

**HÜCRE KÜLTÜRÜ BAZLI
PROTEİN KAYNAKLARI:
YAPAY ET**

CELL CULTURE BASED
PROTEIN SOURCES:
ARTIFICIAL MEAT

Halit Canatan

HÜCRE KÜLTÜRÜ BAZLI PROTEİN KAYNAKLARI: YAPAY ET

Prof. Dr. Halit CANATAN

Erciyes Üniversitesi

Özet

Yapay et *in vitro* koşullarda çoğunlukla hücre kültürü ortamında üretilen bir gıda türüdür. Gerek hızla artan dünya nüfusuna kaliteli gıda arayışları gerekse hayvansal ürün olarak et üretimi sırasında ortaya çıkan aşırı su tüketimi, global ısınma vs. gibi nedenlerle, yapay et son yıllarda dünya gündeminde sıklıkla yer almaktadır. Yapay et üretiminde primer hücre kaynakları olarak da bilinen ilgilenilen canlı hayvan türlerinin istenen konumundan doku biyopsisi almak veya kesim sonrası canlı dokuları kullanmak en fazla tercih edilen yoldur. İkinci seçenek ise embriyonik kök hücre ya da indüklenmiş pluripotent kök hücreler gibi pluripotent bir hücre kaynağı kullanmaktır. Bu hücrelerin büyük hacimli endüstriyel biyoreaktörler içerisinde farklılaşarak çoğalmaları sağlanır. Yapay et üretiminde en önemli faktörlerden biri fetal buzağı serumu ihtiyacıdır. Yapay et üretiminin iddia edildiği gibi hayvandan bağımsız olmadığı, özellikle üretim aşamasında hala önemli bir hayvan ürününe, fetal seruma, bağımlı olduğu bir gerçektir. Laboratuvarda yapay et üretimi sistemleri konvansiyonel et üretimi tekniklerine alternatif olarak öne çıkmakla birlikte, maliyetin düşürülmesi, sosyal ve etik çekincelerin aşılması ve nihai olarak büyük ölçekte üretime geçilmesi için bu alanda araştırmalar yapılması konusunda yatırımlara ihtiyaç vardır. Eğer ulusal çıkarlarımız yapay et üretimi araştırma ve çalışmalarına dahil olmamızı gerektiriyorsa, yapay et yarışında ülke olarak bir an önce konum belirlememiz ve yer almamız gereklidir.

Anahtar Kelimeler

Yapay Et, Hücre Kültürü, Kültive Edilmiş Et

CELL CULTURE BASED PROTEIN SOURCES: ARTIFICIAL MEAT

Prof. Dr. Halit CANATAN

Erciyes University

Abstract

Artificial meat is a type of food produced under *in vitro* conditions, mostly in cell culture environment. Artificial meat has been on the world agenda frequently in recent years due to the search for quality food for the rapidly increasing world population as well as issues like excessive water consumption, global warming, *etc.* during the production of meat as an animal product. In artificial meat production, the most preferred way is to take tissue biopsies from the desired location of the live animal species of interest, also known as primary cell sources, or to use live tissues after slaughter. The second option is to use a pluripotent cell source such as embryonic stem cells or induced pluripotent stem cells. These cells are allowed to differentiate and proliferate in large-volume industrial bioreactors. One of the most important factors in artificial meat production is the need for fetal calf serum. It is a fact that artificial meat production is not animal-free as claimed, but still depends on an important animal product, fetal serum, especially during the production phase. Although artificial meat production systems in the laboratory stand out as an alternative to conventional meat production techniques, investments are needed to reduce costs, overcome social and ethical concerns, and ultimately conduct research in this field to enable large-scale production. If our national interests require us to be involved in artificial meat production research and studies, as a country, we need to determine our position and take part in the artificial meat as soon as possible.

Keywords

Artificial Meat, Cell Culture, Cultivated Meat

ADLANDIRMA

Her ne kadar bazı bilim insanları *in vitro* ortamda hayvansal hücrelerden üretilen bu ürünün “et” olarak adlandırılmasının dahi uygun olmadığını, “hayvansal kökenli bir gıda ürünü” olarak adlandırılmasını önerse de, Türkçe kaynaklarda en fazla yapay et (artificial meat) ifadesi kullanılmaktadır. Bununla birlikte bilim insanları tarafından farklı isimlendirmeler kullanılmış olup başlıca adlandırmalar sentetik et (synthetic meat), *in vitro* et (*in vitro* meat), temiz et (clean meat), laboratuvar eti (lab meat), deney tüpü eti (test-tube meat), Petri kabı eti (Petri dish meat), hayvansız et (animal-free meat), hücre tabanlı et (cell-based meat), sahte köfte (fake burger), Frankeştayn eti (Frankenstein meat), fabrika eti (factory grown meat) vs. dir (Post, 2012; Bhat vd., 2019; Benny, Pandi & Upadhyay, 2022; Mateti, Laha & Shenoy, 2022).

Bu yazıda Türkçe literatürde en fazla kullanılan terim olan yapay et olarak adlandıracağımız söz konusu alternatif gıda ürününün adlandırılmasında gerek destekleyicilerinin gerekse bu hayvansal gıda ürününe karşı olanların görüşlerini destekler mahiyette isim kullandıkları dikkat çekmektedir. Örneğin bu gıda ürünü “temiz et” olarak isimlendiren gruplar aynı zamanda temiz enerji ile sinerjisine de atıfta bulunmaktadır (Stephens, Sexton & Driessen, 2019). Son zamanlarda ise kültive edilmiş et (cultivated meat) tanımlaması özellikle üretici firmalar tarafından desteklenmektedir Good Food Institute, 2023). Diğer taraftan klonlanmış veya genetiği değiştirilmiş hayvan etlerinin de yapay et kapsamında değerlendirilmesi gerektiğini önerenler de vardır (Mateti vd., 2022; Lee DK vd., 2023).

YAPAY ET KAVRAMINDA HAYVANSAL VEYA BİTKİSEL KÖKEN AYIRIMI

Oldukça geniş bir kavram olan yapay et tanımı içerisine giren hayvansal kaynaklı yapay etin tamamen bitki kaynaklı hiçbir hayvan ürünü içermeyen bitki bazlı et analoglarından (plant-based meat analogs) veya alternatiflerinden ayırt edilmesi gereklidir. (Ismail, Hwang ve JooI, 2020; Rubio, Xiang ve Kaplan, 2020; Mateti vd., 2022; Elhalis vd., 2023; Wang ve Jian, 2023, Munialo ve Vriesekoop, 2023). Bitki bazlı et analogları çeşitli nedenlerle et ve ürünlerini tüketmekten kaçınan tüketici talebini karşılamak ve aynı zamanda gelecekte sürdürülebilir bir protein kaynağı sağlamak için üretilmektedirler. Bitki bazlı et analogları neredeyse gerçek etle aynı besin profiline sahiptirler ve mükemmel protein kaynakları olarak kabul edilmektedirler (Bryngelsson vd., 2022). Bitki bazlı et analogları gerek doku, renk, lezzet gerekse besin değeri açısından çeşitli et ürünleri türlerini taklit edecek şekilde üretilmektedirler (Choudhury vd., 2020). Bitki bazlı et analogları üretiminde faaliyet gösteren ve belirli bir pazar payına sahip gıda firmaları mevcut olup bu alan Nestlé, DSM-Firmenich and Cargill gibi diğer büyük gıda firmalarının ilgi alanına girmekte ve bu gıda şirketleri tarafından yeni patentler alındığı görülmektedir (Just-food.com, 2023).

NEDEN YAPAY ET?

