



## INVITED REVIEW

### İn vitro et (kültür et) üretimi

Yasin Akkemik<sup>1\*</sup>, Ahmet Güner<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Selçuk Üniversitesi Karapınar Aydoğanlar Meslek Yüksekokulu Gıda İşleme Bölümü, Konya, Türkiye

<sup>2</sup>Selçuk Üniversitesi Veteriner Fakültesi Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Konya, Türkiye

Geliş: 27.10.2020, Kabul: 30.03.2021

\*yasinakkemik@selcuk.edu.tr

### In vitro meat (cultured meat) production

**Eurasian J Vet Sci, 2021, 37, 3, 217-224**

DOI: 10.15312/EurasianJVetSci.2021.346

#### Öz

Nüfus artışı, küresel ısınma, sığır yetiştiriciliğinin ozon tabakasına olumsuz etkisi, hayvancılık işletmeleri için ormanların tahrip edilmesi, gıda kaynaklı hastalıklar, kirlilik vb. durumlar geleneksel et üretimine alternatif yöntemlerle insanların protein ihtiyacının karşılanması yönünde çalışmalara yol açmıştır. Alternatif protein kaynaklarından üretilen et ve ikameleri, genetiği değiştirilmiş organizmalar ve klonlanmış hayvan üretimi bu çalışmaların bir yansımasıdır. İn vitro et (kültür et-IVM) bu amaçla son yıllarda ortaya konulan ve bu konuda yapılan bütün çalışmaları bir arada barındırabilecek et üretim yöntemidir. Bu yöntem, doku mühendisliği tekniklerinin kullanımıyla laboratuvar ortamında et üretmek amacıyla geliştirilmiştir. IVM ile tüketicilere daha sağlıklı, güvenli ve hastaliksız et sağlanabilir ve geleneksel et üretimiyle ilişkili olumsuz çevresel etkiler en aza indirilebilir. 2013 yılında üretilen ilk IVM maliyeti 330.000 dolar iken günümüzde bu maliyet 11,36 dolara kadar düşmüştür. 2015 yılından itibaren üretim ortamları ve ekipmanları konusunda geleneksel et ile rekabet edebilecek seviyeye gelen IVM'nin çözülmesi gereken başlıca sorunu, bu ete tüketicinin vereceği tepkidir. Tüketici tepkisinin IVM'nin taze et olarak tüketilmesine karşı olumlu bir şekilde yansımalarının uzun bir süre alabileceği düşünülse de, IVM kullanılarak üretilmiş et ürünlerinin yakın bir zamanda market raflarına yerleşmesi kaçınılmaz görünmektedir. Bu makale, IVM üretim teknikleri, avantajları, sonuçları ve potansiyeli hakkında bilgi vermektedir.

**Anahtar kelimeler:** İn vitro et, kültür et, geleneksel et üretimi

#### Abstract

Population growth, global warming, the negative impact of cattle breeding on the ozone layer, destruction of forests for livestock enterprises, foodborne diseases, pollution, etc. situations have led to efforts to meet the protein needs of people with alternative methods to traditional meat production. Meat substitutes produced from alternative protein sources, genetically modified organisms, and cloned animal production are a reflection of these studies. In vitro meat (culture et-IVM) is a meat production method that has been introduced for this purpose in recent years and can accommodate all studies on this subject. This method has been developed to produce meat in a laboratory using tissue engineering techniques. With IVM, consumers can be provided with healthier, safer, and disease-free meat, and the negative environmental impacts associated with traditional meat production can be minimized. While the cost of the first IVM produced in 2013 was \$ 330,000, today this cost has dropped to \$ 11.36. The main problem of IVM, which has reached a level that can compete with traditional meat in production environments and equipment since 2015, is the reaction of the consumer to this meat. Although it is thought that it may take a long time for a positive reflection of the consumer response to the consumption of IVM as fresh meat, it seems inevitable that meat products produced using IVM will be placed on the market shelves in the near future. This article provides information about IVM manufacturing techniques, advantages, results, and potential.

**Keywords:** In vitro meat, cultured meat, traditional meat production



## Giriş

Tarım ve hayvancılık sektörü geçmişten günümüze birçok değişim yaşamıştır. Özellikle 1800'lü yıllarda gerçekleşen sanayi devrimi ile sektörde önemli gelişmeler meydana gelmiştir. Nüfusun hızla artması ve yeni teknolojiler, tarım ve hayvancılığın gelişiminde ve bugünlere ulaşılmasında büyük önem taşımaktadır. Nüfus artışı ve şehirleşmeye bağlı oluşan tüketici talepleri, hayvancılık sektöründe sanayileşme ve çiftlik sayısında artışa neden olmuştur (Bonny ve ark 2015). Bütün bunlara karşın günümüzde hayvancılık sektörü büyük sorunlarla karşı karşıya kalmıştır. Ayrıca dünya nüfusunun 2050 yılında 9 milyara ulaşacağı, dolayısıyla et endüstrisinin, tüketici talebini karşılamak adına, üretimi yaklaşık %50-73 oranında arttırması anlamı taşımaktadır (FAO 2009, Malzener ve ark 2021).

Karmaşık ve çok yönlü olan tüketici taleplerinde iç ve dış kalite faktörleri, tüketicilerin eti satın almayacağı konusunda etkilidir. İç faktörler doğrudan et ile (örn., etin rengi, yağı, mermerleşme düzeyi ve diğer duyuşal nitelikler) ilgilidir. Dış faktörler ise fiyat, marka, hammadde türü (örn., kanatlı eti, sığır eti, balık eti), üretim yöntemleri, sağlık, hayvan refahı, gıda güvenliği ve sürdürülebilirliğidir (Grunert ve ark 2004). Pişirme ve yerken hissedilen kalite, müşterinin aynı ürünü tekrar satın alma isteğini önemli ölçüde etkileyen bir diğer faktördür (Polkinghorne ve ark 2008).

