

## Geleceğin Alternatif Protein Kaynağı: Yapay Et

Ece Sürek , Pınar Uzun  ✉

Pınar Entegre Et ve Un Sanayi A.Ş. Araştırma ve Geliştirme Merkezi, 35170 Kemalpaşa, İzmir

Geliş Tarihi (Received): 07.03.2019, Kabul Tarihi (Accepted): 09.05.2020

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): [pinar.uzunn@gmail.com](mailto:pinar.uzunn@gmail.com) (P. Uzun)

☎ 0 232 877 09 00 📠 0 232 877 09 50

### ÖZ

Hızla artan dünya nüfusu ve değişmekte olan tüketici alışkanlıkları bilim insanlarını yenilebilir gıda alternatiflerini ve alternatif protein kaynaklarını araştırmaya yönlendirmiştir. Genetiği değiştirilmiş organizmalar, böcekler, deniz yosunları, *in vitro* et veya diğer ismiyle yapay et önemli alternatif protein kaynakları olarak görülmektedir. Son yıllarda özellikle yapay et ile ilgili yapılan araştırmalar önem kazanmıştır. Yapay et üretimi ile geleneksel et üretiminin neden olduğu sera gazlarının artışı, orman ve arazi tahribatı ve tarım arazilerinin aşırı kullanımı gibi olumsuz etkilerin azalacağı tahmin edilmektedir. Kontrollü ortamda üretilen yapay etin, et kaynaklı hastalık riskini azaltacağı ve daha güvenli ve sağlıklı et üretimini sağlayacağı düşünülmektedir. Diğer taraftan, yüksek üretim maliyeti, tüketiciler tarafından tercih edilmeme, doğal bir ürün olarak kabul edilmeme ve etik kaygılar gibi yapay et üretim sisteminin gelişmesini ve ticarileşmesini engelleyebilecek bazı faktörler de bulunmaktadır. Bu makalede, yapay et üretiminin ortaya çıkışı, gelişim süreci, üretim yöntemleri ve gelecekte ortaya çıkabilecek olası problemleri hakkında yapılan araştırmalar derlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yapay et, Et alternatifi, Gelecek, Alternatif protein

### Alternative Protein Source of the Future: Artificial Meat

#### ABSTRACT

Rapid growth in world population and changes in consumer habits have led scientists to research food alternatives or alternative protein sources. Genetically modified organisms, insects, seaweed, *in vitro* meat or, with the other name, artificial meat are considered as significant protein sources. In recent years, especially studies on artificial meat have gained importance. Undesired environmental effects caused by traditional meat production such as increase in greenhouse gases, destruction of forests and lands and increased utilization of farmlands are predicted to be reduced by artificial meat production. The artificial meat produced in a controlled medium is considered to decrease risk of foodborne diseases and provide safer and healthier meat production. On the other hand, there are some factors such as high production cost, reduction in consumer preference, non-acceptance as a natural product by consumers and ethical concerns, which prevent development and commercialization of artificial meat production system. In this study, the emergence, development process, production methods and possible problems in the future of artificial meat production are reviewed.

**Keywords:** *In vitro* meat, meat substitute, future, alternative protein

#### GİRİŞ

Son yıllarda artan insan nüfusu ve değişen tüketici yönelimleri ile birlikte alternatif protein kaynaklarına

yönelik çeşitli araştırmalar ve biyoteknolojik çalışmalarda artış gözlenmektedir [1]. 2050 yılında artan insan popülasyonu ile et tüketim ihtiyacının ikiye katlanacağı ve bununla birlikte hayvansal üretimin maksimum üretim

kapasitesine ulaşacağı tahmin edilmektedir [2]. Dolayısıyla geleneksel yöntemin artan ihtiyaca cevap veremeyeceği ve üretim maliyetinin de daha da yükseleceği öngörülmektedir. Bu durumda et tüketimi lüks bir tüketim grubu olarak düşünülmektedir [3]. Bu nedenle et gibi doğal hayvansal proteinlerin yerine geçebilecek yeni protein kaynaklarının araştırılmasının ekonomik, besinsel ve çevresel bakımdan önemli etkiye sebep olacağı ve et endüstrisine büyük farklılıklar yaratacağı beklenebilir. [1].

Et yerine yaygın olarak kullanılan ilk alternatif protein kaynakları bitkiler ve mantarlardır (mikoproteinler) [4]. Ayrıca böcekler ve deniz yosunlarının yanı sıra kültürlenmiş et veya *in vitro* et de önemli protein kaynağını oluşturmaktadır [5].

Kök hücre kültürlerinden üretilen *in vitro* et, et alternatifleri arasında aşağıda detaylıca bahsedileceği üzere farklı bir üretim prosesine sahiptir. *In vitro* et yalnızca görünüş ve şekil olarak değil aynı zamanda bileşimi ile de normal ete benzemektedir [6]. Diğer taraftan klonlama ile elde edilen etin de yapay et kategorisine girdiği düşünülmektedir [7].

Özellikle son yıllarda dünyada yapay et üretimi ile ilgili yapılan çalışmalar hızla artarken, ülkemiz için bu konu henüz çok yenidir. Laboratuvar ortamında yetiştirilen doku ve hücrelerden elde edilen *in vitro* et için kültürlenmiş et, yapay et veya temiz et gibi terimler kullanılmaktadır. Bu çalışmada genel olarak "yapay et" terimi tercih edilmiştir. Bu derlemenin amacı önemli bir alternatif protein kaynağı olan, hücre kültürlerinden elde edilen ve gelecekte insan beslenmesinde önemli derecede rol oynayacağı düşünülen yapay et kavramı hakkında bilgi vermek; avantajları ve dezavantajlarını tartışmaktır.