Başta bilim insanları olmak üzere toplumun farklı kesimlerini yapay ete yönlendiren farklı faktörler mevcut olup en önemli etkenlerden birisi artan dünya nüfusedir. Birleşmiş Milletler 15 Kasım 2022 günü 8 milyara ulaşan dünya nüfusunun 2030’da 8,5 milyara, 2050’de 9,7 milyara, 2100’de ise 10,4 milyara ulaşacağını öngörmektedir (UN, 2023). Küresel olarak artan nüfusun et ihtiyacına bağlı olarak global ısınma, çevre kirliliği, çevreye zararın azaltılması gibi çevresel sorunlar başta gelmektedir. Hayvan refahı, doğal kaynakların daha etkili kullanımı, verimli olmayan besin dönüşümü de diğer başlıca nedenler arasında sayılabilir. Mevcut et üretiminde küresel olarak yıllık milyarlarca hayvanın kullanılıyor olmasına karşılık yapay et üretiminde sadece sınırlı sayıda hayvana veya hayvansal kaynağa ihtiyaç duyulması yapay et üretimini destekleyenlerin en önemli savunma dayanaklarından birisidir. Konvansiyonel et üretimi sırasında antibiyotik kullanımı, ete bulaşan fekal kontaminasyonlara bağlı olarak hastalık yayılması, et tüketimine bağlı gıda kaynaklı hastalıklar, pestisitler, ağır metaller vs. gibi çevresel kontaminasyonlara bağlı olarak ortaya çıkabilecek sağlık sorunları ve olası zoonotik hastalıkların epidemileri gibi halk sağlığı sorunları da yapay ete doğru yönelimin ana sebepleri arasında yer almaktadır. Ayrıca et tüketimi ile ilgili dini kısıtlamalar ve hatta egzotik et üretimi gibi konular yapay et tüketiminin teşvik edilmesinde rol oynamaktadırlar (Godfray vd., 2018; Bhat vd., 2019; Yetim ve Tekiner, 2020; Balasubramanian vd. 2021; Hong vd., 2021; Melzener vd., 2021, Mateti vd., 2022).

TARİHSEL GELİŞİM SÜRECİNDE HAYVANSAL KAYNAKLI YAPAY ET

Her ne kadar yapay et ile ilgili bilgiler, haberler, son birkaç on yıldır, özellikle de Hollandalı bilim insanı ve hekim Dr. Mark Post’un ilk yapay köfteyi yaptığını duyurmasından sonra daha sık gündeme gelmekte ise de, bir yazar ve muhafazakar bir politikacı olan Frederick Edwin Smith’in *“Artık biftek yemek için bir boğa yetiştirmek gibi abartılı bir zahmete katlanmaya gerek kalmayacak”* ifadelerine yer verdiği bilinmektedir (Ford, 2011). Winston Churchill *“bundan 50 yıl sonra sonra”* isimli eserinde Frederick Edwin Smith’den etkilenerek, *“bir tavuk göğsünü veya kanadını yemek için bütün bir tavuk yetiştirme saçmalığından kurtulacağız”* dediği ve bunun nasıl yapılacağını da *“bu tavuk parçalarını uygun bir ortam altında ayrı ayrı büyütürük”* başaracağını öngörmüştür (Churchill, 1931). Diğer taraftan hücrelerin organizmalar dışında yaşayabileceğine dair Alexis Carrel’in 1912 yılındaki orijinal çalışması ile yapay et tarihçesini 100 yıldan öncesine kadar dayandırmak mümkündür. Alexis Carrel, 34 yıl boyunca (1912’den 1946’ya kadar) bir dizi embriyonik tavuk kalp dokusu kültürünü canlı olarak muhafaza etmeyi başarmıştır (Carrel, 1912).

Yapay et üretimi ile ilgili olarak bilimsel manada ve sonuçları yayınlanan ilk çalışmalardan birisi Amerikan Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) tarafından desteklenen uzun süreli görevlerde uzay aracı mürettebatı için *in vitro* et üretim sisteminin fizibilitesinin kontrol edilmesinin hedeflendiği bir çalışmadır. Bu çalışmada yetişkin akvaryum balığı (*Carassius auratus*) sırt karın iskelet kas kütlesi, farklı konsantrasyonlarda fetal buzağı serumu içeren farklı kültür ortamlarında yetiştirilmiştir (Benjaminson, Gilchrist ve Lorenz, 2002). Petri kabında kültüre edilen balık eti baharatlar ve zeytinyağı ile pişirilip, panelistler tarafından bu ürünün “yemek olarak kabul edilebileceği” ilan edilmiştir. (Bhat vd., 2019). 2005 yılında *Doku Mühendisliği (Tissue Engineering)* isimli dergide “*in vitro* kültür edilmiş et üretimi” başlıklı bir makale yayınlanması yapay et üretiminin yeni bir fikir olarak gerek bilimsel çevrelerin gerekse kamuoyunun ilgisini çekmesine neden olmuştur (Edelman vd., 2005). Bu makalede yapay et üretiminin ana hatları çizilmiş, kültüre edilecek hücrelerin büyümesi için gerekli iskele yapıları, biyoreaktörler hakkında bilgi verilmiştir. Yapay et üretimi ile doymuş yağ asitlerinin çoklu doymamış yağ asitlerine oranı daha iyi kontrol edilebileceği, gıda kaynaklı hastalıkların görülme sıklığı önemli ölçüde azaltılabileceği, doğal kaynakların daha verimli kullanılabileceği öngörülmüştür (Edelman vd., 2005).

Yapay et üretimi açısından Hollandalı klinisyen bilim insanı Dr. Mark J. Post tarafından üç ayda üretilen dünyanın ilk yapay etinin tadına bir grup panelist tarafından bakıldığı 5 Ağustos 2013 tarihi bir dönüm noktasıdır (O’Riordan, Fotopoulou ve Stephens, 2017). Yaklaşık 5 ons ağırlığında, 20000 civarı kas ipliğinden oluşan, 325000 dolara mal olan ilk yenilebilen yapay etin halka açık bir tarzda pişirilerek tadına bakılması yapay etin bir realite olduğunu ortaya koymuştur (Toor, 2013). Bu takdimin arkasından pek çok şirket ve araştırma grubu yapay etin edüstriyel boyutta üretimi için motive olmuşlardır (Bhat vd., 2019).

Farklı girişimcilerin 1990’lı yıllardan bu yana yapay et üretimi ile ilgili patent başvuruları da dikkat çekmektedir. 1950’li yıllardan beri yapay et üretimi fikrini destekleyen Hollandalı girişimci Willem Frederik Van Eelen insan veya hayvan tüketimine yönelik yapay etin üretimine ilişkin ilk patenti 1999 yılında almıştır (van Eelen, van Kooten ve Westerhof, 1999; Jönsson, 2016; Bhat, Kumar ve Bhat, 2017; Fernandes vd., 2022). 2023 yılında yayınlanan bir patentometrik analize göre, 1997-2020 yılları arasında yapay et ile ilgili olarak 190’dan fazla patent başvurusu yapıldığı görülmektedir. Patent başvurularının yarısından fazlası beş ülkeden (ABD, Avustralya, Çin, Kanada, Japonya) yapılmıştır (Ng vd., 2023).