Hayvancılık sektörünün değişen tüketici taleplerini karşılamak için yapmış olduğu başlıca çalışmalar sağlık, gıda güvenliği, hayvan refahı ve sürdürülebilirlik üzerinedir (Vinnari ve Tapio 2009). Fakat geleneksel et üretiminin mevcut kapasitesinin üst sınırlarına ulaştığı da bilinmektedir. 2050 yılı için öngörülen et üretim miktarının yaklaşık 8 milyar insan için yeterli olacağı, ancak aynı yıl için dünya nüfusunun ise 9 milyar olacağı tahmin edilmektedir (Bonny ve ark 2015).

Bu veriler neticesinde ilerleyen yıllarda piyasayı tam olarak tedarik etmek ve tüketici taleplerini karşılamak için kaynakların en etkin şekilde kullanılması gerekmektedir. Günümüzde bu sorunlara yönelik çözümler; girdilerin ve atıkların/kayıpların azaltılması, verimliliğin en üst düzeye çıkarılması için tarım ekolojisinin geliştirilmesi ve uygulanması şeklinde olmuştur (Dumont ve ark 2013). Bu çözümlere ilave olarak

mikoproteinler ile bitki ve böcek bazlı proteinlerin et yerine tüketilmesinin sağlanmasının yanı sıra in vitro et (In Vitro Meat-IVM) üretim teknikleri ile et üretimi çalışmaları da yapılmaktadır (Bhat ve ark 2017).

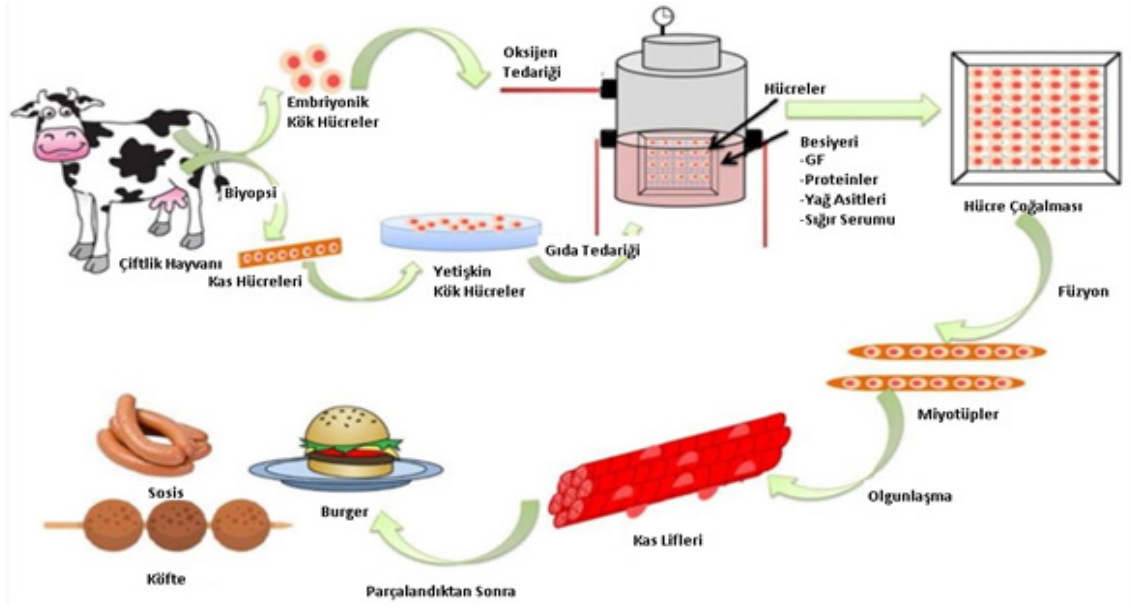
Geleneksel et üretimi dışında, tüketicilerin protein ihtiyaçlarını karşılamak için, alternatif et üretim metodları-kaynakları bildirilmiştir (Tablo 1). Bunlardan ilki, 'et alternatifleri' olarak bilinen alternatif protein kaynaklarından üretilen et ikameleridir. Yaygın olarak kullanılan alternatif protein kaynakları bitkiler ve mantarlardır (van der Spiegel ve ark 2013). İkincisi, laboratuvar ortamında biyopsi yolu ile elde edilen dokulardan çoğaltılan in vitro ettir (Post 2012). Üçüncü bir alternatif et kategorisi genetiği değiştirilmiş organizmalardır (örn., düşük yağlı et, özel proteinli et, özel kalitede et üretimi için genetik manipülasyon yapılan hayvanlar). Genetiği değiştirilmiş organizmalar geleneksel et üretimi ile benzer yönleri olmasına rağmen, laboratuvar ortamında genomu tamamen değiştirilmiş hayvanlar olduğundan, yapay veya insan yapımı olarak düşünülebilir (Bonny ve ark 2015). Klonlanmış hayvanlar, alternatif etin dördüncü kategorisidir. Sadece insan desteği ile aynı tür yavruların elde ediliyor olması nedeniyle klonlanmış hayvanlardan elde edilen etlerin doğal et olarak kabul edilebileceği öngörülmektedir. Bununla birlikte, klonlama işleminin insan yapımı olması ve klonların, ebeveyn hayvanın bir kopyası olması nedeniyle, bu etler, alternatif et olarak da düşünülebilir.

