terimler; in vitro et, kültürlü et, temiz et, sentetik et, hayvansız et, laboratuvarında yetiştirilmiş ettir (Hamdan, Post, Ramli ve Mustafa, 2018).

Alexis Carrel 1912 yılında canlı civciv kalp kası parçasını petri kabında büyütüştür. Ardından 1943'te bir bilim kurgu roman yazarı, *Ravage* adlı romanında restoranlarda yapay et kullanımına değinmiştir. Hollanda'lı Willem van Eelen 1999 yılında, et kültürü tekniği kullanılarak et işleme konsepti için uluslararası ve Amerika Birleşik Devletleri (ABD) düzeyinde başvuruda bulunan ve patenti alan ilk bilim insanı olmuştur. Üç yıl sonra, Benjaminson liderliğindeki bir grup bilim adamı, bir altın balığın kas dokularını petri kabında başarılı bir şekilde kültürlenmiştir. Dr. Mark Post dünyanın ilk in vitro et bazlı burgerinin üretimini gerçekleştirmiş ve et, 5 Ağustos 2013'te Riverside Stüdyolarında iki panel üyesi tarafından test edilmiştir (Bhat, Morton, Mason, Bekhit ve Bhat, 2019).

Sığır kültürü yapay eti ilk olarak 2013 yılında ticari olarak üretilmiştir. O zamandan beri, çeşitli hayvan kültürü etleri ve ürünleri üreten birçok girişim gündeme gelmiştir. Dünya çapında bu türden en az 35 girişim gerçekleşmiş, bu sayı her yıl artmıştır. Kümes hayvanları, sığır, domuz ve balık gibi hayvan etleri üretimi toplam yapay et pazarının %85'ini oluşturmaktadır. Öte yandan at, kanguru, fare ve diğer hayvan türleri de bu pazardan pay almaktadır (Choudhury ve ark.,

2020). Amerika Birleşik Devletleri merkezli bir start-up olan EatJust, Aralık 2020'de Singapur restoranlarında in vitro tavuk etini ilk kez piyasaya sürmüş ve yapay etin satışını onaylayan ilk ülke olmuştur (NTV, 2020).

Türkiye'de Ankara Üniversitesi Kök Hücre Enstitüsü'nde oldukça pahalı olan yapay et üretiminde maliyeti düşürmek için çalışma yapılmaktadır. Türkiye'de yapay etin kök hücre çalışmalarında fetal sığır serumu (FBS) kullanılmaktadır. Ancak bu serum yüksek maliyetli olduğundan Ankara Üniversitesi tarafından FBS'ye alternatif ve maliyeti daha az bir serum üretilmiştir (Emen ve Özgenç 2021). Türkiye'de yapay et üzerine çalışmalar yürüten ilk firma Prof. Dr. Can Akçalı, Dr. Erdem Erikçi, Kerem Erikçi ve Melik Akçalı tarafından 2018 yılında "Biftek.co" ismiyle kurulmuştur (Karasungur, 2021). Yapay etin üretim maliyetini düşürmek için yapılan çalışmalar ülkemizde hala devam etmektedir.

Üretim Prosesleri

Günümüz doku mühendisliği uygulamalarıyla hayvanın kendinden izole edilen kök hücrelerinden, in vitro koşullarda uygun besin ortamıyla iskele tabanlı yapay doku/organ oluşturulmasının yanı sıra yapay et de üretilmektedir. Başlıca üretim yöntemleri: hücre kültürü, doku kültürü metotları, 3D yazıcı yöntemi ve diğer yöntemlerdir. Yapay et üretimi kavramı, kullanılan kök hücre tipi, üretim yöntemleri, koşulları ve amaçlanan ürünler dahil olmak üzere birkaç temel yolla gelişmekte ve farklılık gösterebilmektedir (Bhat ve ark., 2019).

Hücre kültürü metodu en temel yöntemdir ve çiftlik hayvanlarının spesifik dokularından biyopsileri alınıp, kök hücrelerin izole edilmesiyle başlamaktadır. Alınan kök hücreler içeriğinde spesifik kimyasal ve fiziksel uyarıların (glikoz, aminoasitler, yağlar, vitaminler, mineraller, büyüme faktörleri ve FBS gibi) varlığında hayvan vücutlarının dışında, ex vivo olarak büyütülmekte ve çoğaltılmaktadırlar (Lee ve ark., 2021). Skrivergaard, Rasmussen, Therkildsen ve Young (2021) yapmış oldukları bir çalışmada; sığır kök hücrelerinin, biyopsiden sonra depolanıp bekletilen dokudan izole edilip edilemeyeceğini araştırmıştır. Aynı gün veya 2 ve 5 günlük doku depolamadan sonra izole edilen sığır kök hücreleri karşılaştırılmıştır. Beşinci güne kadar uzatılmış doku depolaması sonrası hücrelerin miyogenez yeteneği olumsuz etkilenmemiştir. Sonuçlar, canlı miyogenik kök

hücrelerinin izole edilebileceği ve yapay et üretimi için kullanılabileceği zamanın uygun doku depolaması ile büyük ölçüde uzatılabileceğini göstermektedir.