## YAPAY ETİN TARİHSEL GELİŞİMİ

İnsan tüketimi için laboratuvar ortamında kültürlenmiş et fikri son zamanlarda daha çok gündeme gelse de aslında bu fikrin ortaya çıkışı yeni değildir. Bu fikir, ilk kez yazar ve politikacı Frederick Edwin Smith tarafından öngörülmüş ve, laboratuvar ortamında üretimi sayesinde yapay etin endüstriyel üretimi için uzun bir üretim süresine gerek kalmayacağı belirtilmiştir [8]. Daha sonra Winston Churchill 'Thoughts and adventures' isimli kitabında kültürlenmiş et hakkında düşüncelerini belirtmiştir [8]. Ayrıca 1936 yılında Churchill 'Yalnızca tavuk göğüsü ve butu yiyeceksek, bütün tavuk yetiştirmeyelim' sözünü söylemiştir [9].

Tablo 1'de 1912'den günümüze kadar yapay et üretiminin gelişme süreci gösterilmiştir. 1912'de Alexis Carrel canlı embriyonik civciv kalp kası parçasının vücudun dışında, bir petri kabında, uygun besinlerle beslenmek şartıyla canlı tutulmasının mümkün olabileceğini göstermiştir. Fransız bilim kurgu yazarı Rene Barjavel 1943 tarihli "Ravage" isimli romanında restoranlardaki etin *in vitro* üretiminden bahsetmiştir.

Willem van Eelen tarafından 1950'li yılların başında et ürünleri üretimi için doku kültürünün üretimi fikri ortaya atılmış ve 1999 yılında bu fikrin patenti alınmıştır [9,10]. SymbioticA [11] kurbağadan kas biyopsilerini elde edip bu dokuları canlı tutmuş ve kültür kabında geliştirmiştir. Uzun süreli uzay uçuşları için hayvan kası proteinlerinin kültürlenme olasılığını araştırmak amacıyla akvaryum balığından (*Carassius auratus*) kas doku elde edilmiş ve petri kabında geliştirilmiştir [12]. NASA bilim insanlarıca yapılan bu araştırma, kültürlenmiş et araştırması için yapılmış en önemli yatırımdır [8]. Yapay et üretimi alanında en büyük adım 2013 yılında atılmıştır. Dünyanın ilk *in vitro* et bazlı burgeri, Hollanda Maastricht Üniversitesi'nden Dr. Mark Post'un laboratuvarında 325 bin dolara üretilmiş [13] ve Londra'da Riverside Stüdyoları'ndal panelistler tarafından duyuusal değerlendirme yapılmıştır. Dana etinin laboratuvar ortamında kök hücre kullanılarak geliştirilmesi üç ay sürmüştür. Üretilen kültürlenmiş etin renksiz olduğu ve daha çok tavuk etine benzediği rapor edilmiştir. Bu nedenle eti renklendirmek için kırmızı pancar suyu ve safran eklenmiştir. Bu gelişme ile birlikte 10-20 yıl içinde kültürlenmiş et ve ürünlerinin süpermarket raflarında görülebileceği düşünülmektedir [9,10]. Mark Post ABC News'e verdiği röportajda gelişmeler doğrultusunda maliyetin burger için 11 dolar/burger, et içinse 80 dolar/kg olabileceğini açıklamıştır [14].

Dünyada çok sayıda (Mosa Meat, Super Meat, Memphis Meat, Modern Meadow, Finless Foods, Just ve Integriculture) kültürlenmiş et şirketleri bulunmaktadır. ABD'de Memphis Meat firması hayvan hücrelerinden dana, tavuk ve ördek eti üretmeyi başarmıştır. Rus Deneysel Veterinerlik Enstitüsü (Rusya) 2017'de ilk kültür etini üretmeyi başarmıştır. Bir ay içinde bir tüpte küçük parçalar halinde 10 g et üretilmiştir. Enstitü, kültürlenmiş etin hızlı ve ucuz üretimi için 2025-2030 yılları arasında büyük biyolojik reaktörlerin dizayn edileceğini tahmin etmektedir [15].

## YAPAY ET ÜRETİMİNİN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI

Yapay et üretimiyle birlikte, geleneksel üretim kaynaklı çevreye ve gıda güvenliğine olumsuz etkiye yola açan birtakım faktörlerin elimine edilebileceği düşünülmektedir. Aynı zamanda modern dünya insanının isteklerine yanıt verilerek hayvan refahı ile ilgili endişelerin de önüne geçilmesi planlanmaktadır [3, 17].

Yapay etin üretimi ile sağlanabilecek potansiyel faydalar; hayvansal üretim kaynaklı sera gazlarının azaltılması (özellikle metan gazı) ve böylece küresel ısınmanın önlenmesine katkı sağlanması, orman ve arazi tahribatlarının önüne geçilmesi, tarım arazilerinin ve tahıl ürünlerinin insanların besin gereksinimlerinin karşılanması için kullanılması, birçok hayvanın kesilme gerekliliğinin ortadan kaldırılması ve artan insan popülasyonun protein ihtiyacının sağlanması olarak özetlenebilir [5, 18].

Tablo 1. Yapay etin tarihsel gelişimi

Yıl	Yapay et üretiminin önemli gelişmeleri
1912	Alexis Carrel'in canlı civciv kalp kası parçasını petri kabında büyütmesi [9]
1943	Rene Barjavel'in "Ravage" isimli romanında restoranlarda yapay et üretimine yer vermesi [9]
1950'li yıllar	Willem van Eelen' in et ürünleri üretimi için doku kültürü kullanımı fikrini ortaya atması [9]
1999	Willem van Eelen tarafından kültür ve kök hücre konseptinin patentinin alınması [9]
2002	SymbioticA tarafından kurbağadan kas biyopsilerinin elde edilmesi ve geliştirilmesi [9]
2002	Benjaminson vd. tarafından akvaryum balığından elde edilen kas dokusunun geliştirilmesi [9]
2008	Norveç'te yapay et sempozyumunun yapılması [16]
2011	İsveç'te yapay et çalıştayının düzenlenmesi [16]
2013	Dr. Mark Post tarafından dünyanın ilk <i>in vitro</i> et bazlı burgerinin üretimi [9]
2015	İlk <i>in vitro</i> bazlı burgerin fiyatınının 80 \$/ kg'a düşürülmesi [14]