IVM üretimi; hayvan yetiştiriciliğine ve hayvanların kesilmesine gerek olmadan diğer bir ifadeyle geleneksel et üretimine göre hayvan refahı ve çevresel avantajlarına sahip olan doku mühendisliği teknolojileri yoluyla et üretimi işlemidir. (Haahsman ve ark 2009). IVM üretiminde temel metodoloji, büyük bir biyoreaktörde besi yeri ortamında bulunan kas dokusunun kültürlenmesi işlemidir (Bhat ve Bhat 2011a). Et üretimi için başlangıçta kullanılacak dokular canlı hayvanlardan yapılan biyopsi sonucu veya hayvan embriyosundan elde edilir. Daha sonra çoğaltmak için bir kültür ortamına eklenir (Şekil 1).

Sosis, burger ve nagget gibi işlenmiş et ürünlerinde IVM daha olumlu sonuçlar verirken (Bhat ve Bhat 2011a, Bhat

Tablo1. Alternatif et üretim metodları-kaynakları (Bonny ve ark 2015)

| Alternatif Et Tipi                        | Açıklama   |
|---|--|
| Et ikameleri                              | Et alternatifleri olarak kullanılan bitki miko-proteinler                            |
| Kültür etleri/in vitro etler              | Doku veya hücrelerin in vitro kültür ortamlarında üretimi (kök hücreler, miyositler) |
| Modifiye etler                            | Genetiği değiştirilmiş organizmalardan elde edilen etler                             |
| Klonlanmış hayvanlardan elde edilen etler | İnsan desteği ile aynı tür yavruların elde edilmesi                                  |



Şekil 1. IVM üretim şeması (Gaydhane ve ark 2018)

ve Bhat 2011c, Datar ve Betti 2010), IVM'nin taze tüketime sunulması ve ticari üretimi için çok sayıda araştırmaya ihtiyaç vardır (Bhat ve Bhat 2011c). Gelecekte, hücre kültürü ile üretilmiş etlerin, insanlığın kaçınılmaz gerçeği olacağı aşikardır. Nitekim 2013 yılında sığır kök hücrelerinden üretilen IVM'den ilk kez burger yapılmış (Bhat ve Kumar 2017), ancak bu üretim on binlerce dolara mal olmuş ve en az 10.000 ayrı kas şeridinin birleştirilmesi gerekmiştir. Bu dezavantajlara rağmen büyük ölçekli üretim ve pazar payının artması ile maliyetlerde düşüş olabileceği öngörülmüş (Bhat ve Bhat 2011a), nitekim 2015 yılında yapılan bir çalışmada bu maliyet 11.36 \$'a kadar düşürülmüştür (Gaydhane ve ark 2018).

#### *In vitro et üretim teknikleri*

Embriyolojik gelişim sırasında kas dokusu oluşumu, birbiriyle kaynaşan ve çok çekirdekli myotüpleri oluşturan, sınırlı çoğalma kapasitesine sahip mononükleer miyoblastlarla başlar (Benjaminson ve ark 2002). Olgunlaşma üzerine bu çok çekirdekli miyotüpler çoğalmayan miyofibrillere neden olurlar (Campion 1984). Postnatal dönemde miyofibriller ve miyofibril başına çekirdek sayısındaki artış asgari düzeyde tutulur. Bununla birlikte, onarım veya rejenerasyon gerektiren durumlarda, ilişkili bir miyofibril bazal laminası ve sarkoleması arasında bulunan myosatellit hücreleri, yeni miyofibril üretmek veya mevcut olanlara ek myonükleus katkısında bulunmaktan sorumludur (Le Grand ve Rudnicki 2007). Bu tek çekirdekli myosatellit hücreleri normal olarak pasif ve bölünmeyen bir durumdadır (Hill ve ark 2003).

Bu hücreler ağırlık kaldırma stresi veya yaralanma durumlarında in vivo olarak aktive edilir ve asimetrik olarak kendi kendini yenileyerek miyoblastlara ve miyofibrillere bölünür (Benjaminson ve ark 2007).

İlk denemelerde küçük ölçeklerde IVM üretimi gerçekleştirilmiştir. Ancak bu üretimler yüksek maliyeti nedeniyle pratik önem taşımadığından büyük ölçekli ticari IVM üretimi için doku mühendisliği tekniğinin kullanılması önerilmiştir. Bu teknik çoğunlukla çeşitli doku ve organlarda rejeneratif tıp için tasarlanan ve çeşitli hastalıkların ve cerrahi rekonstrüksiyon tedavisinde ex vivo neo-organogenezi taklit etmeye çalışan güçlü bir tekniktir (Mol ve ark 2005).

IVM üretim sistemleri için farklı teknikler veya tasarım yaklaşımları vardır. Bunlar hücre kültürü ve doku kültürü gibi halihazırda kullanılmakta olanlara ilave olarak organ baskısı (print), biyofotonik ve nanoteknoloji gibi teknolojileri de içermektedir (Bhat ve Bhat 2011a).