İskeleler, mekanik sertlik, damar yapısı ve in vivo taklit açısından oldukça özelleştirilebilir. Sığır miyoblastlarının mikro taşıyıcılar üzerinde kültürlenebileceğinin prensibini gösteren bir çalışmada; sığır miyoblastları, insan mezenkimal kök hücreleri gibi davranmıştır. Sonuçta, yapay etin verimli ve uygun maliyetli üretimi için bir ön koşul olarak sığır miyoblastlarının üretimini daha da geliştirmek için değerli veriler sağlanmıştır. Ancak, mikro taşıyıcılar kültürlenmiş hücrelerden zorlu bir prosedür olduğu bilinen enzimler veya mekanik kuvvetler kullanılarak ayrılabilmiştir (Verbruggen, Luining, Van Essen ve Post, 2018).

Doku kültürü temelli yapay et üretim yöntemi, kendi kendini organize eden yapılar olarak bir ortamda iskelet kası parçalarının hacmini genişletmeye dayanır ve yüksek düzeyde yapılandırılmış et elde etmenin başka bir yöntemidir. Astronotlar için hayvansal et proteini yapmak amacıyla 2002 yılında akvaryum balığından alınan kas doku bu yöntemle elde edilmiştir. Balığın doku dilimleri kıyılmış, santrifüj edilmiş ve petri kutusuna yerleştirilip 7 gün boyunca büyütülmüştür (Bhat ve ark., 2019).

Hücre ve doku kültürü yöntemleri küçük ölçekte yapay et üretmek için kullanılabilir de damarlanma, kıvam, yağlı doku ve uygun tat gibi etin temel özelliklerinden yoksundur. Doku mühendisliği ilkeleriyle birleştirildiğinde, üç (3D) veya dört boyutlu (4D) biyobaskı teknolojileri, doğal organ veya dokuların anatomik, yapısal ve işlevsel özelliklerini taklit eden biyolojik dokuları üretebilmektedir. Üç boyutlu yazıcıların azaltılmış üretim maliyeti nedeniyle, bu endüstri, hücre baskısı da dahil olmak üzere çeşitli alanlarda daha büyük ilerlemelere izin veren yüksek hız ve hassas baskı avantajlarıyla talep görmüştür. Mürekkep püskürtmeli, lazer destekli ve ekstrüzyon biyobaskıları, her biri belirli zayıf yönleri, güçlü yönleri ve sınırlamaları olan üç ana biyobaskı tekniğidir. İlk kültür ortamında çoğaltılan kök hücreler bio-kartuşlara aktarılmaktadır. Kartuşlardaki binlerce canlı hücreden oluşan bir biyomürekkep, istenilen biçimde “yazdırılmakta” ve parçaları doğal olarak birleşmektedir. Bu şekilde canlı doku oluşmaktadır. Bununla birlikte 3D baskı, yapay et üretiminin en önemli sorunları olan gerçekçi doku sağlamanın yanı sıra özellikle protein, yağ ve

diğer besin içeriğini düzenlemede farklı çözümler sağlayabilmektedir (Balasubramanian, Lui, Pushparaj ve Park, 2021).

Yapay et üretiminin bir başka ileriye dönük tekniği olan nanoteknoloji, malzemelerin atom ve molekül düzeyinde üretilmesi ve değiştirilmesidir. Maddeyi atomik ve moleküler düzeyde hareket ettirmeye izin verecek moleküler ölçekli robotların yardımıyla istenen ürünlerin üretilmesi üzerine çalışılmaktadır (Bhat ve ark., 2017).

Geleneksel Etten Farklılıklar

Et; aminoasit bileşimi, vitaminler ve mineraller ile yüksek oranda sindirilebilir proteinlerin varlığından dolayı besleyici bir üründür (TÜBER, 2015). Yapay etin protein içeriği ve bileşiminin geleneksel ete ne kadar benzediği henüz net değildir. Et esas olarak miyoblastlardan gelişen kas liflerini içermesine rağmen, yapay etin mevcut versiyonunda bulunmayan kan, sinirler ve yağ dokusu gibi diğer elementleri de içerir. Normal ette kesimden sonra kastaki glikojenin laktata dönüştürüldüğü anaerobik glikoliz, pH düşüşü, kalpain aktivasyonu gibi biyokimyasal değişiklikler meydana gelmektedir. Bu değişiklikler rigor mortis sonrası etin lezzet, yumuşaklık ve tekstürü gibi duyuşal özelliklerine önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Bu aşamaların olmaması etin genel kalitesini etkileyecek bir unsurdur (Ertbjerg ve Puolanne 2017).