BAŞLICA HAYVANSAL KAYNAKLI YAPAY ET ÜRETİM METODLARI

In vitro koşullarda yapay et üretim tekniklerinin başlıcaları hücre kültürü, doku kültürü, organ basma (printing), nanoteknoloji, biyofotonik vd. olarak sıralanabilir (Bhat vd., 2017; Hopkins ve Dacey, 2008; Bhat vd., 2019; Balasubramanian vd. 2021; Mateti vd., 2022). Ancak bu tekniklerden bazıları (örneğin biyofotonik), en azından şimdilik, gelecek vaad etmekle birlikte sadece teorik olarak mümkün iken, diğer bazıları (örneğin doku kültürü) ise küçük ölçekte uygulanabilir olmakla birlikte büyük çapta ticari üretim için henüz uygun değildirler (Bhat vd., 2019). Konvansiyonel et üretiminin farklı aşamalarına entegre olan nanoteknolojik iyileştirmeler gelecekte şüphesiz yapay et üretiminde de rol alacaklardır. Nanoteknolojinin özellikle biyofotonik ile birlikte önemli rol alacağı öngörülmektedir. Örneğin, kültürlenmiş hücrelerin bir iskelete ihtiyaç duymadan daha iyi tutunması nanoteknoloji destekli biyofotonik teknikleri ile sağlanabilecektir (Lamri vd., 2021; Ng ve Kurisawa, 2021; Hong vd., 2021).

In vitro hücre ve doku kültürü teknikleri özellikle hayvan deneylerine alternatif teşkil etmeleri nedeni ile bilim ve deneysel tıp açısından büyük önem taşımaktadır (Weihe, 1985). Hayvansal kaynaklı yapay et üretimi, prensip olarak hayvan hücrelerinin *in vitro* ortamlarda çoğaltılması esasına dayanır. Her ne kadar yapay hazırlanmış ortamlarda, *in vitro* koşullarda, yapılan hücre kültürü ve doku kültürü terimleri sıklıkla birbirinin yerine kullanılmakta ise de, aralarında temel farklılıklar vardır. Hücre kültürü, değişik dokulardan alınan hücrelerin belirli ortamlarda saklanması ve bu ortamlarda çoğaltılması esasına dayanır. Bunun için çoğaltılacak hücrelere uygun çeşitli ortamlar geliştirilmiştir. Bu ortamlarda çoğunlukla kompleks karbohidrat karışımları, amino asitler, tuzlar, vitaminler, hormonlar, farklı hayvanlardan elde edilen serumlar ve çeşitli büyüme faktörleri vs. bulunur. Hücre kültüründen farklı olarak, doku kültüründe doku parçaları bütünden ayrı bir şekilde yaşıatılmaktadır (Yao & Asayama, 2017).

Yapay et üretiminde *in vitro* hücre kültürü/iskele temelli tekniğin ilk aşamasında, çoğalabilecek ve aynı zamanda fonksiyonel iskelet kası dokusuna farklılaşabilecek bir hücre kaynağının bulunmasıdır. Bu amaçla yapay et üretimi planlanan hayvanın embriyosundan elde edilen embriyonik miyoblastın veya kas biyopsisi aracılığı ile izole edilen yetişkin iskelet kas hücrelerinin izolasyonu yapılır. (Bhat, Kumar ve Fayaz, 2015, Bhat vd., 2017; Choi vd., 2021).

Yapay et üretiminde en önemli konulardan biri üretimde kullanılacak kaynak hücre seçimidir (Reiss, Robertson ve Suzuki, 2021). Primer hücre kaynakları olarak da bilinen ilgilenilen canlı hayvan türlerinin istenen konumundan doku biyopsisi almak veya kesim sonrası canlı dokuları kullanmak en fazla tercih edilen yoldur. İkinci seçenek ise embriyonik kök hücre ya da indüklenmiş pluripotent kök hücreler gibi pluripotent bir

hücre kaynağı kullanmaktır. Primer hücreler kullanıldığında kasta yerleşik progenitör hücreler hayvandan alınan iskelet kası dokularından izole edilebilirler. Eğer pluripotent kök hücreler kullanılacaksa öncelikle bu hücrelerin kasta yerleşik progenitör hücrelere dönüşebilecek mezodermal hücrelere farklılaştırılmaları gereklidir. (Bhat vd., 2017; Reiss vd., 2021; Choi vd., 2021). İzole edilen hücreler bir tür iskele veya kolajen örgüsü benzeri bir yapıya tutturularak biyoreaktörler içerisinde büyüme ortamında büyütülürler (Bhat vd., 2015, Bhat vd. 2017, Sürek ve Uzun, 2020; Benny vd., 2022). Özellikle büyük hacimli reaktörlerin geliştirilmesi ile büyük kapasitelerde hayvan hücre kültürü yapmak mümkün olmuştur (Varley ve Birch, 1999). Biyoreaktörlerde farklılaşan miyotüplerin farklılaşması sonucunda miyofibrillerden oluşan bir gıda ürünü, yapay et, elde edilmiş olur (Bhat vd., 2015, Bhat vd. 2017; Sürek ve Uzun, 2020).

Hayvansal hücre kültürü bazlı yapay et üretiminde kullanılan hücre tipi kadar hücre kaynağının alındığı yer ve zaman da önem arz etmektedir. Yapay et üretiminde kullanılacak hücrelerin kaynağı, canlı hayvandan mı yoksa kesim sonrası / ölüm sonrası (postmortem) alınıp alınmadığı, postmortem alındı ise hayvanın nasıl kesildiği, kesim koşulları, hücre kültüründe kullanılan diğer bileşenlerin hangi kaynaklardan alındığı ve nasıl üretildikleri, insan üretimi amaçlı olarak elde edilecek gıda ürününün tüketici tarafından, özellikle dini hassasiyetleri olan tüketiciler tarafından, kabulü ve doğal olarak pazarlanması üzerinde de etkili olabilir (Izhar Ariff Mohd Kashim vd., 2023).

En yaygın olan uygulama primer hücre kaynaklarına başvurmak olup, ilgilenilen hayvan türlerinin istenen konumundan (iskelet kası, kemik iliği, adipoz doku vs.) doku biyopsisi almak veya postmortem dokuları kullanmaktır (Reiss vd., 2021). Bu amaçla sığır, tavuk, koyun, balık, domuz gibi farklı hayvan türlerinin kas biyopsilerinden elde edilen miyotübüllere dönüşme potansiyeli olan kas uydu hücreleri hücre kültürü ortamında çoğaltılmışlardır (Dodson vd., 1987; Yablonka-Reuveni, Quinn ve Nameroff, 1987; Dodson vd., 1986; Powell, Dodson, ve Cloud, 1992; Doumit ve Merkel, 1992). Benzer şekilde kas biyopsisi ile sığır, tavuk, koyun gibi hayvanların farklı bölgelerinden alınan kan dahil doku örneklerinden elde edilen ve adiposit, kondrosit, fibroblastlara farklılaşma potansiyeli olan mesenkimal kök hücreler de hücre kültürlerinde çoğaltılmışlardır (Bosnakovski vd., 2005; Khatri, O'Brien ve Sharma, 2009; Lyahyai vd., 2012).

Hücre kültürü bazlı yapay et üretiminde diğer seçenek ise embriyonik kök hücrelerin veya indüklenmiş pluripotent kök hücrelerin kullanılmasıdır (Post, 2012; Reiss vd., 2021; Lee DK vd., 2023). Genel olarak embriyonik kök hücreler pluripotent özellikleriyle sınırsız çoğalıp kendi kendilerini yenileyebilirken, üç embriyonik tabakayı temsil eden hücrelere farklılaşabilme yetenekleri ile yapay et üretimi dahil olmak üzere, hücre tedavisi, rejeneratif tıp gibi alanlarda da ilgi görmektedirler (Post, 2012; Post, 2014; Reiss vd., 2021; Lee DK vd., 2023).