#### *Hücre kültürü / iskele-yapı teknikleri*

Bu teknikte, bir çiftlik hayvanı embriyosundan izole edilmiş embriyonik miyoblastlar veya bir çiftlik hayvanı kas biyopsisinden izole edilmiş iskelet kası uydu hücrelerinin çoğalması sağlanır ve bir iskeleye veya bir kollajen ağ örgüsüne ya da mikro taşıyıcı tanecikler gibi bir tür taşıyıcıya bağlanır. Daha sonra besin ve büyüme faktörleri bakımından zengin bir kültür ortamı ile doldurulmuş dönen veya sabit olabilen

bir biyoreaktöre yerleştirilir. Kültür ortamı, hücrelerin hayatta kalması için ihtiyaç duyduğu tüm beşenlerin yanı sıra proliferasyon, bağlanma veya hipertrofi gibi hücresel davranışları ortaya koymak için gereken diğer bileşenleri de içerir. Kültür temelde, karbon ve nitrojen (glutamin ve diğer amino asitler), glikoz, vitaminler, mineraller ve inorganik tuzlar, büyüme faktörleri ve tampon kaynaklarından oluşur (Choi ve ark 2021, O'Neill ve ark 2021). Çeşitli çevresel faktörler yardımıyla, bu hücreler miyotüpleri oluşturmak için birleşirler. Miyotüpler de miyofibrillere dönüşür (Kosnik ve ark 2001, Ong ve ark 2020). Oluşan çok sayıda miyofibril iskeleden çıkartılır. Elde edilen bu ürün kıyılmış veya parçalanmış ya da emülsiyon bazlı et ürünlerinin hazırlanmasında kullanılır (Ong ve ark 2020).

Hücre kültürü veya iskele-yapı teknikleri kullanılarak IVM üretimi ile ilgili aynı nitelikte olan iki ayrıntılı öneri vardır (Boland ve ark 2003). Bu önerilerden ilki, NASA için Vladimir Mironov tarafından yazılmıştır. Diğeri ise Willem Van Eelen adına dünya çapında bir patent olarak geçmiştir (Bhat ve ark 2017). Catts ve Zurr (2002) ise bu yöntemle et üreten ilk kişiler olarak bilinmektedir. Bu önerilerin her ikisi de bir biyoreaktör içindeki kültür ortamında, süspansiyondaki miyoblastların çoğaltılması prensibine göre çalışır. Mironov, miyoblastların bir biyoreaktör içerisinde, substrat olarak kollajen küreler kullanılması ve bunun üzerinde çoğaltılmasını önerirken, Van Eelen, zaman zaman yenilenen veya ağ örgüsü boyunca süzölmüş kültür ortamıyla kollajen küreler yerine bir kollajen örgüsünün kullanılmasını önermiştir. Çeşitli farklılaşma faktörleri ve ortamları kullanarak, miyoblastlar, miyotüplerin miyofibrillere dönüşümü için bir araya gelirler. Farklılaştırıldıktan sonra, bu miyofibriller toplanıp et ürünlerinin hazırlanmasında kullanılabilir. Bu teknikle kemiksiz etler üretilir. Ancak biftek gibi yüksek derecede yapılandırılmış etler üretilemez (Hopkins ve Dacey 2008)

#### *Doku kültürü teknikleri*

Yüksek düzeyde yapılandırılmış etin kendi kendini organize eden yapılar şeklinde üretilmesi için daha iddialı bir yaklaşım gerektiği bildirilmiştir (Dennis ve ark 2001). Benjaminson ve ark. (2002), Altın Balık (*Carassius auratus*) kas eksplantlarını in vitro ortamda kültürlenmişlerdir. Bu amaçla balıktan aldıkları doku dilimlerini kıyıp toprak haline getirdikten sonra santrifüj etmişlerdir. Daha sonra içerisinde besi yeri olan petri kabına yerleştirmiş ve 7 gün boyunca inkübe etmişlerdir. Besin maddesi olarak fetal bovin serumu kullanıldığında kas eksplantlarının yaklaşık %14, Maitake mantarı ekstresi kullanıldığında ise %13'ün üzerinde çoğaldığını bildirmişlerdir. Ayrılmış Altın Balık iskelet kısı hücrelerini içeren kültür kullanıldığında, bir hafta içinde yüzey alanında %79'luk bir çoğalma göstermiş ve eksplantlar ile yeni geliştirilen dokular taze balık filetosu gibi görünmüştür. Bu şekilde üretilen balıketi, zeytinyağı ve sarımsakla marine edilmiş, yağda kızartma yöntemiyle pişirilmiş ve gözlem için bir pa-

nele sunulmuştur. Panelistler tarafından ürün yenmemiş olsa da in vitro üretilen balıkentinin yeterince iyi görüldüğünü ve koktuğunu bildirmişlerdir (Benjaminson ve ark 2002, Bhat ve ark 2017). Doku kültürü tekniklerinin faydası, eksplantların in vivo duruma çok benzemesi ve eksplantlardan, tüm dokuları doğru oranlarda içeren et oluşturmalarıdır. Fakat belirli bir mesafeden fazla (0,5 mm'den daha fazla) besin kaynağından uzak kalırsa, kan kaynağı da olmadığı için, hücrelerin nekroza uğrayacağı bildirilmiştir (Dennis ve Kosnik 2000). Vladimir Mironov, tamamen yapay kas üretimi için, besinlerin perfüze edilebileceği, miyoblastların ve diğer hücre tiplerinin bağlanabileceği yenilebilir gözenekli polimer dallanma ağı kavramını ortaya atmıştır. Myoblastların diğer hücre tipleriyle birlikte kültürlenmek suretiyle, gerçek kaslarla aynı şekilde düzenlenebilecek daha gerçekçi bir kas yapısı oluşturmalarının mümkün olduğu bildirilmiştir (Dennis ve ark 2001, Dennis ve Kosnik 2000, Kosnik ve ark 2001).