Normal etin dokusu, rigor mortis ve bekletmeden etkilenen; miyofibriler yapıya, bağ dokusunun miktarına ve yapısına, kastaki yağ miktarına ve bileşimine bağlıdır. Et kas, yağ, kan, sinir ve bağ dokularınca zengindir. Bu özellikleri yakından taklit etmek, miyoblastların fibroblastlar ve adipositlerle birlikte kültürlenmesini gerektirmektedir. Yapay et üretiminde kanın olmaması, besin ve oksijen difüzyonunun sınırlı olması nedeniyle mevcut kültür teknikleri kullanılarak sadece birkaç hücre tabakası üretilmektedir. Normal eti taklit eden kültürlü et üretiminde doğal doku yaratmanın zorlukları, öğütülmüş veya ince kıyılmış et ürünlerinin hazırlanmasındaki zorluklardan çok daha fazladır. Bifteğe benzer tam boyutlu kültür ürünü üretiminin zor olduğu ve yakın gelecekte mümkün olmayabileceği düşünülmektedir. Şu anda hamburger köftesi gibi öğütülmüş yapay et ürünlerinin üretimi, 2013 yılında yapay et prototipi gösterimi ile kanıtlandığı gibi, daha uygun görülmektedir. Üretilen bu köfte, çapı ~1

mm olan 10.000 kas lifi şeridi kullanılmıştır (Fraeye, Kratka, Vandeburgh ve Thorrez, 2020).

Etin kırmızı rengi, miyoglobinin varlığına atfedilir. Miyoglobin ekspresyonu ortamdaki oksijen koşullarında baskılandığından, kültürlenmiş kas dokuları genellikle miyoglobin olmaması nedeniyle soluk bir renge sahiptir. Kültürlenmiş hücrelerde miyoglobin içeriğini arttırmaya yönelik bir yaklaşım, ortama miyoglobinin doğrudan eklenmesidir. Ek olarak alternatif renklendiricilerin kullanılması da değerlendirilmektedir (Post ve Hocquette, 2017).

Etteki yağ asidi bileşimi diyet değerini (doymuş veya doymamış yağ, çoklu doymamış yağ asitlerinin oranı, trans-doymamış yağlar) etkilemektedir. Yapay ete yağ asitlerinin eklenmesi, çeşitli doymuş ve doymamış yağ asitlerini sentezleyebilen adiipoz kök hücrelerden türetilen adiipozların ortak kültürleri ile mümkün olabilmektedir. Bununla birlikte, ette bulunan esansiyel yağ asitleri (çoğunlukla linoleik ve α -linolenik asit) ve ette bulunan besinsel olarak değerli diğer bazı bileşikler (konjugelinoleik asit gibi), ortak kültür yaklaşımında eksik olabilir. Adiipozların kültürlendiği ortama büyüme ve lipogenezi bozmadan, esansiyel yağ asitlerinin doğrudan eklenmesi mümkün olabilir mi sorusu için daha fazla araştırmanın gerektiği bildirilmiştir. Alternatif olarak, yapay et ürünlerine bitki bazlı yağların son aşamada eklenmesi, adiipozlarla in vitro ortak kültüre kıyasla ekonomik ve teknik olarak daha uygun olabileceği düşünülmektedir (Yue, Zhang, Zhang, Li ve Yu, 2018).

Et ayrıca demir, çinko ve selenyum gibi önemli bir mineral kaynağıdır. Kas dokusunda demir, miyoglobinde (ve daha az ölçüde hemoglobinde) hem grubunun bir parçası olarak bulunmakta ya da hem olmayan bir biçimde ferritin ile kompleks halinde depolanmaktadır (West ve Oates, 2008). Bu minerallerin harici olarak üretim aşamasında eklenmesi gerekmektedir. Hücre büyümesi, renk ve tat özelliklerine ek olarak besin bileşimini de iyileştirecektir. Yapay ette bu minerallerin bulunuşu ile ilgili bilgiye ulaşılamamıştır (Fraeye ve ark., 2020).

Etler B12 başta olmak üzere çeşitli B grubu vitaminlerin büyük bir kısmını içermektedir. Yapay et geleneksel ete bir alternatif olacaksa, B12 vitamini içeriğinin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Çünkü B12 sadece hayvansal kaynaklarda bulunmaktadır (Hunt, Harrington ve Robinson, 2014). Ayrıca

B12'nin alınması, hücre zarı boyunca taşınmayı sağlayan bir bağlayıcı protein (transkobalamin II) gerektirmektedir. Bu durum, kültürlenmiş kas dokusunda yeterli B12 seviyelerine ulaşmak için potansiyel olarak ek bir zorluk oluşturabilmektedir. Alternatif bir yaklaşım, yapay ete kültür sonrası B12 vitamini ilavesi olabileceği bildirilmektedir (Obeid, Heil, Verhoeven, Van Den Heuvel ve De Groot, 2019). Yapay etin besin değerleri henüz tam olarak bilinmemektedir. Makro ve mikro besin içeriği üretim aşamasına ve eklenen maddelere göre değişiklik gösterebilmektedir. Tahminen aynı miktar yağsız et ile aynı kalori ve besin içeriğine sahip olması beklenmektedir (Fraeye ve ark., 2020).

Ayrıca geleneksel et üretiminde arazi kullanımı, toprak erozyonu, su kaynakları, doğal kaynak kaybı, enerji kullanımı, hayvanların acı çekmesi, üretim süresi gibi faktörler yapay ete göre dezavantaj olarak belirtilirken; üretim maliyeti, çeşitlilik, tüketici kabulü gibi faktörler ise avantaj olarak belirtilmiştir (Bhat ve ark., 2019).