Embriyonik kök hücreler blastosist aşamasındaki embriyoların ‘iç hücre kitlesi’nden elde edilirler. Bu hücreler kendi kendilerini sınırsız yenileyebilme potansiyellerinin yanında tüm hücre tiplerine farklılaşabilme yeteneğine sahiptirler. Sığır, tavuk, koyun, balık, domuz gibi eti yenilen hayvanlardan embriyonik kök hücreler başarı ile izole ve kültür edilmişlerdir (Cao, Wang ve Liu, 2013; Laval ve Pain, 2010; Vilarino vd., 2020; Holen, Kausland ve Skjærven, 2010; Li vd., 2003). Diğer taraftan erişkin dokulardan elde edilen hücrelerin yeniden programlanarak embriyonik karakter taşıyan pluripotent özellikteki hücrelere dönüşebilecekleri ortaya konulmuştur. Yeniden programlanabilen somatik hücrelerin, *in vitro* olarak istenilen hücre tipine yönlendirilmiş farklılaştırılması mümkün olabilmektedir. Farklı eti yenebilir hayvanların (sığır, tavuk, koyun, balık, domuz) indüklenmiş pluripotent kök hücreleri karakterize edilmiştir (Talluri vd., 2015; Kim vd., 2017; Liu vd., 2012; Gao vd., 2014).

HÜCRE KÜLTÜRÜ MEDYUM GEREKSİNİMLERİ VE FÖTAL SERUM İHTİYACI

Kültür ortamında hücre çoğalmasının desteklenmesinde ve hücrenin farklılaşmasının yönlendirilmesinde besinlerin, küçük moleküllerin ve büyüme faktörlerinin doğru seçimi kritik bir öneme sahiptir (Yao ve Asayama, 2017). Hücre kültür ortamı formülasyonları genel olarak türler ve hücre tipleri arasında oldukça oldukça benzerlik arzederler (Yao ve Asayama, 2017). Başta fötal buzağı serumu (Fetal bovine serum, FBS) olmak üzere pek çok farklı hayvan serumları hücre kültürü uygulamalarında nerede ise vazgeçilemez bir ortam takviyesi olarak uzun yıllardan beri kullanılmaktadır (Reiss vd., 2021, Duarte vd., 2023). Fötal buzağı serumunun başta hücre kültürü tabanlı yapay et üretiminde de vazgeçilemez olması bir yandan da etik kaygıları artırmaktadır. Fötal buzağı serumu kesim sırasında hamile ineklerden alınan sığır fetüslerinden elde edilmektedir. Fötal buzağı serumunun özellikle elde ediliş şekli başta olmak üzere, yapay et üretiminin iddia edildiği gibi hayvandan bağımsız (animal free) olmadığı, özellikle üretim aşamasında hala önemli bir hayvan ürününe bağımlı olduğu bir gerçektir (van der Valk ve Gstraunthaler, 2017). Hücre kültürü bazlı yapay et üretimi dışında rekombinant protein üretimi, hücrel tedavi, hücre bankacılığı, *in vitro* fertilizasyon gibi hücre kültürü yapılan her alanda fötal buzağı serumunun kullanılması ihtiyacın giderek daha da artmasına da neden olmaktadır (van der Valk vd., 2018).

Başta etik, hayvan refahı, artan maliyetler, yapay etin hala hayvan ve hayvansal bir ürüne bağımlı olması kaygıları başta olmak üzere fötal buzağı serumuna alternatif arayışları artan bir şiddetle devam etmektedir (van der Valk ve Gstraunthaler, 2017; Subbiahanadar Chelladurai vd., 2021; Duarte vd., 2023; Lee DY vd., 2023). Her ne kadar serum kullanmadan (serum-free) hücre kültürü yapma çabaları uzun yıllardan beri devam etmekte ise de fötal buzağı serumu (ya da başka hayvan serumu) yerine bütün hücreler

için kullanılabilecek bir seçenek henüz mevcut değildir. Uzun süreden beri devam eden çabalar hayvan serumu kullanmak yerine serum destekleri, sentetik serum ikameleri kullanmak yönündedir (Barnes ve Sato, 1980; Subbiahanadar Chelladurai vd., 2021; Duarte vd., 2023; Lee SY vd., 2023). Bu bağlamda ülkemizden bir grup araştırmacı hem yapay et üretimi hem de hücre kültürünün olmazsa olmazı olan fetal buzağı serumuna alternatif olabilecek bir ürün geliştirme adına oldukça önemli bir başarıya imza atmışlardır (DHA, 2021; CNN Türk, 2021). Ankara Üniversitesi Kök Hücre Enstitüsü'nden Prof. Dr. Kamil C. Akçalı ve ekibi tarafından Ankara Üniversitesi Teknokent'de kurmuş oldukları araştırma laboratuvarlarında yapay et üretiminde fetal buzağı serumuna alternatif olabilecek bir ürün geliştirilmiştir. Normal piyasa koşullarında litresi yaklaşık 400 dolar olan buzağı serumuna alternatif olabilecek bir ürünün çok daha ucuza, litresinin 5-10 dolara, üretilmesi mümkün olabilecektir. Dr. Akçalı ve ekibi tarafından kurulan A.B.D. adresli BİFTEK isimli şirketin web sayfasında uygun fiyatlı yapay et üretimi için büyüme ortamı takviyeleri ürettikleri beyan edilmekte olup şirket ilk ürünü olan Biftek 100X isimli solüsyonu, 100 mili litrelik şişelerde konsantre halde (100x) 60 dolardan satışa sunmuştur (<https://biftek.co>). Yine aynı girişimciler tarafından kurulan Türkiye adresli Ankara Teknoparkta yer alan AkerBio A.Ş. isimli biyoteknoloji firması iki öncelikli alanda (Kök Hücre Danışmanlığı ve Hücresel Teknoloji) faaliyet göstermektedir. AkerBio A.Ş. firmasının web sayfasındaki bilgilerde "... temiz et üretimine yönelik hücrelerin çoğalırken yaydığı amonyak benzeri yan ürünlerin temizlenmesi ve büyüme ortamının filtrelenerek tekrar kullanılmasının sağlanması"nın hedeflendiği belirtilmektedir. Böylece firma kendileri tarafından tasarlanan özel formüller sayesinde temiz etin yüksek üretim maliyetlerinin makul seviyelere çekilebileceğini öngörmektedir (AkerBio, 2023). Türk araştırma ekibinin henüz yayınlanmış bir makalesi (Celebi-Birand vd., 2023) ve A.B.D.de yapmış oldukları ilgili patent başvuruları da mevcuttur (Akçalı, Erikçi ve Kıran, 2023).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapay etin endüstriyel çapta üretilebilmesi ve global çapta pazarlanabilmesi için çözülmesi gereken teknik ve bilimsel sorunlar, sürdürülebilirlik, üretimle ilgili prosedürler ve yasal düzenlemelere ihtiyaç vardır (Post vd., 2020; Hong vd., 2021; Benny vd., 2022; Chodkowska, Wódz ve Wojciechowski, 2022; Liu vd., 2022; Gomez Romero ve Boyle, 2023; Kulus vd., 2023; Santos vd., 2023; Singh vd., 2023; Martins vd., 2024). Diğer taraftan yapay et ürünlerinin satışına farklı ülkelerde izinler verilmeye başlamıştır (Hürriyet, 2020; Anadolu Ajansı, 2022; Anadolu Ajansı, 2023). ABD Tarım Bakanlığı (USDA)'na bağlı Gıda Güvenliği ve Kontrolü Servisi 21 Haziran 2023 tarihinde bir genelge yayınlayarak insan gıdası amaçlı üretilen hücre kültürü tabanlı et veya tavuk eti üretimi yapan işletmelerdeki aktivitelerde personelin gerek kontrol gerekse doğrulama açısından rolleri ve sorumluklarını belirlemiştir (USDA, 2023). Ancak, kamuoyunun belli bir kesimi ve çeşitli gruplar tarafından yapay ete itirazların olduğu da bir gerçektir.