#### *Organ baskısı (print)*

Hücre kültürü ve doku kültürü teknikleri ile et üretmek mümkündür. Ancak bu tekniklerle ilgili problemler, öğütölmüş yumuşak et üretmeleridir. Bu yöntemler kıvam, vaskülarizasyon, mermerleşme ve diğer et bileşenlerini sağlamada başarısız olmuşlardır. Transplantasyon prosedürleri için yeni organ üretme tekniği olan organ baskısı, sıradan baskı teknolojisi ilkelerini kullanarak (mürekkep püskürtmeli yazıcı teknolojisi) bu sorunlara çözüm sunmaktadır. Tek hücrelerin veya hücre guruplarının çözeltilerini kullanarak ve bu çözeltilerin, jellerin (baskı kağıdı olarak işlev görür) üzerine püskürtülmesiyle, basit bir ısıtma tekniği ile kağıdı çıkararak veya otomatik olarak parçalanabilen maddeler kullanarak et üretmek mümkündür (Dick ve ark 2019, Ramachandraiah 2021).

Teknik esas olarak, canlı hücrelerin, halka, tüp veya levha gibi herhangi bir şekilde 3D yapılar oluşturmak amacıyla katmanlara püskürtülmesi esasına dayanır. Bu nedenle, organın temel hücresel yapısına sahip olmakla birlikte, tüm ürüne kan temini sağlayan uygun vaskülarizasyonu da içerecek olması nedeniyle organların bütününe baskı yoluyla üretilmesi mümkün olmaktadır. Ayrıca, et üretimi açısından bakıldığında, istenilen tat, yapı ve mermerleşme de elde edilebilmektedir (Hopkins ve Dacey 2008, Mironov ve ark 2003, Ramachandraiah 2021).

#### *Biyofotonik*

IVM üretimi için olası yeni bir teknik olan biyofotonik, lazerin madde parçacıklarını belirli organizasyonel yapılara doğru hareket ettirmesi ve madde parçacıklarını birbirine bağlamak için ışığın kullanılması prensibiyle çalışan yeni bir tekniktir. Bu teknik polistiren tanecikler gibi kristal şeklindeki malzemelerin, kristal yapıları biçimlerini yapabileceği 3D satranç tahtası veya altıgen diziler gibi belirli organizasyonel



yapılar biçiminde optik madde üretir. Bunlar kızılötesi ışık ağları tarafından bir arada tutulmalıdır. Işık çıkarıldığında madde parçalanır. Bu durum, yalnızca belirli konumlara tek tek hareket ettirilmesine değil, aynı zamanda yapıları oluşturmak için eşleştirmesine neden olabilecek bir grup parçacık arasında bağlayıcı bir etki de oluşturur. Tıp bilimleri ve tekniklerinde (örn., ilgili hücreye ilgili ilacın iletilmesi) kullanım alanı bulan bu teknoloji et de dahil olmak üzere, dokuların geliştirilmesinde kullanımı konusunda da heyecan verici bir yaklaşımdır (Hopkins ve Dacey 2008). Kırmızı kan hücrelerinin ve hamster yumurtalıklarının dizileri de bu teknoloji kullanılarak çoğaltılmıştır (Bhat ve ark 2017). 2D dizilerin çoğaltılmasının başarısı göz önüne alındığında, hücreleri bir arada tutmak için yalnızca ışık kullanılarak dokular üretme olasılığı mümkündür. Bu durum da iskele-yapı tekniklerinin kullanım gereksinimini ortadan kaldırabilir (Hopkins ve Dacey 2008).

### Nanoteknoloji

IVM üretiminin ileriye dönük bir tekniği olan nanoteknoloji, maddelerin atom ve molekül düzeyinde üretimi ve değiştirilmesidir. Her nesnenin, aynı temel moleküllerin farklı şekilde dizilmesi ile oluştuğu temel kavramını bilmek, sıfırdan istediğimiz herhangi bir nesneyi, istediğimiz molekülleri bir araya getirerek oluşturabileceğimiz anlamına gelmektedir. Nitekim nanoteknoloji kullanılarak yapılan ilk denemelerde ise IVM üretilmiştir (Bhat ve Bhat 2011a).

Tüm bu teknolojiler, hayvanları kesmeden gerçek et üretiminin çeşitli yollarını ortaya koymakta, ticari ve teknolojik olarak geliştirilmeye devam edilmektedir. Önemli olan, bu teknolojilerden henüz yararlanamayız düşüncesi ile bu tarz üretimi sonlandırmak yerine teknolojinin gelişimini destekleyip desteklemememiz gerektiğine karar vermektir (Hopkins ve Dacey 2008).

### In vitro et üretiminin avantajları

IVM, et tüketen insanların tüm beslenme ve duyuşal ihtiyaçlarını karşıladığı gibi hayvanların tüketim amaçlı kesilmesini önleme potansiyeline sahiptir (Hopkins ve Dacey 2008). IVM üretimiyle kültür ortamı bileşiminde lezzet, yağ asidi bileşimi ve doymuş-doymamış yağ içeriği oranları manipüle edilerek et bileşimi ve kalitesi üzerinde daha iyi kontrol sağlanmaktadır (Bhat ve Bhat 2011b). Ayrıca, bazı vitaminlerin kültür ortamına eklenmesi ile IVM'nin sağlık üzerine olumlu etkileri artırılabilir (Bhat ve ark 2017).

IVM ile hayvanların acı çekmesi önlenemediği gibi et üretiminde kullanılan hayvan sayısında da azaltma olması muhtemeldir (Zhang ve ark 2020). Teorik olarak, tek bir çiftlik hayvanı bütün dünyanın et tedarikini sağlamak için kullanılabilir (Bhat ve Bhat 2011a, Bhat ve Bhat 2011b). On kök hücre iki ay boyunca sürekli olarak bölünür ve farklılaşırsa, 50.000

ton et üretilebilir (Bartholet 2011). Ayrıca, et kontaminasyonu ve gıda kaynaklı hastalıkların görülme insidansı önemli ölçüde azaltılabilir. Bununla birlikte pestisit, arsenik, dioksin ve geleneksel et üretimi ile ilişkili hormonlara maruz kalma riskleri de önemli ölçüde azaltılabilir (Bhat ve Bhat 2011a, Bhat ve Bhat 2011b, Bhat ve Bhat 2011c).