Teknolojik Engeller ve Maliyet

Miyoblastlar, diğer mezenkimal hücreler gibi bir yüzeyle temas halinde olduklarında büyüyebilir ve çoğalabilirler. Zayıf yüzey/hacim oranı nedeniyle, bu yöntemlerin ticari amaçlar için endüstriyel seviyelere çıkarılması şimdilik mümkün değildir. En büyük zorluk olan hücre üretiminin ölçeklendirilmesine ek olarak, daha sonraki doku üretiminin de büyütülmesi gerekmekte ve bu adımlar için manuel yöntemler yalnızca pahalı ve zahmetli olmakla kalmamakta, aynı zamanda kontaminasyon olasılığını ve güvenlik risklerini de artırmaktadır (Post ve Hocquette 2017).

Yapay et hakkında en çok tartışılan konulardan biri, ilk hücrenin kaynağıdır. Orijinal dokulardan hücre sayıları ve homojenliği ile ilgili olarak istenen hücre tipini toplamak maliyetli ve teknolojik olarak zor olabilir ve genellikle elde edilen hücre sayısı anlamlı yorumlama için yetersizdir. Ayrıca, hücrelerin kültür ortamına tepkisi ve büyüme davranışları, numune değişkenliğinden etkilenecektir. Hangi hayvan türünün, cinsinin ve dokusunun, yapay et için başlangıç materyali olarak optimal hücre kaynağı olacağı hala belirsiz ve tartışmalı bir konudur. Pluripotent kök hücreler, gerçek et lezzetini artıracak kas, yağ ve diğer hücre türlerine farklılaşabildikleri için en iyi seçeneği sunabilmektedir (Stephens ve ark., 2018).

Diğer bir sınırlayıcı faktör kültür ortamının fiyatının yüksekliğidir. Şu anda standart kültür ortamı, içerdiği besin öğelerine ek olarak FBS gibi hayvan kaynaklı bileşenler içermektedir. Fetal buzağı serumu, hücre büyümesi için gerekli olan çok çeşitli büyüme faktörlerini, hormonları, vitaminleri, amino asitleri, yağ asitlerini ve eser elementleri içermekte olup maliyeti yüksektir. Bu serum tıbbi araştırmalarda hücrelerin kültürlenmesi için geleneksel olarak kullanılmaktadır. Fetal buzağı serumu, bu özelliği ve pahalılığı nedeniyle etik ve ekonomik olarak uygun görülmemektedir. Ek olarak hayvansal kaynaklı olması potansiyel kontaminasyon riskini de beraberinde getirmektedir. Bağımsız yeni kültür ortamı için çalışmalar devam etmektedir (Aswad, Jalabert ve Rome, 2016).

Kültür ortamındaki aynı zorluk iskele üretimi için de geçerlidir. Çok sayıda sentetik türevli biyomateryal vardır. Miyojenik hücreler, doğal fizyolojik ortamlarını daha yakından taklit ettiğinden, hayvandan türetilen malzemelerde çoğalmayı tercih etmektedirler. Başarılı biyo-yapay kasların çoğu, kollajenden yapılmış iskeleler üzerinde geliştirilmiştir (Snyman, Goetsch, Myburgh ve Niesler, 2013).

Geleneksel üretimde besin maddeleri ve oksijen kan damarları ile her bir hücreye ulaştırılırken, yapay et üretiminde ise bu fonksiyonu biyoreaktörler gerçekleştirmektedir. Geniş ölçüde ticari üretim için geniş kapasitede biyoreaktörlere ihtiyaç duyulmaktadır (Post ve Hocquette, 2017).

Yapay etin amacı, doğrudan hayvanlara yer vermeden yenilebilir et ürünleri üretmektir. Yapay etin başarısı, normal etle eşit derecede uygun bir maliyetle üretilmesine ek olarak, geleneksel etin duyuusal özelliklerini ne kadar yakından taklit ettiğine bağlıdır. Geleneksel etin dokusuna tam uyum sağlamanın zor olduğu düşünülmektedir. Mevcut teknolojilerin hiçbiri bir bifteği veya bir kaburgayı tam olarak taklit edebilecek tamamen yapılandırılmış 3 boyutlu et üretememektedir. Miyoblastlara ek fibroblastlar ve adipositler gibi çeşitli hücrelerin ortak kültürü normal ete yakın eşleşmeyi sağlayabilir, ancak sorun şu ki her hücre çizgisi benzersizdir ve büyüme ve farklılaşma için özel ortamlar gerektirir. Bu durumun gözardı edilmesi, yapay etin dokusuna ve tadına olumsuz yansımaktadır. Bu faktörlerin yanı sıra, normal ette bekletme sürecindeki biyokimyasal ve fiziksel değişimler gibi duyuusal özelliklerin gelişiminde ve etin kalitesi üzerinde önemli rol oynayan başka

değişkenlerin de duyuusal açıdan dikkate alınması gerekmektedir (Hong ve ark., 2021).