Örneğin İtalya yapay et üretimine yasak getireceğini duyurmuştur (BBC News Türkçe, 2023). Fiyat olarak hala çok pahalı olması yanında başlıca çekinceler yapay et ve ürünlerinin sağlıksız olduğu, doğal olmadıkları, iddia edilenin aksine yapay et üretiminin çevreye daha fazla zarar verdiği, kurbanlı kanibalizmi destekleyeceği, vejeteryanlığın yaygınlaşmasına neden olacağı şeklinde sıralanabilir (Bhat vd., 2019; Yetim ve Tekiner, 2020).

Başta dini çekincelerin etkisinde olmakla birlikte yapay et tüketiminin tüketici tarafından isteyerek kabul görüp görmeyeceği (consumer acceptance) hala en önemli konulardan biridir (Siddiqui vd., 2022; Rosenfeld ve Tomiyama, 2023). 2023 yılında yayınlanan ve 417 katılımcının yer aldığı bir çalışmaya göre, Türk tüketicilerin yapay et tüketimi konusunda oldukça isteksiz oldukları bildirilmiştir (Baybars, Ventura ve Weinrich, 2023). Türk tüketiciler yapay eti normal, konvansiyonel ete bir alternatif olarak kabul etseler dahi yapay et tüketimin etik, doğal, sağlıklı, güvenli olmadığını beyan etmişlerdir. Ülkemiz tüketicileri yapay eti düzenli olarak tüketme hatta deneme konusunda da oldukça ilgisiz ve isteksizdirler (Baybars vd., 2023).

Yaklaşık 100 yıllık bir serüvene sahip, önceleri romanlarda bir gerçeküstü olay gibi zikredilen hayvansal kaynaklı yapay etin bir realite olduğu artık kabul edilmelidir. Şüphesiz yapay et üretiminin optimizasyonu ve ilgili kamu kurumları tarafından gerek üretim gerekse üretim sonrası kontrol edilmesi gereklidir. Biz istesek de istemesek de *in vitro* koşullarda üretilmiş yapay et ve çeşitlerini yakın gelecekte market raflarında görmemiz pek de uzak bir ihtimal değildir. Ülkemizin dini konularda resmi otoritesi olan Diyanet İşleri Başkanlığı'nın web sayfasında 21 Eylül 2021 tarihli "*Diyanet'ten 'Yapay Et' açıklaması*" başlığı altında, Diyanet İşleri Başkanlığı Basın ve Halkla İlişkiler Müşavirliği tarafından yayınlanan "*Sosyal medya mecralarında Din İşleri Yüksek Kurulumuzun yapay ete cevaz verdiğine dair paylaşılan içerikler tamamen asılsızdır. Kurulumuzun yapay etin helal olduğuna dair bir fetvası yoktur*" ifadeleri yer almaktadır (DİB, 2021). Söz konusu ifadelerden Diyanet İşleri Başkanlığı'nın konu ile ilgili nihai kararı vermediği, en azından yapay et tüketimi için cevaz vermediği anlaşılmakta olup, konu sadece ülkemizde değil farklı ülkelerde dünya gündeminde de yerini korumakta olup bazı dini çevrelerce dahi kaçırılmaması gereken bir fırsat olarak görülmektedir (Izhar Ariff Mohd Kashim vd., 2023; Attwood vd., 2023).

Sonuç olarak, sınırlı sayıda da olsa ülkemizden bilim insanlarının yer aldığı hayvansal kaynaklı yapay et yarışında ülke olarak bir an önce konum belirlememiz gereklidir. Sosyal medya ve gazete haberlerinde hemen her gün karşılaştığımız yapay et haberleri artık sıradan vatandaşların da gündemindedir. Bir an önce ulusal çapta daha sonra uluslararası çalıştaylar düzenlenmesi gerekmektedir. *Eğer ulusal çıkarlarımız yapay et üretimini araştırma ve çalışmalarına dahil olmamız yönünde ise, öncelikli alan araştırmaları çerçevesinde projelerin desteklenmesi, hepsinden önemlisi tüketici kamuoyunun doğru bir şekilde bilgilendirilmesi önem arz etmektedir.*

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Akali, K.C., Erikci, E. ve Kiran, F., Biftek Inc. (2022). Microbiota-derived postbiotics: Alternative supplement to fetal bovine serum for cultured meat. U.S. Patent Application 17/486,944. <https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=US355912800> (Erişim tarihi: 09 Aralık, 2023).
- AkerBio A.ř. (2023). <http://aker.bio> (Erişim tarihi: 09 Aralık, 2023).
- Anadolu Ajansı (2020). <https://www.aa.com.tr/tr/dunya/singapur-laboratuvar-da-uretilen-tavuk-etinin-satisina-onay-verdi/2062947> (Erişim tarihi: 01 Kasım 2023).
- Anadolu Ajansı (2023). <https://www.aa.com.tr/tr/yasam/abd-tarim-bakanligindan-laboratuvar-da-uretilen-tavuk-etinin-satisina-onay-/2928150> (Erişim tarihi: 01 Kasım 2023).
- Attwood S, Jameel S, Fuseini A, AlKhalawi E, Hajat C (2023). Halal cultivated meat: an untapped opportunity. *Front Nutr.* 2023 Jul 12;10:1196475. doi: 10.3389/fnut.2023.1196475.
- 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.
- Barnes D, Sato G (1980). Serum-free cell culture: a unifying approach. *Cell*. 22(3), 649-655. doi: 10.1016/0092-8674(80)90540-1.
- Baybars M, Ventura K, Weinrich R (2023). Can in vitro meat be a viable alternative for Turkish consumers? *Meat Sci.*, 201, 109191. doi: 10.1016/j.meatsci.2023.109191.
- Bosnakovski D, Mizuno M, Kim G, Takagi S, Okumura M, Fujinaga T (2005). Isolation and multilineage differentiation of bovine bone marrow mesenchymal stem cells. *Cell Tissue Res.* 19(2), 243-253. doi: 10.1007/s00441-004-1012-5.
- BBC News Türkçe, 2023. <https://www.bbc.com/turkce/articles/c0v2p41728xo>. (Erişim tarihi: 01 Kasım 2023).
- Benjaminson MA, Gilchrist JA, Lorenz M. (2002). *In vitro* edible muscle protein production system (MPPS): stage 1, fish. *Acta Astronaut.* 51(12), 879-889. doi: 10.1016/s0094-5765(02)00033-4.