Geleneksel et üretim sistemlerinde bir hayvana verilen yemin yaklaşık %75-95'i metabolizma, iskelet ve nörolojik dokular gibi yenmeyen yapıların gelişimi ve devamlılığı için kullanılır. IVM üretiminde kemikler, solunum, sindirim, sinir, hareket, üreme sistemleri ve gerekli diğer destekleyici dokular ile biyolojik yapılar üretilmez. Dolayısıyla besinler sadece kas dokularının gelişiminde kullanıldığından çok düşük enerjiyle oldukça hızlı bir şekilde et üretimi gerçekleştirilir (Alexander 2011). Ayrıca IVM üretimi ile zamandan da etkin şekilde yararlanmak mümkündür. Geleneksel yöntemlerle etin üretilebilmesi için aylar (tavuklar için) veya yıllar (domuzlar ve sığırlar için) gerekirken, IVM üretiminde bu süre birkaç haftadır.

IVM, kaynak kullanımında azalma ve uygun ekolojik ayak izi gibi başka birçok faydaya da sahiptir. IVM üretiminde tesisler dikey olarak inşa edileceğinden arazi kullanımı önemli ölçüde azalacaktır. Arazi kullanımındaki bu önemli azalma, bu arazilerin ağaçlandırma dahil olmak üzere diğer tehlike altındaki türlerin kurtarılmasına yardımcı olabilecek şekilde kullanılabilir. Ayrıca üreticiler, üretim merkezlerini nakliye maliyetlerini azaltacak şekilde tüketim merkezlerinin yakınlıklarına kurabilirler (Datar ve Betti 2010). Et üretimi için çiftlik hayvanlarının yetiştirilmesinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarını IVM üretimi ile %90'a kadar azaltması mümkün olduğundan karbon ayak izi azaltılabilmektedir (Zhang ve ark 2020). Ayrıca et üretmek için kullanılan toprak ve su kaynaklarının da %80'e kadar azaltılabilmesi mümkündür (Schneider 2013).

### In vitro et üretiminin dezavantajları

Hayvan refahı ve çevre sorunlarını ortadan kaldırması nedeniyle IVM'nin birçok savunucusu olduğu gibi eleştirenler ve şüpheli yaklaşanlarda vardır. IVM'nin tüketiciler tarafından kabulü ile ilgili karşılaşılan ciddi zorluklardan biri, doğal yollarla elde ediliyor olmamasıdır (Welin 2013). Bazı tüketiciler IVM'nin gerçek bir et preparatı değil de suni-sahte olduğunu düşünmektedirler. Nitekim Almanya'da 713 katılımcı ile gerçekleştirilen bir anket çalışmasında buna benzer bir sonuç çıkmıştır (Weinrich ve ark 2020). İtalya'da 525 kişinin katılımı ile gerçekleştirilen bir çalışmada da, katılımcıların %46'sı IVM'yi tüketme konusunda isteksiz olduklarını bildirmişlerdir (Mancini ve Antoniolini, 2019). Başka bir grup tüketici ise insanların da kas dokularının kültürlemesi ile tüketilebilecek insan eti üretiminin mümkün olacağını ve bu durumun kanibalizm ile sonuçlanabileceğini söyleyerek endişelerini dile getirmişlerdir (Hopkins ve Dacey 2008). IVM ile gele-



neksel et üretiminin karşılaştırıldığı bir çalışmada, Çin, Etiyopya ve Hollandalı katılımcılar geleneksel et üretiminin, et kavramının temelini oluşturduğunu bildirmiştir (Bekker ve ark 2017). Her ne kadar iyi bir ekolojik ayak izi ve sürdürülebilir hastalısız et üretiminin mümkün olduğu düşünülse, IVM'nin tamamen farklı bir risk profiline sahip olabileceği, eklenen substratların, kültür ortamının ve diğer bileşenlerin güvenliğine çok dikkat edilmesi gerektiği bildirilmiştir (Bhat ve Bhat 2011a).

IVM üretim sistemi ile ilgili bir başka sorun da insanları doğadan ve hayvanlardan uzaklaştırılmasıyla birlikte hayvancılık temelli tarımı olumsuz etkilemesidir. Böylece, geleneksel yöntemlerle et üretiminin yapıldığı ve geçim kaynağı olarak tarım ve hayvancılığın önemli yere sahip olduğu ülkelerin ekonomileri olumsuz etkilenebilecektir.

### *In vitro et üretiminde ticarileşme*

2011 yılında in vitro deri ve et üretmek için Modern Meadow (Nutley, NJ, ABD) adlı bir şirket kurulmuştur. 2015 yılında şirket, ekonomik nedenlerle et üretimini durdurmuştur (Zhang 2017).

2013 yılında üretilen dünyanın ilk IVM burgeri (142 gr) 330.000 \$'a mal olmuştur. Bu tarihten sonra yapılan çalışmalar maliyeti düşürmeyi de amaçlamıştır. Nitekim 2015 yılında yapılan bir çalışmada, laboratuvar ortamında üretilen IVM ile yapılan hamburger fiyatının kilogram başına 330.000 \$'dan 11.36 \$'a düştüğü bildirilmiştir. Geleneksel yöntemlerle üretilen etlerdeki mevcut fiyatlar ise, kilogram başına kıymada 6, kemiksiz sığır eti 9-10 ve bütün tavuk 2.6 \$'dır (Gaydhane ve ark 2018). Kısa süre içerisinde fiyatların bu denli düşmesi IVM'nin ticarileştirilmesi adına gayet olumlu karşılanmıştır. Mosa Meat Başkanının BBC News'e yaptığı değerlendirmede, IVM'nin fiyatının geleneksel et fiyatlarına benzer oranlarda olması durumunda, tüketicilerin bu etleri etik nedenlerle satın almamasının önüne geçilebileceğini bildirmiştir (Gaydhane ve ark 2018).