Hücre kültürü veya hücre kültürlü et üretiminde genetiği değiştirilmiş organizmaların (GDO'lar) veya büyüme destekleyiciler ve serum alternatifleri gibi mühendislik ürünlerinin kullanılması büyük bir zorluktur. Hasat edilen hücreler bakteri, mantar ve virüsler dahil olmak üzere mikrobiyal bir kontaminasyondan arındırılmış olmalıdır. İlaça dirençli plazmitler gibi diğer genetik materyaller tarafından kontaminasyon da izlenmelidir. Ayrıca toksik maddelerin, alerjenlerin ve herhangi bir katkı maddesinin varlığından/kullanımından kaçınılmalıdır (Rorheim, Mannino, Baumann ve Caviola, 2016).

İlk in vitro hamburger köftesinin (2013) maliyeti 325.000 dolardır. Prof. Post daha fazla yatırım almış ve Mosa Meat adlı yeni bir girişimde in vitro et geliştirmek için bir araştırma ekibi kurmuştur. Maliyet 2019 yılında 112 dolar, bugün ise aynı hamburgerin yaklaşık 9 dolar değerinde olacağı bildirilmiştir. Dünya çapında yeni şirketler ortaya çıkmakta ve yüksek kaliteli, düşük maliyetli yapay et üretimi üzerine araştırmalar sürmektedir (Chriki ve Hocquette 2020).

Tüketici Görüşleri

Tüketici tutumlarının yeni besin teknolojilerini kabul etmede kilit bir rol oynadığı belirtilmektedir. Tüketici araştırmaları, tüketicilerin yapay eti kabulünü etkileyen kamu bilinci, risk-fayda algısı, etik ve çevresel kaygılar, duyuular, kişisel faktörler, ürün özellikleri ve et alternatiflerinin mevcudiyeti gibi en az yedi faktörü ortaya koymaktadır. Bulgular, tüketicilerin yapay eti kabul etme konusunda kararsız olduğunu göstermekte ve ilgili teknolojinin farkındalığı ve bilgisi gibi faktörler tüketici tutumunu etkilemektedir (Pakseresht, Kaliji ve Canavari, 2021).

Tüketicilerin yapay ete dair teknoloji bilgisinin eksikliğine işaret edilmektedir. Rolland, Markus ve Post (2020)'un Hollanda'da yaptıkları bir çalışmada; yapay etle ilgili belirli bilgiler verilmeden önce ve verildikten sonra tekrarlanan ölçümler sonucu, bilgi sahibi olmanın kabulü artırdığı gözlemlenmiştir. Hayvancılık sektörünün neden olduğu olumsuz çevresel etkilerden, yapay etin üretim yönteminden, tüketim için güvenilirliğinden, besin değerinin, tadının, kokusunun ve görünüşünün gerçek et ile

benzer olduğundan bahsedilmiştir. Yapay et konusunda bilgi sahibi olmanın tüketicilerin kabulünü sağlamada, hayvan refahı ve çevre dostu olma odaklarından çok daha etkili olduğunu bulmuşlardır.

Risk-fayda durumunun tüketicinin yeni besin teknolojilerine karşı tutumu üzerindeki rolünün incelendiği bir çalışmada, yapay etin sağlıklı olduğu konusunda tüketicilere güvence verilirse bu eti tüketme olasılığının artacağına dikkat çekilmiştir (Gómez-Luciano, De Aguiar, Vriesekoop ve Urbano, 2019). Bununla birlikte, yapay et tüketmenin algılanan faydalarının bu ürünün kabulünde bir artışa yol açtığı bildirilmiştir (Rolland ve ark., 2020).

Et talebi küresel olarak hala artmakta, bu da yoğunlaştırılmış hayvancılık üretimi ve hayvan refahı sorunları hakkında artan toplumsal endişelere yol açmaktadır. Bir çalışma bu gibi etik kaygıların tüketicilerin yapay et ve et ikamelerini benimseme ve yüksek fiyata rağmen satın alma durumlarını artırdığını göstermiştir. Katılımcıların %54'ünün yapay eti denemeye istekli oldukları ve %26'sının hayvan refahı sorunları nedeniyle et tüketimini azaltma eğiliminde olduğu belirtilmiştir (Mancini ve Antolini, 2019). Tersine, tüketici anketleri, yeni besin teknolojisi geliştirmeyi doğayı kurcalamak olarak gören ve dolayısıyla onu ahlaki açıdan sorgulanabilir gören bir grup bireyi tanımlamaktadır. Yapay etin üretilme şekli veya kök hücrenin kökeni de bazı dini soruları gündeme getirmektedir (Hamdan ve ark., 2018).

Algılanan doğallığın tüketicilerin yeni besinleri kabul etmesinde belirleyici bir role sahip olduğu gösterilmektedir. Tüketicilerin çoğunluğu yapay eti doğal olmayan, anormal, sahte ve yapay olarak algılamaktadır. Besin neofobisi, tanıdık olmayan teknoloji korkusu ve yeni besinlerin bilinmeyen risklerinden korkmayı belirtmektedir. On ülkede internet üzerinden anketle toplam 6 binden fazla katılımcının oluşturduğu çalışmada, katılımcıların çoğunluğunun bilinmeyen uzun vadeli sağlık etkileri nedeniyle bu yeni teknolojiden korktuğu tespit edilmiştir. Yapay etin kabulüne ilişkin büyük kültürel farklılıklar olduğu ve en düşük kabul düzeyinin Fransız tüketicilerde olduğunu bildirilmiştir (Siegrist ve Hartmann, 2020).