Ancak diğer taraftan, yapay etin ticarileşmesinden önce, üretimi ile ilgili aşılması gereken bazı zorluklar vardır [19]. Bazı bilim insanları bu ürünün hiçbir zaman ticarileşemeyeceğini düşünürken, bazıları da et endüstrisinde devrim yaratacağını savunmaktadır [16]. Büyük ölçüde üretime başlamadan önce, yapay et ile ilgili olarak maliyet, etik ve sosyal konuların araştırılması gerekmektedir [9]. Yapay et üretiminde ortaya çıkabilecek problemler, üretiminin aşırı yüksek maliyeti, büyük ölçüde uygulanamaması, tüketiciler tarafından kabul görmemesi ve doğal kabul edilmemesi olarak özetlenebilir [8, 19, 20].

## SÜRDÜRÜLEBİLİR ÜRETİM, ÇEVRESEL YÜK VE YAPAY ET

Yapay et üretimi ile hayvansal üretim kaynaklı sera gazları azaltılarak küresel ısınmanın önlenmesine katkı sağlanacaktır [18]. Geleneksel et üretim sistemleri önemli oranda sera gazı emisyonu (karbondioksit (%9), metan (%39), ve nitrit oksit (%65)), geniş arazi kullanımı, su ve enerji tüketimine sebep olmaktadır [17]. Her ne kadar ortak bir görüşe varılamamış olsa da [21] bazı araştırmacılar üretilen sera gazının yaklaşık %18'inin hayvansal üretimden kaynaklandığını tahmin etmektedir. Ayrıca tüm metan gazı emisyonlarının %37'si geviş getiren hayvanlar oluşturmaktadır [6,22]. Geleneksel et üretimindeki modifikasyonların çevresel kontaminasyonun önlenmesine önemli derecede katkı sağlaması beklenmektedir [3].

Yüksek bir üretim maliyetine sahip olan geleneksel et üretim sistemlerinde aynı zamanda yüksek oranda tarım arazisi kullanımı da tepki çekmektedir. Buna bağlı olarak, et üretiminde kullanılan tahıl miktarı göz önüne alındığında, üretilen tarım ürünlerinin açlık ile mücadelede değil de et üretimi için kullanılması anlamsız olarak görülmektedir [23]. Tarım arazilerinin neredeyse üçte ikisi hayvansal üretim amaçlı kullanılmaktadır ve yalnızca üçte birlik kısmından bitkisel kaynaklı protein için faydalanılmaktadır [24]. 1 kg kanatlı eti üretimi için 2 kg, 1 kg domuz eti için 4 kg ve 1 kg kırmızı et için 7 kg tahıl gerekirken, et üretimi için 15500 m<sup>3</sup>/ton, tavuk eti üretimi içinse 3918 m<sup>3</sup>/ton su gerekmektedir [20]. Et üretiminin artırılmasına yönelik ekonomik baskı, yüksek oranda tahribata ve çevre kirliliğine yol açmaktadır ve gelecekte artan nüfusa paralel olarak et üretimindeki artış ile bu tahribatın ve kirliliğin boyutlarının ürpertici olacağı düşünülmektedir. Toplam %15 ile %24 arasında

olan gaz emisyonunun büyük bir kısmı otlatma alanı yaratmak için ormansızlaştırmadan kaynaklanmaktadır [25].

Bugün et alternatifi ürünlerin çoğunu soya, buğday proteini ya da mikoprotein gibi bitkisel kaynaklı ürünler oluşturmaktadır [26]. Et yerine bitkisel kaynaklı protein tüketimi ile karbon emisyon miktarının azalması beklenmektedir. Diğer taraftan yapay et ile hayvan yemleri üretiminde kullanılan pestisit ve kimyasalların kullanımı da azaltılarak çevreye duyarlı et ürünleri üretiminin sağlanabilmesi hedeflenmektedir [27].

Yapay et üretimi ile geleneksel yöntemle kıyasla daha kısa sürede doku gelişimi gerçekleştirilir. Aynı et kütlesi için, yan ürünler ve iskelet olmayan diğer dokuların üretiminden kaçınılarak yalnızca kas doku üretilir. Yapay et üretimi ile dikey olarak hacmin artması sağlanır ve böylece mera alanı oluşturmak için ormanların yok edilmesine gerek duyulmaz. Çöp ürün ve yan ürün üretiminin ve ayrıca kontrollü koşullar altında hayvanların hastalık riskleri ve ürün kayıplarının önüne geçilmiş olur [20].

Yapay et üretiminin avantajlarının ele alınması için bütün bir yaşam döngüsünün takip ve analiz edilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda Tuomisto ve ark. [28] yaptıkları hesaplamalara göre geleneksel üretim sistemleri ile karşılaştırıldığında normal bir yaşam döngüsünde özel üretim koşulları altında yapay et üretimi ile enerji tüketiminin ve arazi kullanımını %99, su kullanımını %90 ve enerji tüketimini %40 oranında azaldığını belirtmiştir [3, 28-30].

Sonuç olarak, yapay et, potansiyel çevresel ve iklimsel faydalarından dolayı birçok insan tarafından savunulmasına rağmen aynı zamanda şüphe ve eleştiriye sebep olmuştur [9]. Yapay eti savunanlar yapay et ile sera gazı emisyonunun, arazi ve su kullanımının geleneksel üretime göre iki kat azalacağını söylemektedir. Bazı araştırmacılar ise emisyon gazları ve kirlilikle azalmayı sağlayacağını; fakat fosil yakıt ve su kullanımında sınırlı bir azalma ve arazi alanında artışa sebep olacağını ve bunun gerçek bir avantaj olmayacağını düşünmektedir [18].