- Benny A, Pandi K, Upadhyay R (2022). Techniques, challenges and future prospects for cell-based meat. *Food Sci Biotechnol.* 31(10), 1225-1242.
- Bhat ZF, Kumar S, Fayaz H. (2015). *In vitro* meat production: Challenges and benefits over conventional meat production. *J Integr Agric.* 14(2), 241-248. doi: 10.1016/S2095-3119(14)60887-X.
- Bhat ZF, Kumar S, Bhat HF (2017). *In vitro* meat: A future animal-free harvest. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 57(4), 782-789. doi: 10.1080/10408398.2014.924899.
- Bhat ZF, Morton JD, Mason SL, Bekhit AEA, Bhat HF (2019). Technological, Regulatory, and Ethical Aspects of In Vitro Meat: A Future Slaughter-Free Harvest. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 18(4), 1192-1208. doi: 10.1111/1541-4337.12473. 33336995.
- Bryngelsson S, Moshtaghian H, Bianchi M, Hallström E (2022). Nutritional assessment of plant-based meat analogues on the Swedish market. *Int J Food Sci Nutr.* 73(7), 889-901. doi: 10.1080/09637486.2022.2078286.
- Cao S, Wang F, Liu L (2013). Isolation and culture of bovine embryonic stem cells. *Methods Mol Biol.* 1074, 111-123. doi: 10.1007/978-1-62703-628-3_9.
- Carrel A. (1912). On the permanent life of tissues outside of the organism. *J Exp Med.*, 15(5), 516-528. doi: 10.1084/jem.15.5.516.
- Celebi-Birand D, Genc K, Agun I, Erikci E, Akcali KC, Kiran F. (2023). Microbiota-derived postbiotics enhance the proliferative effects of growth factors on satellite cells in cultivated meat applications. *Sustainability* 15(23), 16164. doi: 10.3390/su152316164
- Chodkowska KA, Wódz K, Wojciechowski J (2022). Sustainable Future Protein Foods: The Challenges and the Future of Cultivated Meat. *Foods.* 11(24), 4008. doi: 10.3390/foods11244008.
- Choudhury D, Singh S, Seah JSH, Yeo DCL, Tan LP. (2020). Commercialization of plant-based meat alternatives. *Trends Plant Sci.* 25(11), 1055-1058. doi: 10.1016/j.tplants.2020.08.006.
- Churchill W (1931). <https://teachingamericanhistory.org/document/fifty-years-hence> (Erişim tarihi: 01 Mart, 2021)

- CNN Türk (2021). <https://www.cnnturk.com/ekonomi/yapay-et-konusunda-calismalar-hizlandi-turkiyede-adimlar-atilmaya-basladi> (Erişim tarihi: 10 Ocak, 2022)
- DHA (2021). <https://www.dha.com.tr/gundem/laboratuvar-ortaminda-uretilecek-temiz-et-icin-yerli-formul-1813430>. (Erişim tarihi: 10 Ocak, 2022)
- DİB (2021). <https://diyanet.gov.tr/tr-TR/Kurumsal/Detay/32758/diyanetten-yapay-et-aciklamasi> (Erişim tarihi, 01 Ekim 2023)
- Dodson M.V., McFarland, D.C., Martin, E.L., Brannon, M.A (1986). Isolation of satellite cells from ovine skeletal muscles. *J. Tissue Cult. Methods*. 10, 233–237. doi: 10.1007/BF01404483.
- Dodson MV, Martin EL, Brannon MA, Mathison BA, McFarland DC (1987). Optimization of bovine satellite cell-derived myotube formation in vitro. *Tissue Cell*. 19(2), 159-166. doi: 10.1016/0040-8166(87)90001-2.
- Doumit ME, Merkel RA (1992). Conditions for isolation and culture of porcine myogenic satellite cells. *Tissue Cell*. 24(2), 253-262. doi: 10.1016/0040-8166(92)90098-r.
- Duarte AC, Costa EC, Filipe HAL, Saraiva SM, Jacinto T, Miguel SP, Ribeiro MP, Coutinho P (2023). Animal-derived products in science and current alternatives. *Biomater Adv.* 151, 213428. doi: 10.1016/j.bioadv.2023.213428.
- Edelman PD, McFarland DC, Mironov VA, Matheny JG (2005). Commentary: *In vitro*-cultured meat production. *Tissue Eng.* 11(5-6), 659-662. doi: 10.1089/ten.2005.11.659.
- Elhalis H, See XY, Osen R, Chin XH, Chow Y (2023). The potentials and challenges of using fermentation to improve the sensory quality of plant-based meat analogs. *Front Microbiol.* 14, 1267227. doi: 10.3389/fmicb.2023.1267227.
- Fernandes AM, Teixeira OS, Revillion JP, Souza ÂRL (2022). Panorama and ambiguities of cultured meat: an integrative approach. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 62(20), 5413-5423. doi: 10.1080/10408398.2021.1885006.
- Ford, B.J. (2011). Cultured Meat: Food for the Future. *The Microscope*, 59:2, 73-81.

- Gao Y, Guo Y, Duan A, Cheng D, Zhang S, Wang H (2014). Optimization of culture conditions for maintaining porcine induced pluripotent stem cells. *DNA Cell Biol.* 33(1), 1-11. doi: 10.1089/dna.2013.2095.
- Good Food Institute (2023). https://gfi.org/wp-content/uploads/2023/01/COR23008_CM-nomenclature-fact-sheet_Final.pdf. (Erişim tarihi: 05 Aralık, 2023)
- Godfray HCJ, Aveyard P, Garnett T, Hall JW, Key TJ, Lorimer J, Pierrehumbert RT, Scarborough P, Springmann M, Jebb SA (2018). Meat consumption, health, and the environment. *Science*. 361(6399), eaam5324. doi: 10.1126/science.aam5324.
- Gomez Romero S, Boyle N. Systems biology and metabolic modeling for cultivated meat: A promising approach for cell culture media optimization and cost reduction (2023). *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 22(4), 3422-3443. doi: 10.1111/1541-4337.13193.
- Holen, E., Kausland, A., Skjærven, K (2010). Embryonic stem cells isolated from Atlantic cod (*Gadus morhua*) and the developmental expression of a stage-specific transcription factor ac-Pou2. *Fish Physiol. Biochem.* 36 (4), 1029–1039. doi: 10.1007/s10695-010-9381-z.
- Hong TK, Shin DM, Choi J, Do JT, Han SG (2021). Current Issues and Technical Advances in Cultured Meat Production: A Review. *Food Sci Anim Resour.* 41(3), 355-372. doi: 10.5851/kosfa.2021.e14.
- Hopkins, P. D., Dacey, A. (2008). Vegetarian meat: Could technology save animals and satisfy meat eaters? *J Agric Environ Ethics.* 21(6), 579-596. doi: 10.1007/s10806-008-9110-0
- Hürriyet (2020). <https://www.hurriyet.com.tr/dunya/abdde-ilk-kez-yapay-et-tuketimine-resmi-izin-42173692>. (Erişim tarihi: 01 Kasım 2023)
- Ismail I, Hwang YH, Joo ST (2020). Meat analog as future food: a review. *J Anim Sci Technol.* 62(2), 111-120. doi: 10.5187/jast.2020.62.2.111.
- Izhar Ariff Mohd Kashim M, Abdul Haris AA, Abd Mutalib S, Anuar N, Shahimi S (2023). Scientific and Islamic perspectives in relation to the Halal status of cultured meat. *Saudi J Biol Sci.* 30(1), 103501. doi: 10.1016/j.sjbs.2022.103501.