Yaş, cinsiyet ve eğitim düzeyi gibi demografik faktörler, yapay etin kabulü ile ilişkilendirilmiştir. Yüksek öğrenim durumunun, sürdürülebilir kaynaklardan üretilen alternatif proteinlerle bir

diyet benimseme durumuyla ilgili olduğu bulunmuştur (Mancini ve Antolini, 2019). Yapay etin kabulü ülkeler arasında farklılık göstermektedir. İngiltere, İspanya, Brezilya ve Dominik Cumhuriyeti'nde tüketicilerin üç alternatif protein kaynağı satın alma durumları incelenmiştir. Genel olarak bitki bazlı proteinlerin en çok tercih edilen alternatif olarak kabul edildiği ortaya koyulmuştur. Katılımcıların en çok önem verdikleri satın alma faktörleri sırasıyla; yapay etin sağlıklı olması, besin güvenliği, besin içeriği, yüksek sürdürülebilirlik, lezzet ve daha düşük fiyattır. İspanya ve Brezilya'daki tüketiciler, böcek bazlı proteinlerden ziyade yapay et tüketimine daha yatkın bulunmuştur (Gómez-Luciano ve ark., 2019).

Alman pazarının yapay et için hazır olup olmadığı araştırıldığında, katılımcıların %57'sinin yapay eti denemek istediği ve en güçlü olumlu etkenin etik gerekçeler (hayvan refahı, çevresel faktörler) ve en güçlü olumsuz etkenin duysal itirazlar (doğal olmaması vb.) olduğu belirlenmiştir. Alman tüketicilerin yapay eti kabul etmeye orta derecede hazır olduğu tespit edilmiştir (Weinrich, Strack ve Neugebauer, 2020).

Zhang ve arkadaşları, (2020) yaptıkları çalışmada tüketici kabulünde fiyatın rolünü doğrulamıştır. Sonuçlar büyük bir çoğunluğun yapay eti bilmediğini göstermiştir. Bilgi sahibi olmanın tüketicinin yapay eti deneme isteğini arttırdığı (%70'inden fazla) belirtilmiştir. Geleneksel etin birim fiyatı ile karşılaştırıldığında, katılımcıların yaklaşık %2'si yapay et için daha fazla ücret ödemeye istekli olduğunu bildirmiştir. Ayrıca genç ve eğitimli kişilerin kabul oranı daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Yapay etin mevcut üretim teknolojisi oldukça pahalıdır ve tüketicilerin satın alma isteklerini engellemektedir (Zhang, Li ve Bai, 2020).

Yapay etin ticarileştirilmesi, bitki, böcek ve tek hücre bazlı proteinler dahil olmak üzere diğer alternatif protein kaynaklarının mevcudiyetinden etkilenebilmektedir. Avrupa Birliği'ndeki tüketicilerin alternatif ve sürdürülebilir protein kaynaklarını kabul etme isteklerinin incelendiği bir çalışmada, bitki bazlı proteinin en çok kabul edilen alternatif kaynak olduğu (%58), ardından tek hücre bazlı proteinler (%20), böcek bazlı proteinler (%9) ve yapay etin (%6) tercih edildiği gösterilmiştir (Grasso, Hung, Olthof, Verbeke ve Brouwer, 2019).

Yapay et, daha sürdürülebilir besin tüketim

kalıplarını düşünen ancak mevcut et bazlı diyetlerini değiştirmeye istekli olmayan sorumlu tüketiciler tarafından uygun bir alternatif olarak görülmektedir (Chriki ve Hocquette, 2020).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Artan dünya nüfusuyla birlikte talep edilen et miktarı da artmaktadır. Geleneksel et üretim sürecinde hayvanlardan kaynaklanan bulaşıcı hastalıklar, hayvancılık için kullanılan arazilerin kapladığı alan ve dolayısıyla erozyon, hayvanların kesim sırasında çektiği acı, çevre kirliliği, sera gazı salınımı ve dolayısıyla küresel ısınma gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır. Teknolojik gelişmeler ışığında, mevcut et üretim sistemlerinin yerini alabilecek yapay et üretimi, mevcut maliyetlerin azaltılmasıyla ve tüketicilerin alışkanlıklarına ve inançlarına duyarlı bir noktaya varmasıyla önemli bir alternatif olacağı düşünülmektedir. Tüketici kabulü ve üretim maliyetinin odak noktasında olduğu bu yeni ürün birtakım zorlukları beraberinde getirmektedir. Yapay etin insan sağlığı açısından güvenilir, çevresel açıdan sürdürülebilir ve uygun fiyatlı bir et kaynağı olması beklenmektedir. Yapay et hakkında bilgi sahibi olmanın, üretim sisteminin yararlarını vurgulamaktan ziyade insanları bu yeni ürüne yönlendirmede daha etkili olacağı ileri sürülmektedir. Son yıllarda artan biyolojik ve teknolojik gelişmelere rağmen, yapay et üretimi maliyeti ve ticari olarak fizibilitesi öngörülen seviyeye ulaşamamıştır. Daha fazla araştırma ve teknolojik gelişmelerle birlikte mevcut et üretim sistemleriyle rekabet edebilecek bir seviyeye geleceği öngörülmektedir.