Yapay et üretiminin sürdürülebilir üretime önemli katkılarının olması beklenmektedir. Ancak unutulmamalıdır ki bu tahminler yalnızca laboratuvar

ortamındaki üretime dayalıdır ve endüstriyel üretim tahminleri henüz teoride kalmakta olup bu aşamada birçok faktörün farklılaşabileceği her zaman göz önünde tutulmalıdır [6].

## GIDA GÜVENLİĞİ VE İNSAN SAĞLIĞI

Yüzyıllardır birçok hastalığa neden olan gıda patojenlerinin yaklaşık %22'si et kaynaklıdır [31]. Epidemiyolojik açıdan incelendiğinde, birçok hastalık endüstriyel hayvancılık sistemleri ve tarım sektöründeki gelişmelerle ilişkilendirilmektedir.

Yapay et üretiminin halk sağlığı ve gıda güvenliği bakımından hem olumlu hem de olumsuz olarak sonuçları doğurabileceği düşünülmektedir. Yüksek düzeyde kontrollü ortamda üretilen hücre kültürü/yapay et gıda kaynaklı patojen riskini azaltarak daha sağlıklı ve güvenli et üretimine olanak sağlayabilir. Yapay et üretim süreci ile etin mikrobiyolojik yükü ve bu mikroorganizmalardan kaynaklı bulaşma ve hastalık riskleri de azaltılabilecektir [3, 32]. Yapay et aynı zamanda insan hayvan interaksyonları sonucu oluşan hastalık risklerini azaltabilir [6]. Her ne kadar yapay et destekçileri yapay etin hayvan olmadan üretileceği için herhangi bir mikroorganizma içermeyeceğini savunsalar da, yüksek oranda hücre çoğalması potansiyel kanser hücrelerinin çoğalmasını uyarabilir. Dahası, hücre kültürü için gerekli olan bütün kimyasal ürünlerin (hormonlar, besin maddeleri, vb.) gıda tüketim içeriğinde güvenli olduğu garanti edilmemiştir [18]. Yeni veya daha önce test edilmemiş malzemelerin tüketiminin tehlikeli olabileceği endişesi vardır [33].

Yapay et üreticileri yapay etin önemli bir bileşime sahip olduğunu ve insanların muhtemel psikolojik ve fizyolojik ihtiyaçlarına yanıt verebilecek bir ürün olduğunu belirtmişlerdir [5]. Yapay et üretimi ile kompozisyonu belirlenebilen ürünün et tüketimi ile ilişkilendirilen birtakım hastalıkların (kardiyovasküler hastalıklar, diyabet, kolon kanseri gibi) önüne geçilebileceği düşünülmektedir [34]. Ayrıca omega-3 gibi bileşenlerin yapay ete ilave edilerek etin sağlık yönünün de geliştirilebileceği belirtilmektedir [35].

## HAYVAN REFAHI

Gelişmiş ülkelerde, hayvanların çiftliklerde maruz kaldığı muamelelere karşı insanların tepkisi giderek artmaktadır. Son yıllarda bitkisel kaynaklı beslenmeye eğilimin artması ile birlikte aynı zamanda etin insan gıdası olarak tüketilmesi de etik olarak sorgulanmaktadır [36]. Örneğin veganlar hayvansal gıda tüketimini reddetmekte ve insanların kendi zevkleri için hayvanları öldürmelerinin yanlış olduğunu savunmaktadır. Yapay et üretimi bu bakımdan tüketicilerce farklı bir alternatif olarak kabul görebilir. Yapay et ve bitkisel bazı protein kaynakları dünyada ihtiyaç duyulan proteinin sağlanması için kesilen hayvan miktarını önemli derecede azaltabilir. Geleneksel et üretimi ile karşılaştırıldığında, yapay et üretimi ile neredeyse hiç hayvan kesmeden et üretimi gerçekleştirilebilecektir. Artan, insan popülasyonu için gerekli üretim sağlanarak birçok hayvanın beslenmesi ve kesilmesi ihtiyacı ortadan kaldırılmış olacaktır [18].

Böylelikle yoğun üretim sistemlerinde azalma ve hayvan refahında artış sağlanabilecektir [37]. Bununla birlikte kültür üretim sistemi için hayvansal kaynaklı malzemelere ihtiyaç duyulmaktadır (cenin hücreleri/serumu) [5, 20]. Yapay et üretimi ile hayvan refahındaki artış ile birlikte endüstriyel hayvancılık sistemlerinde sıkça uygulanan boynuz kesme, küpe, tasma takma gibi uygulamalar da ortadan kalkacaktır [38].

Yapay et toplumdaki hayvansal kaynaklı et tüketimine karşı gelişen tepkilere yanıt verebilecek yönde bir uygulamadır [18].

## TEKNOLOJİK ENGELLER VE MALİYET

Yapay et üretim sürecinde kullanılan en iyi kök hücreler, biyoreaktör tasarımı ve proses için en iyi yöntem konusunda belirsizlikler bulunmaktadır [19]. Geleneksel üretimde besin maddeleri ve oksijen kan damarları ile her bir hücreye ulaştırılırken, yapay et üretiminde ise bu fonksiyonu biyoreaktörler gerçekleştirmektedir [3]. Ana doku homeostatik düzenleme olmadan kültürlenmekte ve homeostatiğin eksikliği ürünün besinsel değerini etkilemektedir [20]. Geniş ölçüde üretim için geniş kapasitede biyoreaktöre ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak kök hücrelerin kültürlendiği ortamlar bazı besin maddelerini içerirken bazılarını (karbonhidratlar, amino asitler, lipitler, vitaminler, vb. gibi) ihtiyaç duyulan seviyede içermemektedir [18]. Gerçek kas dokusu, büyük ölçüde miyoblasttan oluşan kas hücrelerini ve yapay ette iz miktarda bulunan sinir, kan veya yağ hücrelerini içermelidir [18]. Yapay et üretimindeki en önemli sorun B12 vitamini ve demir gibi önemli bileşenlerin eksikliğidir [20]. Lipit fraksiyonunun aromaları, karbonhidratlar ve proteinler arasındaki kompleks etkileşimin sonucu olarak etin tadını yeniden üretmek zordur. Bu nedenle tadın geleneksel ete en yakın halini elde etmek için yağ hücreleri de hücre kültürüne ilave edilmelidir [18].