Memphis Meat (San Francisco, California), Super Meat (İsrail) ve Mosa Meat (Hollanda) gibi firmaların başlatmış olduğu küçük ölçekli üretimlerin önümüzdeki yıllarda güvenilir IVM'nin toplumun tüketimine sunulmasına önemli katkıları olacağı düşünülmektedir (Gaydhane ve ark 2018).

### **Öneriler**

Geleneksel et üretim yöntemleri hayvan refahı sorunları, bulaşıcı hayvan hastalıkları riski, gıda kaynaklı hastalıklar, kaynakların kullanımı, erozyon, habitat ve biyolojik çeşitlilik kaybı ve çevre kirliliği gibi birçok problemi beraberinde getirmektedir. Geleneksel et üretiminin sağlık ve çevre üzerindeki bu büyük olumsuz etkileri nedeniyle, IVM, tüketici direncinin aşılabileceği koşullarla, geleneksel et üretimine

alternatif olarak büyük önem taşımaktadır. Sürekli artan et talepleri ve mevcut geleneksel yöntemlerle daralan kaynaklar da sürdürülebilir ve çevresel olarak faydalı üretim sistemlerini desteklemektedir. IVM sağlık ve çevre açısından birçok faydaya sahiptir. Ayrıca kimyasal ve mikrobiyolojik bakımdan güvenilir et kaynağı olması beklenmektedir. Biyoloji ve teknoloji konusunda henüz önemli eksiklikleri bulunan IVM'nin mevcut et ürünleri ile rekabetçi bir ürün üretebilmek için uygun maliyette olması ve uygulanabilir bir sistemin kurulması üzerine daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. IVM'nin çözülmesi gereken başlıca sorunu, bu ete tüketicinin vereceği tepkinin özellikle taze et olarak tüketimi konusunda çok önemli olmasına karşın, IVM kullanılarak üretilmiş et ürünlerinin yakın bir zamanda market raflarına yerleşmesi kaçınılmaz görünmektedir.

### **Çıkar Çatışması**

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması veya finansal destek bildirmemiştir.

### **Finansal Kaynak**

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

### **Kaynaklar**

- Alexander RJ, 2011. In vitro meat: A Vehicle for the ethical rescaling of the factory farming industry and in vivo testing or an intractable enterprise? *Intersect*, 4, 42-47.
- Bartholet J, 2011. Inside the meat lab. *Sci Am*, 304(6), 46-51.
- Bekker GA, Tobi H, Fischer ARH, 2017. Meet Meat: An Exploratory Study on Meat and Cultured Meat as Seen by Chinese, Ethiopians and Dutch. *Appetite* 114, 82-92.
- Benjaminson MA, Gilchrist JA, Lorenz M, 2002. In vitro edible muscle protein production system (MPPS): Stage 1. *Fish. Acta Astronaut*, 51(12), 879-89.
- Bhat ZF, Bhat HF, 2011a. Animal-free meat biofabrication. *Am J Food Technol*, 6(6), 441-59.
- Bhat ZF, Bhat HF, 2011b. Tissue engineered meat-future meat. *J Stored Prod Postharvest Res*, 2(1), 1-10.
- Bhat ZF, Bhat HF, 2011c. Prospectus of cultured meat - Advancing meat alternatives. *J Food Sci Technol*, 48(2), 125-40.
- Bhat, ZF, Kumar S, Bhat HF, 2017. In vitro meat: A future animal-free harvest. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 57(4), 782-89.
- Boland T, Mironov M, Gutowska A, Roth EA, et al., 2003. Cell and organ printing 2: Fusion of cell aggregates in three-dimensional gels. *Anat Rec A Discov Mol Cell Evol Biol*,