Yazar Katkısı / Author Contributions

Fikir/Kavram: H.C.O.; Tasarım: H.C.O., A.U.; Denetleme/Danışmanlık: A.U.; Analiz ve/veya Yorum: A.U., T.O.; Kaynak Taraması: H.C.O., A.U., T.O.; Makalenin Yazımı: H.C.O., A.U., T.O.; Eleştirel İnceleme: A.U., T.O.

Hakem Değerlendirmesi / Peer-review

Dış bağımsız

Çıkar Çatışması / Conflict of Interest

Yazarlar araştırmanın yürütülmesinde herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmiştir.

Finansal Destek / Financial Disclosure

Yazarlar araştırmanın yürütülmesi sürecinde bir finansal destek almadığını beyan etmiştir.

KAYNAKLAR

- 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 Biotechnology*, 16(1), 1-12. doi: 10.1186/s12896-016-0262-0
- Bhat, Z. F., Kumar, S., Bhat, H. (2017). Invitro meat: A future animal-free harvest. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(4), 782-789. doi: 10.1080/10408398.2014.924899
- Bhat, Z. F., Morton, J.D., Mason, S.L., Bekhit, A.E. D.A., Bhat, H. F. (2019). Technological, regulatory, and ethical aspects of in vitro meat: A future slaughter-free harvest. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(4), 1192-1208. doi: 10.1111/1541-4337.12473
- Balasubramanian, B., Liu, W., Pushparaj, K., Park, S. (2021). The epic of in vitro meat production—a fiction into reality. *Foods*, 10(6), 1395. doi: 10.3390/foods10061395
- Candoğan, K., Özdemir, G. (2021). Sürdürülebilir et üretimi için yenilikçi yaklaşımlar. *Gıda*, 46(2), 408-427.
- Choudhury, D., Singh, S., Seah, J. S. H., Yeo, D. C. L., & Tan, L. P. (2020). Commercialization of plant-based meat alternatives. *Trends in Plant science*, 25(11), 1055-1058.
- Chriki, S., Hocquette, J. F. (2020). The myth of cultured meat: a review. *Frontiers in Nutrition*, 7, 7.
- Emen, İ., Özgenç, M. (2021). Erişim Tarihi: 23.06.2023 Yapay ete ucuz yeni formül. *Hürriyet*. <https://www.hurriyet.com.tr/ekonomi/yapay-ete-ucuz-yerli-formul-41749623>.
- Ertbjerg, P., Puolanne, E. (2017). Muscle structure, sarcomere length and influences on meat quality: A review. *Meat Science*, 132, 139-152.
- Fraeye, I., Kratka, M., Vandenburg, H., Thorrez, L. (2020). Sensorial and nutritional aspects of cultured meat in comparison to traditional meat: much to be inferred. *Frontiers in Nutrition*, 7, 35.
- Gıda ve Tarım Örgütü (FAO). (2009). How to feed the world in 2050. Population and Development Review. 35. Erişim Tarihi: 15.05.2023, https://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf
- Gıda ve Tarım Örgütü (FAO). (2019). Five practical actions towards low carbon livestock. Rome. Erişim Tarihi: 15.05.2023, <https://www.fao.org/3/ca7089en/ca7089en.pdf>
- Gómez-Luciano, C.A., De Aguiar, L.K., Vriesekoop, F., Urbano, B. (2019). Consumers' willingness to