Kas doku ve et biyokimyasal olarak birbirinden farklıdır [20]. Et, kas dokudan gelişmesine rağmen, hayvan kesildikten sonra oksijen alımı durduğunda birçok biyokimyasal değişim meydana gelir ve metabolik reaksiyon oluşur. Anaerobik glikoliz, glikojenin laktik aside dönüşmesi, kas pH'sının düşüp enzimlerin aktif hale gelmesi, protein denatürasyonu ve enzimatik proteoliz; etin görünüş, tat ve tekstürel kalitesinin oluşmasından sorumlu olan yumuşamaya neden olur ve bu nedenle et kesilip birkaç gün bekledikten sonra tüketilmelidir [18, 20]. Bu temel proses yapay et üretiminde dikkate alınmamıştır ve bu prosesin kültürlenmiş kas dokusunu geleneksel olarak üretilmiş ete çevirecek şekilde yapay ette oluşup oluşmayacağı belirsizdir [20].

Yapay et geleneksel et ile karşılaştırıldığında renksiz veya sarıdır; çünkü hücrelerin kültürlendiği ortamın oksijen koşulları ete kırmızı renk veren miyoglobini baskılamaktadır [18]. Bu durum tüketiciler tarafından yapay etin tüketimine mesafeli durmalarına neden olmuştur. Yapay etin duyuşsal özellikleri ile ilgili farklı fikirler vardır. Yapay et, normal etin problemlerine

alternatif olarak üretildiğinden geleneksel ete gerçek bir alternatif olması gerektiği düşünülmektedir. Diğer taraftan, yeni bir ürün olarak yapay etin kendi profiline ihtiyaç duyulmaktadır. Bu açıdan bakıldığında, yapay etin geleneksel ete benzemesinin şart olmadığı ve aslında geleneksel etten açıkça ayırt edici olması gerektiği de savunulmaktadır [8].

Kültürlenmiş et, kuşkusuz hamburger gibi işlenmiş gıdalarda temel bileşen olabilir veya üründe belirli bir oranda kullanım potansiyeline de sahiptir. Bu formda, *in vitro* geliştirilen ürünün tekstürel eksiklikleri son işlenmiş ürünü etkilemeyecektir [20]. İlk üretilmiş biftek gerçek bir ete değil hamburger benzemiştir. Yapay hamburger üretmek, biftek üretmekten çok daha kolaydır [18]. Kültürlenmiş etin amacı uygun tekstürel özelliklerle geleneksel üretime benzeyen üç boyutlu ürünler yaratmaktır [20]. Son zamanlarda, benzer yapıda gerçek bir biftek yapmak için üç boyutlu yazıcıların kullanımı ile ilgili çalışmalar mevcuttur; fakat hala yeterince düşük bir fiyatta üretimi gerçekleştirilememektedir. Standart hücre kültürü ve mühendislik teknikleri geliştikçe, yapay etin maliyetinde düşüşler olacaktır [19].

Endüstriyel ölçüde yapay et üretimi ancak maliyeti etkin bir proses yaratıldığında uygulanabilir olacaktır [9].

## TÜKETİCİ GÖRÜŞLERİ VE ETİK KAYGILAR

Yapay et üretimiyle ilgili çeşitli tüketici görüşleri ve etik kaygılar vardır. Yapay et üretimine karşı olan bireyler bu teknolojinin insan kas dokusunda kültürlenebileceğinden ve ilerleyen dönemlerde kanibalizmaya (yamyamlığa) neden olabileceğinden dolayı, birçok bireyin bu etlerin tüketimine mesafelidir [9, 39]. Diğer bir görüş ise, hayvan hücrelerinin yapay et üretiminde kullanılmasına bağlı olarak bu eti tüketen bireylerin dokusunda önemli değişikliklere neden olabileceğidir [8].

Yapay et üretimi, geleneksel et üretimi ve bunun ihracatını yapan ülkelerin ekonomilerini kesinlikle etkileyecektir. Kültürlenmiş etin büyük ölçüde üretilmesiyle diğer ülkelerdeki tarım sektörünün iş durumu da etkilenecektir [9]. Fakir ülkeler dünya gıda üretim zincirinde önemli rol oynamalarına rağmen ürettikleri gıdanın çok düşük bir oranından faydalanabilmektedir ve bu durum birçok görüşe göre etik ve adil değildir. Bu nedenle büyük şirketler ve çok uluslu firmalara bu yeni üretim sisteminde büyük sorumluluklar düşeceği belirtilmektedir [18].

Hocquette ve ark. [6]. eğitimli insanlar ile yaptıkları anket sonucunda, katılımcıların yarısından fazlasının yapay etin sağlıklı, lezzetli, uygulanabilir ve gerçekçi olduğuna inandıklarını; fakat et endüstrisinin problemlerine çözüm olacağını düşünmedikleri sonucuna varmışlardır. Mancini ve Antonioli'nin 2018 yılında İtalyan tüketicilerle yaptıkları anket çalışmasında, katılımcıların %54'ü yapay eti denemek istediklerini bildirmiştir. Yapay etin potansiyel tüketici profili, genç, eğitim seviyesi yüksek, et tüketen ve et tüketimini azaltmada istekli tüketici grupları olarak tanımlanmıştır [40]. Amerikan katılımcılarla yapılan bir araştırmada da çoğu katılımcı yapay eti

denemede istekli olmuş, fakat sadece üçte birinin diyetlerinde kullanabileceğini belirtmiştir [41]. Yapay et ile ilgili bazı etik sorular da bulunmaktadır. Pek çok insan için yapay etin en çekici özelliği hayvanların zarar görmesini engelleyerek vejeteryan bireylerin et ihtiyacını karşılamasıdır [33].