- 272(2), 497–502.
- Bonny SPF, Graham EG, David W, Hocquette JF, 2015. What is artificial meat and what does it mean for the future of the meat industry? *JIA*, 14(2), 255–63.
- Campion DR, 1984. The muscle satellite cell: A review. *Int Rev Cytol*, 87, 225–51.
- Choi KH, Yoon JW, Kim M, Lee HJ, et al., 2021. Muscle stem cell isolation and in vitro culture for meat production: A methodological review. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, 20(1), 429–57.
- Datar I, Betti M, 2010. Possibilities for an in vitro meat production system. *Innov Food Sci Emerg*, 11(1), 13–22.
- Dennis RG, Kosnik PE, 2000. Excitability and isometric contractile properties of mammalian skeletal muscle constructs engineered in vitro. *In Vitro Cell Dev Biol Anim*, 36(5), 327–35.
- Dennis RG, Kosnik PE, Gilbert ME, Foulkner JA, 2001. Excitability and contractility of skeletal muscle engineered from primary cultures and cell lines. *Am J Physiol Cell Physiol*, 280, 288–95.
- Dick A, Bhandari B, Prakash S, 2019. 3D printing of meat. *Meat Sci*, 153, 35–44.
- Dumont B, Fortun-Lamothe L, Jouven M, Thomas M, et al., 2013. Prospects from agroecology and industrial ecology for animal production in the 21st century. *Animal*, 7(6), 1028–43.
- FAO 2009. The State Of Food And Agriculture. Rome, Italy. <http://www.fao.org/catalog/inter-e.htm>, Erişim tarihi 18.03.2020.
- Gaydhane MK, Mahanta U, Sharma CS, Khandelwal M, et al., 2018. Cultured meat: State of the art and future. *Biomanufacturing Reviews*, 3(1), 1–10.
- Grunert KG, Bredahl L, Brunso K, 2004. Consumer perception of meat quality and implications for product development in the meat sector - A review. *Meat Sci*, 66(2), 259–72.
- Haahsman HP, Hellingwerf KJ, Roelen BAJ, 2009. Faculty of Veterinary Medicine Haagsman HP, Hellingwerf KJ, and Roelen BAJ, (2009). Production of Animal Proteins by Cell Systems. Desk Study on Cultured Meat (“Kweekvlees”). Utrecht. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/4584476>.
- Hill M, Wernig A, Goldspink G, 2003. Muscle satellite (stem) cell activation during local tissue injury and repair.” *J Anat*, 203, 89–99.
- Hopkins PD, Dacey A, 2008. Vegetarian meat: Could technology save animals and satisfy meat eaters?” *J Agric Environ Ethics*, 21, 579–96.
- Kosnik PE, John AF, Robert GD, 2001. Functional development of engineered skeletal muscle from adult and neonatal rats. *Tissue Eng*, 7(5), 573–84.
- Le-Grand F, Rudnicki MA, 2007. Skeletal muscle satellite cells and adult myogenesis. *Curr Opin Cell Biol* 19(6): 628–33.
- Mancini MC, Antoniolini F, 2019. Exploring consumers' attitude towards cultured meat in Italy. *Meat Sci*, 150, 101–10
- Malzener L, Verzijden KE, Buijs AJ, Post MJ, et al., 2021. Cultured beef: from small biopsy to substantial quantity. *J Sci Food Agric*, 101(1), 7–14.
- Mironov V, Boland T, Trusk T, Forgacs G, vd., 2003. Organ printing: Computer-aided jet-based 3D tissue engineering. *Trends in Biotechnol*, 21(4), 157–61.
- Mol A, Driessen NJB, Rutten MCM, Hoerstrup SP, et al., 2005. Tissue engineering of human heart valve leaflets: A novel bioreactor for a strain-based conditioning approach. *Ann Biomed Eng*, 33(12), 1778–88.
- O'Neill EN, Cosenza ZA, Baar K, Block DE, 2021. Considerations for the development of cost-effective cell culture media for cultivated meat production. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, 20(1), 686–709.
- Ong S, Choudhury D, Naing MW, 2020. Cell-based meat: Current ambiguities with nomenclature. *Trends in Food Science & Technology*, 102, 223–31.
- Polkinghorne R, Thompson JM, Watson R, Gee A, et al., 2008. Evolution of the meat standards australia (MSA) beef grading system. *Aust J Exp Agric* 48, 1351–59.
- Post MJ, 2012. Cultured meat from stem cells: Challenges and prospects. *Meat Sci*, 92(3), 297–301.
- Ramachandraiah K, 2021. Potential development of sustainable 3D-printed meat analogues: a review. *Sustainability*, 13, 938.
- Schneider Z, 2013. In vitro meat: Space travel, cannibalism, and federal regulation. *Hous L Rev* 50(3), 4067. <https://houstonlawreview.org/article/4067-in-vitro-meat-space-travel-cannibalism-and-federal-regulation>.
- van der Spiegel M, Noordam MY, van der Fels-Klerx HJ, 2013. Safety of novel protein sources (insects, microalgae, seaweed, duckweed, and rapeseed) and legislative aspects for their application in food and feed production. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, 12(6), 662–78.
- Vandenburgh H, Shansky J, Benesch-Lee F, Barbata V, et al., 2008. Drug-screening platform based on the contractility of tissue-engineered muscle. *Muscle Nerve*, 37(4), 438–47. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18236465>.
- Vinnari M, Tapio P, 2009. Future images of meat consumption in 2030. *Futures*, 41(5), 269–78.
- Weinrich R, Strack M, Neugebauer F, 2020. Consumer Acceptance of Cultured Meat in Germany. *Meat Sci* 162,107924.
- Welin S. 2013. Introducing the New Meat. *Problems and Prospects. Etik i Praksis NR 7(1)*, 24–37.
- Zhang S, 2017. Modern meadow grows leather in a lab without cows. <https://www.theatlantic.com/science/archive/2017/09/modern-meadow-lab-grown-leather/540285/>, Erişim tarihi: 04.04.2020.
- Zhang G, Zhao X, Li X, Du G, et al., 2020. Challenges and possibilities for bio-manufacturing cultured meat. *Trends in Food Science & Techno*, 97, 443–50.

#### Yazar Katkıları

Motivasyon / Konsept: Ahmet Güner  
Tasarım: Yasin Akkemik, Ahmet Güner  
Kontrol / Gözetim: Yasin Akkemik, Ahmet Güner  
Veri Toplanması ve / veya İşlenmesi: Yasin Akkemik, Ahmet Güner





Analiz ve / veya yorum: Yasin Akkemik, Ahmet Güner  
Literatür Taraması: Yasin Akkemik, Ahmet Güner  
Makalenin Yazımı: Yasin Akkemik, Ahmet Güner  
Eleştirel İnceleme: Yasin Akkemik, Ahmet Güner

### Etik Onay

Bu makaledeki sunulan verilerin, bilgilerin ve dokümanların akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde edildiği, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçlarının bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunulduğuna dair yazarlardan etik beyan alınmıştır.

**CITE THIS ARTICLE:** Akkemik Y, Güner A, 2021. *In vitro et (kültür et) üretimi.*  
*Eurasian J Vet Sci*, 37, 3, 217-224