- Jara TC, Park K, Vahmani P, Van Eenennaam AL, Smith LR, Denicol AC (2023). Stem cell-based strategies and challenges for production of cultivated meat. *Nat Food*. 4(10), 841-853. doi: 10.1038/s43016-023-00857-z.
- Jönsson E (2016). Benevolent technotopias and hitherto unimaginable meats: Tracing the promises of in vitro meat. *Soc Stud Sci*. 46(5), 725-748. doi: 10.1177/0306312716658561.
- Just-food.com (2023). <https://www.just-food.com/news/food-giants-nestle-dsm-and-cargill-file-for-most-plant-based-meat-patent-applications/> (Erişim tarihi: 04 Aralık, 2023)
- Khatri M, O'Brien TD, Sharma JM (2009). Isolation and differentiation of chicken mesenchymal stem cells from bone marrow. *Stem Cells Dev*. 18(10), 1485-1492. doi: 10.1089/scd.2008.0223.
- Kim YM, Park YH, Lim JM, Jung H, Han JY (2017). Technical note: Induction of pluripotent stem cell-like cells from chicken feather follicle cells. *J Anim Sci*. 95(8), 3479-3486. doi: 10.2527/jas.2017.1418.
- Kulus M, Jankowski M, Kranc W, Golkar Narenji A, Farzaneh M, Dziegiel P, Zabel M, Antosik P, Bukowska D, Mozdziak P, Kempisty B (2023). Bioreactors, scaffolds and microcarriers and *in vitro* meat production-current obstacles and potential solutions. *Front Nutr*. 10, 1225233. doi: 10.3389/fnut.2023.1225233.
- Lamri M, Bhattacharya T, Boukid F, Chentir I, Dib AL, Das D, Djenane D, Gagaoua M (2021). Nanotechnology as a processing and packaging tool to improve meat quality and safety. *Foods*, 10(11), 2633. doi: 10.3390/foods10112633.
- Lavial, F., Pain, B (2010). Chicken embryonic stem cells as a non-mammalian embryonic stem cell model. *Dev. Growth Differ*, 52(1), 101–114. doi: 10.1111/j.1440-169X.2009.01152.x.
- Lee DY, Yun SH, Lee SY, Lee J, Jr Mariano E, Joo ST, Choi I, Choi JS, Kim GD, Lee J, Choi SH, Hur SJ (2023). Analysis of commercial fetal bovine serum (FBS) and its substitutes in the development of cultured meat. *Food Res Int*, 174(Pt 1), 113617. doi: 10.1016/j.foodres.2023.113617.
- Lee DK, Kim M, Jeong J, Lee YS, Yoon JW, An MJ, Jung HY, Kim CH, Ahn Y, Choi KH, Jo C, Lee CK (2023). Unlocking the potential of stem cells: Their crucial role in the production of cultivated meat. *Curr Res Food Sci*, 7, 100551. doi: 10.1016/j.crfs.2023.100551.

- Lee SY, Lee DY, Jeong JW, Kim JH, Yun SH, Mariano EJ, Lee J, Park S, Jo C, Hur SJ (2023). Current technologies, regulation, and future perspective of animal product analogs - A review. *Anim Biosci.*, 36(10), 1465-1487. doi: 10.5713/ab.23.0029.
- Li M, Zhang D, Hou Y, Jiao L, Zheng X, Wang WH (2003). Isolation and culture of embryonic stem cells from porcine blastocysts. *Mol Reprod Dev.*, 65(4), 429-434. doi: 10.1002/mrd.10301.
- Liu J, Balehosur D, Murray B, Kelly JM, Sumer H, Verma PJ (2012). Generation and characterization of reprogrammed sheep induced pluripotent stem cells. *Theriogenology*. 77(2), 338-346. doi: 10.1016/j.theriogenology.2011.08.006.
- Liu W, Hao Z, Florkowski WJ, Wu L, Yang Z (2022). A Review of the challenges facing global commercialization of the artificial meat industry. *Foods*, 11(22), 3609. doi: 10.3390/foods11223609.
- Lyahyai J, Mediano DR, Ranera B, Sanz A, Remacha AR, Bolea R, Zaragoza P, Rodellar C, Martín-Burriel I (2012). Isolation and characterization of ovine mesenchymal stem cells derived from peripheral blood. *BMC Vet Res.*, 8, 169. doi: 10.1186/1746-6148-8-169.
- Martins B, Bister A, Dohmen RGJ, Gouveia MA, Hueber R, Melzener L, Messmer T, Papadopoulos J, Pimenta J, Raina D, Schaeken L, Shirley S, Bouchet BP, Flack JE (2024). Advances and challenges in cell biology for cultured meat. *Annu Rev Anim Biosci.*, 12, 15.1-1.24. doi: 10.1146/annurev-animal-021022-055132.
- Mateti T, Laha A, Shenoy P (2022). Artificial Meat Industry: Production Methodology, Challenges, and Future. *JOM*, 74(9), 3428-3444. doi: 10.1007/s11837-022-05316-x.
- Melzener L, Verzijden KE, Buijs AJ, Post MJ, Flack JE (2021). Cultured beef: from small biopsy to substantial quantity. *J Sci Food Agric.*, 101(1), 7-14. doi: 10.1002/jsfa.10663.
- Munialo CD, Vrieskoop F (2023). Plant-based foods as meat and fat substitutes. *Food Sci Nutr.* 11(9), 4898-4911. doi: 10.1002/fsn3.3421.
- Ng ET, Singh S, Yap WS, Tay SH, Choudhury D (2023). Cultured meat - a patentometric analysis. *Crit Rev Food Sci Nutr.*, 63(16), 2738-2748. doi: 10.1080/10408398.2021.1980760.

- Ng S, Kurisawa M (2021). Integrating biomaterials and food biopolymers for cultured meat production. *Acta Biomater.* 124, 108-129. doi: 10.1016/j.actbio.2021.01.017.
- O’Riordan K, Fotopoulou A, Stephens N (2017). The first bite: Imaginaries, promotional publics and the laboratory grown burger. *Public Underst Sci.*, 26(2), 148-163. doi: 10.1177/0963662516639001.
- ??? Pallaoro M, Modina SC, Fiorati A, Altomare L, Mirra G, Scocco P, Di Giancamillo A (2023). Towards a more realistic in vitro meat: The cross talk between adipose and muscle cells. *Int J Mol Sci.*, 24(7), 6630. doi: 10.3390/ijms24076630.
- Post MJ (2012). Cultured meat from stem cells: challenges and prospects. *Meat Sci.*, 92(3), 297-301. doi: 10.1016/j.meatsci.2012.04.008.
- Post, M.J. (2014). An alternative animal protein source: cultured beef. *Ann NY Acad Sci.*, 1328, 29-33. doi: 10.1111/nyas.12569.
- Post, M.J., Levenberg S., Kaplan, D.L., Genovese N, Fu J, C. Bryant, Negowetti NE, Karin Verzijden K, Moutsatsou, P. (2020). Scientific, sustainability and regulatory challenges of cultured meat. *Nat Food*, 1, 403–415. doi:10.1038/s43016-020-0112-z.
- Powell, R.L., Dodson, M.V., Cloud, J.G. (1989). Cultivation and differentiation of satellite cells from skeletal muscle of the rainbow trout *Salmo gairdneri*. *J. Exp. Zool.*, 250, 333–338. doi: 10.1002/jez.1402500314.
- Reiss J, Robertson S, Suzuki M (2021). Cell sources for cultivated meat: Applications and considerations throughout the production workflow. *Int J Mol Sci.*, 22(14), 7513. doi: 10.3390/ijms22147513.
- Rosenfeld DL, Tomiyama AJ (2023). Toward consumer acceptance of cultured meat. *Trends Cogn Sci.*, 27(8), 689-691. doi: 10.1016/j.tics.2023.05.002.
- Rubio NR, Xiang N, Kaplan DL (2020). Plant-based and cell-based approaches to meat production. *Nat Commun.*, 11(1), 6276. doi: 10.1038/s41467-020-20061-y.
- Santos ACA, Camarena DEM, Roncoli Reigado G, Chambergo FS, Nunes VA, Trindade MA, Stuchi Maria-Engler S (2023). Tissue engineering challenges for cultivated meat to meet the real demand of a global market. *Int J Mol Sci.*, 24(7), 6033. doi: 10.3390/ijms24076033.