Yapay et için son ürünün güvenliği ve etiketlenmesini içeren pek çok kanun ve düzenleme Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) tarafından uygulanacaktır. Amerika ve diğer bilim temelli düzenleyici ülkeler yapay etin tanıtılması için ideal bir başlangıç noktası olabilir. Yapay et için üretim boyunca kullanılan enerji, su, besin ve sera gazı miktarını belirten "çevresel etki etiketi" kullanılabilir. Böyle bir etiket geleneksel ve yapay et için kullanılan doğal kaynakların karşılaştırılmasını içerebilir ve tüketicilerin et ürünü seçerken bilinçli karar vermelerini sağlayabilir. [13].

Et yiyenler psikolojik bağlamda yapay eti gerçek bir et olarak hissetmeyebilecek, yapay çiçek veya elmaslara baktıkları gibi bakabileceklerdir [9, 33]. Yapay et, başarılı şekilde yapıldığında gerçek et ve protein olabilir ve geleneksel yöntem ile üretilmiş bir etten çok daha sağlıklı olabilir. Siegrist ve Sütterlin [42] yaptıkları çalışmada yapay etin çevre dostu ve hayvanlar için daha az zararlı olduğunu belirtmelerine rağmen, yapay etin doğal bir ürün olarak kabul edilemeyeceğini bildirmişlerdir. Dolayısıyla yapay etin doğal bir ürün olarak tanıtılması için pazarlama stratejilerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, tüketiciler et ve ürünlerinin içerisinde yapay et olup olmadığını bilmek istemektir. Bunun için ürünlerin etiket bilgileri doğru bir şekilde verilerek uluslararası veya ulusal kurumlar tarafından uygunluğu belirtilmelidir. Son ürünün hücresel yapısına bağlı olarak, eğer yapay et geleneksel etten ayırt edilemez ise ürünün yapay et içerdiğini belirten etiket gereksiz olabilir [13].

Hayvanlar ve çevre için geleneksel et üretimi, yapay ete alternatif olarak iyileştirilebilir. Organik tarım bu konuda savunulan güçlü bir seçenektir. Diğer seçenekler, böcek gibi farklı kaynakların etini yemek veya proteinini almak, bitki kökenli proteinlerin daha çok tüketilmesi ve daha az et tüketilmesi olabilir [18].

Gelecekte, et alternatifleri, farklı tip etler (GDO, klonlanmış et) veya hayvansal proteinler yapay etle birlikte markette bulunabilecek ve aralarında da güçlü bir rekabet olabileceği beklenmektedir [18].

## ÜRETİM YÖNTEMLERİ

Yapay et üretim yöntemleri genel olarak üç başlık altında (hücre kültürü, doku kültürü ve diğer metotlar) incelenmektedir.

### Hücre Kültürü Temelli Metot

Hücre kültürü temelli metot aynı zamanda yapı iskelesi metodu olarak da bilinmektedir. Sığır, koyun gibi bir çiftlik hayvanının embriyosundan embriyonik miyoblastın veya hayvanın kas biyopsisinden yetişkin iskelet kas hücrelerinin izole edilmesini ve biyoreaktör içinde bir iskeleye veya kolajen örgüsü gibi bir taşıyıcıya

tutturularak bitki kökenli büyüme ortamında haftalar veya aylar boyunca bölünerek çoğalması sağlanır [8, 9]. Öncelikle çoğalabilecek ve ayrıca fonksiyonel iskelet kası dokusuna farklılaşabilecek bir hücre kaynağı gerekmektedir. İkincisi, bu hücrelerin kasın gelişimine izin veren üç boyutlu matrikse yerleştirilmesidir. Bu ortamda besin maddelerinin taşınımı sağlanır ve atık ürünler açığa çıkar. Son olarak kas hücreleri, çeşitli et ürünlerine işlenebilecek fonksiyonel kas lifleri elde etmek için biyoreaktöre yerleştirilir [9, 10]. Kök hücreleri birleşerek miyotüpleri, miyotüpler de farklılaşarak miyofibrilleri oluşturur. Elde edilen miyofibriller işlenebilir, pişirilebilir ve emülsiyon veya et ürünü olarak tüketilebilir; fakat bu metot ile yüksek yapıda biftek gibi et ürünü üretmek mümkün değildir [9]. Et üretimi için hücre kültürünü anlatan halihazırda iki metot bulunmaktadır. Bunlardan biri Vladimir Mironov tarafından NASA için yazılmış iken diğeri, dünya çapında patente sahip Willem van Eelen tarafından yazılmıştır [9]. Mironov, biyoreaktör içinde miyoblastların üzerinde tutanabilmesini sağlamak için hücrelerin biraraya geleceği ve farklılaşacağı kolajen küre içeren biyoreaktörü kullanırken, van Eelen'in kullandığı sistemde kolajen örgü kullanır ve kültür ortamı zamanla tazelenir [9]. Catts ve Zurr [11] tarafından yapılan çalışmada et üretiminde bu metot gerçek anlamda ilk kez uygulanmıştır.

### Doku Kültürü Temelli Metot

Yapay et küçük ölçüde üretilebilmektedir; fakat küçük biyopsiler pratikte önemli olmayacağından büyük ölçüde ticari üretim için doku mühendisliğinin kullanımı ileri sürülmektedir [8]. Diğer bir potansiyel metot, Benjaminson'un 2002 yılında astronotlar için hayvan kas proteini yapmak amacıyla akvaryum balığından elde ettiği gibi kas dokunun kullanılmasıdır [33]. Balığın doku dilimleri kıyılmış, santrifüj edilmiş ve petri kutusuna yerleştirilip 7 gün boyunca büyütülmüştür [9]. Elde edilen et duyuşsal panele sunulmuş, yenilmediği halde görünüş ve koku bakımından geleneksel yöntem ile üretilen ete oldukça fazla benzediği için panelistleri etkilemeyi başarmış, yemek için ise yeterince iştah açıcı koktuğu ve görüldüğü bildirilmiştir [33].