- purchase three alternatives to meat proteins in the United Kingdom, Spain, Brazil and the Dominican Republic. *Food Quality and Preference*, 78, 103732. doi: 10.1016/j.foodqual.2019.103732
- Grasso, A.C., Hung, Y., Olthof, M. R., Verbeke, W., Brouwer, I.A. (2019). Older consumers' readiness to accept alternative, more sustainable protein sources in the European Union. *Nutrients*, 11(8), 1904. doi: 10.3390/nu11081904
- Hamdan, M.N., Post, M.J., Ramli, M.A., Mustafa, A.R. (2018). Cultured meat in Islamic perspective. *Journal of Religion and Health*, 57(6), 2193-2206. doi: 10.1007/s10943-017-0403-3
- Herrero, M.P., Havlík, H., Valin, A., Notenbaert, M.C., Rufino, P.K., Thornton, M. B. (2013). Biomass use, production, feed efficiencies, and greenhouse gas emissions from global livestock systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 110 (52), 20888–20893. doi: 10.1073/pnas.1308149110
- Hong, T.K., Shin, D.M., Choi, J., Do, J.T., Han, S.G. (2021). Current issues and technical advances in cultured meat production: a review. *Food Science of Animal Resources*, 41(3), 355. doi: 10.5851/kosfa.2021.e14
- Hunt, A., Harrington, D., Robinson, S. (2014). Vitamin B12 deficiency. *BMJ*, 349. doi: 10.1136/bmj.g5226
- Karasungur, M. (2021). Erişim Tarihi:23.06.2023, StartersHub, tridi ve biftek'e toplamda 162 bin 500 dolar yatırım yaptı. <https://girisim.io/startershut-tridi-ve-bifteke-toplamda-162-bin-500-dolar-yatirim-yapti/>
- Lee, S.Y., Kang, H. J., Da Younglee, J. H. K., Ramani, S., Park, S., Hur, S. J. (2021). Principal protocols for the processing of cultured meat. *Journal of Animal Science and Technology*, 63(4), 673. doi: 10.5187/jast.2021.e40
- Mancini, M. C., Antonioli, F. (2019). Exploring consumers' attitude towards cultured meat in Italy. *Meat Science*, 150, 101-110. doi: 10.1016/j.meatsci.2018.12.014
- NTV. (2020). Erişim tarihi: 25.12.2022, <https://www.ntv.com.tr/dunya/hayvan-oldurulmeden-uretilen-et-satisa-cikiyor,rKfsAQY1MkSVuhBDPpWOPw>.
- Obeid, R., Heil, S. G., Verhoeven, M. M. A., van den Heuvel, E. G. H. M., de Groot, L. C. P. G. (2019). M, Eussen SJP. Vitamin B12 intake from animal foods, biomarkers, and health aspects. *Frontiers in Nutrition*, 6(93), 93. doi: 10.3389/fnut.2019.00093
- Pakseresht, A., Kaliji, S. A., Canavari, M. (2021). Review of factors affecting consumer acceptance of cultured meat. *Appetite*, 105829. doi: 10.1016/j.appet.2021.105829
- Post, M.J., Hocquette, J.F. (2017). New sources of animal proteins in vitro meat. *New Aspects of Meat Quality*. p. 425–41. doi: 10.1016/B978-0-08-100593-4.00017-5.
- Rorheim, A., Mannino, A., Baumann, T., Caviola, L. (2016). Cultured meat: A pragmatic solution to the problems posed by industrial animal farming. *Sentience Politics*, 1, 1-14.
- Rolland, N.C., Markus, C.R., Post, M. J. (2020). The effect of information content on acceptance of cultured meat in a tasting context. *PLoS One*, 15(4), e0231176. doi: 10.1371/journal.pone.0231176
- Siegrist, M., Hartmann, C. (2020). Perceived naturalness, disgust, trust and food neophobia as predictors of cultured meat acceptance in ten countries. *Appetite*, 155, 104814. doi: 10.1016/j.appet.2020.104814
- Skrivergaard, S., Rasmussen, M. K., Therkildsen, M., Young, J. F. (2021). Bovine satellite cells isolated after 2 and 5 days of tissue storage maintain the proliferative and myogenic capacity needed for cultured meat production. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(16), 8376. doi: 10.3390/ijms22168376
- Snyman, C., Goetsch, K. P., Myburgh, K. H., Niesler, C. U. (2013). Simple silicon echamber system for in vitro three-dimensional skeletal muscle tissue formation. *Frontiers in Physiology*, 4, 349. doi: 10.3389/fphys.2013.00349
- Stephens, N., Silvioc, L. D., Dunsfordb, I., Ellisd, M., Glencrosse, A., Sexton, A. (2018). Bringing cultured meat to market: Technical, socio-political, and regulatory challenges in cellular agriculture. *Trends in Food Science and Technology*, 78, 155–166. doi: 10.1016/j.tifs.2018.04.010
- Steinfeld, H. P., Gerber, T., Wassenaar, V., Castel, M., Rosales, C., De Haan. (2006). *Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options*. Food and Agricultural Organization, Rome, Italy, p390.
- Türkiye Beslenme Rehberi (TÜBER). (2015). T.C. Sağlık Bakanlığı. Ankara: T.C. Sağlık Bakanlığı Yayın No: 1031-2. Baskı.
- Verbruggen, S., Luining, D., Van Essen, A., Post, M. J. (2018). Bovine myoblast cell production in a microcarriers-based system. *Cytotechnology*, 70, 503–512. doi: 10.1007/s10616-017-0101-8.
- West, A.R., Oates, P.S. (2008). Mechanisms of heme iron absorption: current questions and controversies. *World Journal of Gastroenterology*, 14(26), 4101. doi: 10.3748/wjg.14.4101
- Weinrich, R., Strack, M., Neugebauer, F. (2020). Consumer acceptance of cultured meat in Germany. *Meat Science*, 162, 107924. doi: 10.1016/j.meatsci.2019.107924

- Yue, Y., Zhang, L., Zhang, X., Li, X., Yu, H. (2018). De novo lipogenesis and desaturation of fatty acids during adipogenesis in bovine adipose-derived mesenchymal stem cells. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Animal*; 54, 23–31. doi: 10.1007/s11626-017-0205-7.
- Zhang, M., Li, L., Bai, J. (2020). Consumer acceptance of cultured meat in urban areas of three cities in China. *Food Control*, 118, 107390. doi: 10.1016/j.foodcont.2020.107390