- Siddiqui SA, Khan S, Ullah Farooqi MQ, Singh P, Fernando I, Nagdalian A (2022). Consumer behavior towards cultured meat: A review since 2014. *Appetite*, 179, 106314. doi: 10.1016/j.appet.2022.106314.
- Sikora D, Rzymiski P (2023). The heat about cultured meat in Poland: A cross-sectional acceptance study. *Nutrients*, 15(21), 4649. doi: 10.3390/nu15214649.
- Singh A, Kumar V, Singh SK, Gupta J, Kumar M, Sarma DK, Verma V (2023). Recent advances in bioengineered scaffold for in vitro meat production. *Cell Tissue Res.*, 391(2), 235-247. doi: 10.1007/s00441-022-03718-6.
- Stephens N, Sexton AE, Driessen C (2019). Making sense of making meat: Key moments in the first 20 years of tissue engineering muscle to make food. *Front Sustain Food Syst.*, 3, 45. doi: 10.3389/fsufs.2019.00045.
- Subbiahanadar Chelladurai K, Selvan Christyraj JD, Rajagopalan K, Yesudhasan BV, Venkatachalam S, Mohan M, Chellathurai Vasantha N, Selvan Christyraj JRS (2021). Alternative to FBS in animal cell culture - An overview and future perspective. *Heliyon*, 7(8), e07686. doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e07686.
- Süreç E. ve Uzun P (2020). Geleceğin alternatif protein kaynağı: Yapay Et. *Akademik Gıda*, 18(2), 209-216. doi: 10.24323/akademik-gida.758840
- Talluri TR, Kumar D, Glage S, Garrels W, Ivics Z, Debowski K, Behr R, Niemann H, Kues WA (2015). Derivation and characterization of bovine induced pluripotent stem cells by transposon-mediated reprogramming. *Cell Reprogram.*, 17(2), 131-140. doi: 10.1089/cell.2014.0080.
- Toor, A (2013). World's first lab-grown burger unveiled at public tasting. <https://www.theverge.com/2013/8/5/4589744/cultured-beef-burger-public-tasting-mark-post-sergey-brin>. (Erişim tarihi 08 Eylül, 2021)
- UN (2023). <https://www.un.org/en/global-issues/population>. (Erişim tarihi: 01 Kasım 2023)
- USDA (2023). https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/documents/7800.1.pdf (Erişim tarihi: 01 Kasım, 2023).
- van der Valk J, Gstraunthaler G. Fetal bovine serum (FBS) - A pain in the dish? (2017). *Altern Lab Anim.*, 45(6), 329-332. doi: 10.1177/026119291704500611.

- van der Valk J, Bieback K, Buta C, Cochrane B, Dirks WG, Fu J, Hickman JJ, Hohensee C, Kolar R, Liebsch M, Pistollato F, Schulz M, Thieme D, Weber T, Wiest J, Winkler S, Gstraunthaler G (2018). Fetal bovine serum (FBS): Past - Present - Future. *ALTEX*, 35(1), 99-118. doi: 10.14573/altex.1705101.
- Van Eelen, W.F., Van Kooten, W.J., Westerhof, W. (1999). Industrial scale production of meat from in vitro cell cultures. <http://patentscope.wipo.int/search/en/WO1999031222>. Erişim tarihi: 11 Aralık 2023)
- Varley J, Birch J (1999). Reactor design for large scale suspension animal cell culture. *Cytotechnology*, 29(3), 177-205. doi: 10.1023/A:1008008021481.
- Vilarino M, Alba Soto D, Soledad Bogliotti Y, Yu L, Zhang Y, Wang C, Paulson E, Zhong C, Jin M, Carlos Izpisua Belmonte J, Wu J, Juan Ross P (2020). Derivation of sheep embryonic stem cells under optimized conditions. *Reproduction*, 160(5), 761-772. doi: 10.1530/REP-19-0606.
- Wang Y, Jian C (2023). Novel plant-based meat alternatives: Implications and opportunities for consumer nutrition and health. *Adv Food Nutr Res.*, 106, 241-274. doi: 10.1016/bs.afnr.2023.03.006.
- Weihe WH (1985). Use and misuse of an imprecise concept: alternative methods in animal experiments. *Lab Anim.*, 19(1), 19-26. doi: 10.1258/002367785780890758.
- Yablonka-Reuveni Z, Quinn LS, Nameroff M (1987). Isolation and clonal analysis of satellite cells from chicken pectoralis muscle. *Dev Biol.*, 119(1), 252-259. doi: 10.1016/0012-1606(87)90226-0.
- Yao T, Asayama Y (2017). Animal-cell culture media: History, characteristics, and current issues. *Reprod Med Biol.*, 16(2), 99-117. doi: 10.1002/rmb2.12024.
- Yetim H ve Tekiner IH (2020). Alternatif Protein Kaynaklarından Yapay Et Üretimi Kavramına Eleřtirel Bir Bakış. *Helal ve Etik Arařt. Derg.*, 2(2), 85-100.

Yazar Hakkında / About Author

Prof. Dr. Halit CANATAN | Erciyes Üniversitesi |
canatan[at]erciyes.edu.tr | ORCID:0000-0002-0978-8311

Fırat Üniversitesi'nden Veteriner Fakültesi ve Üniversite Birincisi olarak mezun oldu. Yüksek Lisansını (Molecular Genetics) ve doktorasını (Molecular, Cellular and Developmental Biology) The Ohio State University'de tamamladı. Fırat Üniversitesi Tıp Fakültesi'nde Yardımcı Doçent ve Doçent olarak görev yaptı. Kuveyt Üniversitesi Tıp ve Eczacılık Fakülteleri'nde Misafir Öğretim Üyesi olarak görev yaptı. 2010'dan bu yana Erciyes Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Biyoloji Ana Bilim Dalında öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır. Rektör Danışmanı, Dekan Vekili, Enstitü Müdürü, Senato Üyesi, Üniversite Yönetim kurulu üyesi, Bölüm Başkanı ve farklı Ana Bilim Dalı Başkanlıkları görevlerinde bulunmuştur. Center for Genome-based Therapeutics (Cardiff University, UK), King Faisal Specialist Hospital & Research Center (S. Arabia)'nde misafir öğretim üyesi/araştırmacı olarak görev yapmıştır. Gerek Türkiye'de gerekse yurtdışında birçok projede yürütücü ya da araştırmacı olarak görev almıştır. İndeksli dergilerde 100'den fazla bilimsel çalışması yayınlanmış olup, eserlerine 5000'den fazla atıfta bulunulmuştur. Mevcut i10 endeksi 73, h endeksi 39'dur.

Prof. Dr. Halit CANATAN | Erciyes University |
canatan[at]erciyes.edu.tr | ORCID:0000-0002-0978-8311

He graduated as a valedictorian from both Fırat University and School of Veterinary Medicine. He completed his master's degree (Molecular Genetics) and PhD degree (Molecular, Cellular and Developmental Biology) at The Ohio State University. He worked as Assistant Professor and Associate Professor at Fırat University School of Medicine. He worked as a visiting professor at Kuwait University's School of Medicine and School of Pharmacy. He has been working as a faculty member at Erciyes University School of Medicine, Department of Medical Biology, since 2010. He served as Advisor to the President, Deputy Dean, Institute Director, Senate Member, University Board Member, Division Head and Head of different Departments. He worked as a visiting faculty/researcher at the Center for Genome-based Therapeutics (Cardiff University, UK), King Faisal Specialist Hospital & Research Center (S. Arabia). He has worked as a principal investigator or researcher in several projects both in Türkiye and abroad. He has more than 100 scientific studies published in indexed journals, and his works have been cited more than 5000 times. The current i10 index is 73 and the h index is 39.