### Diğer Metotlar

Hücre kültürü ve doku kültürü teknikleri ile öğütülmüş yumuşak etin farklı versiyonları üretilebilir; fakat bu teknikler kıvam, damarlanma, mozaikleme (kas içi yağlanma) gibi özellikleri sağlamada başarısız olabilmektedir [8]. Organ yazımı organların üretimi ve nakli için yeni bir tekniktir. Belge yazmak için mürekkep yazıcıların kullanıldığı yazım teknolojisinin prensiplerini kullanılmaktadır. Bu teknik temel olarak herhangi bir şeklin üç boyutlu yapısını yaratmak için birleşen canlı hücrelerin tabaka üzerine püskürtülmesine dayanmaktadır. Bu nedenle organın sadece basit hücresel yapısı değil, kan akışını sağlayan damarlanma, ve tat ve yapıyı sağlayan mozaikleşmesi de sağlanabilir [8].

Diğer yeni bir teknik de lazerin yani ışığın maddenin partiküllerini sadece belli yerlere taşımakla kalmayıp ayrıca belli organizasyonel yapılar oluşturmaya da

dayanan biyofotoniktir [8]. Biyofotonun başarılı olmasıyla hücre kültürü veya bahsedilen diğer metotlara gerek kalmadan sadece ışık yeterli olacaktır [33]. Atom ve molekül düzeyinde malzemelerin değişimi ve üretimi olan nanoteknoloji de yapay et üretim sistemine kullanılabilecek yeni bir teknolojidir [8]. Bütün bunların yanında daha lezzetli, daha yüksek protein, daha az yağ ve daha yüksek omega 3 yağ asidi içeren sağlıklı et yapan hücreler üretebilecek diğer bir uygulama da klonlanan hayvanlara omega 3 yağ asidi üretebilecek gen transferinin yapıldığı genetik mühendisliği çalışmalarıdır [33].

Yapay et üretim sistemini tasarlamadaki en zor görev en iyi kültür ortamı formülasyonunun belirlenmesidir [20].

### SONUÇ

Geleneksel et endüstrisi, değişen tüketici istekleri, farklılaşan market eğilimleri, insan nüfusu, sera gazı emisyonları, orman alanları tahribatı, tarım arazileri ve tahıl ürünlerinin kullanımının artışı ve hayvan refahı kaygıları gibi farklı etkenlerle karşı karşıyadır. Önümüzdeki yıllarda standart et üretim sistemlerinin insanların et ve protein ihtiyacını karşılayamayacağı ve çevreye duyarlı sürdürülebilir üretim sistemleri ihtiyacının artacağı düşünülmektedir. Yapay et üretimi tüm bu kaygılar ve karmaşıklığın içerisinde alternatif bir protein kaynağı ve çözüm olarak öngörülmektedir. 1912 yılından günümüze yapay et teknolojisinde önemli gelişmeler olmuş ve üretim maliyeti daha düşük seviyelere indirilebilmiştir. Bugün dünyada birçok şirket ve araştırma enstitüsü bu konu ile ilgili çalışmalarını sürdürmektedir. Önümüzdeki on yıl içerisinde yapay etin restoran menülerinde ve marketlerde yer alacağı tahmin edilmektedir. Ancak her ne kadar olumlu yönleri olsa da yapay etin üretim maliyeti, endüstriyel üretime uygunluğu, tüketiciler tarafından kabul görmemesi, doğal kabul edilmemesi ve bazı etik kaygılardan dolayı ticarileşemeyeceğine dair görüşler de mevcuttur. Bu nedenle yapay et ile ilgili yapılan araştırma sonuçları bu konu ile çalışanlara yol göstericisi olması açısından büyük bir öneme sahip olacaktır. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda ise yapay etin gelecekte alternatif bir protein kaynağı olarak diyetle önemli bir rol oynayabileceğini göstermektedir.

### KAYNAKLAR

- [1] Smil, V. (2002). Worldwide transformation of diets, burdens of meat production and opportunities for novel food proteins. *Enzyme Microbial Technology*, 30(3), 305-311.
- [2] FAO. (2011). World livestock 2011 livestock in food security. FAO Publications, 1-130.
- [3] Pandurangan, M., Kim, D.H. (2015). A novel approach for in vitro meat production. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 99(13), 5391-5395.
- [4] Van der Spiegel, M., Noordam, M.Y., Van der Fels-Klerx, H.J. (2013). Safety of novel protein sources (insects, microalgae, seaweed, duckweed, and rapeseed) and legislative aspects for their application in food and feed production.

- Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(6), 662-678.
- [5] Post, M.J. (2012). Cultured meat from stem cells: Challenges and prospects. *Meat Science* 92(3), 297301.
- [6] Hocquette, A., Lambert, C., Sinquin, C., Peteroff, 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. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(2), 273-284.
- [7] Bonny, S.P.F., Gardner, G.E., Pethick, D.W., Hocquette, J.F. (2015). What is artificial meat and what does it mean for the future of the meat industry? *Journal of Integrative Agriculture*, 14(2), 255-263.
- [8] Bhat, Z.F., Kumar, S. and Bhat, H.F. (2017). *In vitro* meat: A future animal-free harvest. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(4), 782-789.
- [9] Bhat, Z.F., Kumar, S., Fayaz, H. (2015). *In vitro* meat production: Challenges and benefits over conventional meat production. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(2), 241-248.
- [10] Bhat, Z.F., Bhat, H. (2011). Tissue engineered meat-future meat. *Journal of Stored Products and Postharvest Research*, 2(1), 1-10.
- [11] Catts, O., Zurr, I. (2002). The tissue culture sculptures: Art project. *Leonardo*, 35(4), 365-370.
- [12] Benjaminson, M.A., Gilchrist, J.A., Lorenz, M. (2002). *In vitro* edible muscle protein production system (MPPS): Stage 1, fish. *Acta Astronautica*, 51(12), 879-889.
- [13] Norton, T. (2015). From the lab to the supermarket: *In vitro* meat as a viable alternative to traditional meat production. *Journal of Food Law and Policy*, 1, 157-180.
- [14] Interview with Dr Mark Post: The man who grew the world's first synthetic beef burger - ABC News. <https://www.abc.net.au/news/rural/2015-03-27/interview-with-dr-mark-post-lab-burger/6351600> [Erişim Tarihi: 4 Mart 2019].
- [15] Hoogenkamp, B.H. (2018). Clean cultured meat for today's future. *Fleischwirtschaft International*, 2, 42-46.
- [16] Chiles, R.M. (2013). If they come, we will build it: *In vitro* meat and the discursive struggle over future agrofood expectations. *Agriculture and Human Values*, 30(4), 511-523.
- [17] FAO (2006). Livestock's long shadow environmental issues and options. FAO Publications.
- [18] Hocquette, J.F. (2016). Is *in vitro* meat the solution for the future? *Meat science*, 12, 167-176.
- [19] Alçay, A.Ü., Sağlam, A., Yalçın, S., Bostan, K. (2018). Geleceğin olası protein kaynakları. *Akademik Gıda*, 16(2), 197-204.
- [20] Datar, I., Betti, M. (2010). Possibilities for an *in vitro* meat production system. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11(1), 13-22.
- [21] Pitesky, M.E., Stackhouse, K.R., Mitloehner, F.M. (2009). Clearing the air: Livestock's contribution to climate change. In *Advances in agronomy*, Edited by L.S Donald, Academic Press, Elsevier, Burlington USA, 103, 1-40.
- [22] FAO. (2009). How to feed the world in 2050. FAO Publications.
- [23] Driessen, C., Korthals, M. (2012). Pig towers and *in vitro* meat: Disclosing moral worlds by design. *Social Studies of Science*, 42(6), 797-820.
- [24] Welin, S., Van der Weele C. (2012). Cultured meat: will it separate us from nature? In *Climate change and sustainable development*, Edited by T. Potthast, S. Meisch, Wageningen Academic Publishers, Wageningen.
- [25] Orzechowski, A. (2015). Artificial meat? Feasible approach based on the experience from cell culture studies. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(2), 217-221.
- [26] Grigg, D. (1995). The geography of food consumption: A review. *Progress in Human Geography*, 19(3), 338-354.
- [27] Uzun, P., Masucci, F., Serrapica, F., Varricchio, M.L., Pacelli, C., Claps, S., Di Francia, A. (2018). Use of mycorrhizal inoculum under low fertilizer application: Effects on forage yield, milk production, and energetic and economic efficiency. *The Journal of Agricultural Science*, 156(1), 127-135.
- [28] Tuomisto, H.L., Teixeira de Mattos, M.J. (2011). Environmental impacts of cultured meat production. *Environmental Science & Technology*, 45(14), 6117-6123.
- [29] Lynch, J., Pierrehumbert, R. (2019). Climate impacts of cultured meat and beef cattle. *Journal Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3:5.
- [30] Ong, S., Choudhury, D., Naing, M.W. (2020). Cell-based meat: Current ambiguities with nomenclature. *Trends in Food Science & Technology*, in press.
- [31] Centers for Disease Control and Prevention. <https://www.cdc.gov/> [Erişim Tarihi: 4 Mart 2019].
- [32] Siegelbaum, D. (2008). In search of a test-tube hamburger. *Time*.
- [33] Hopkins, P.D., Dacey, A. (2008). Vegetarian meat: Could technology save animals and satisfy meat eaters? *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 21(6), 579-596.
- [34] Capper, J.L. (2011). The environmental impact of beef production in the United States: 1977 compared with 2007. *Journal of Animal Science*, 89(12), 4249-4261.
- [35] Macintyre, B. (2007). Test-tube meat science's next leap. *Weekend Australian*, 20(29), 16.
- [36] Croney, C.C., Apley, M., Capper, J.L., Mench, J.A., Priest, S. (2012). Bioethics symposium: The ethical food movement: What does it mean for the role of science and scientists in current debates about animal agriculture? *Journal of Animal Science*, 90(5), 1570-1582.
- [37] Hou, F.J., Nan, Z.B., Xie, Y.Z., Li, X.L., Lin, H.L., Ren, J.Z. (2008). Integrated crop-livestock production systems in China. *The Rangeland Journal*, 30(2), 221-231.
- [38] Mariasegaram, M., Harrison, B.E., Bolton, J.A., Tier, B., Henshall, J.M., Barendse, W., Prayaga, K.C. (2012). Fine-mapping the POLL locus in B rahman cattle yields the diagnostic marker CSAFG29. *Animal Genetics*, 43(6), 683-688.
- [39] Schaefer, G.O., Savulescu, J. (2014). The ethics of

producing *in vitro* meat. *Journal of Applied Philosophy*, 31(2), 188-202.

[40] Mancini, M.C., Antonioli, F. (2019). Exploring consumers' attitude towards cultured meat in Italy. *Meat Science*, 150, 101-110.

[41] Wilks, M., Phillips, C.J. (2017). Attitudes to *in vitro*

meat: A survey of potential consumers in the United States. *PloS One*, 12(2), 1-14.

[42] Siegrist, M., Sütterlin, B. (2017). Importance of perceived naturalness for acceptance of food additives and cultured meat. *Appetite*, 11, 320-326.