



ISSN: 2757-6817

Unika Sağlık Bilimleri Dergisi
Unika Journal of Health Sciences



Derleme/ReviewArticle

Hücrel Tarım ve Hücre Bazlı Gıdaların Kullanımı

Cellular Agriculture and The Use of Cell Based Foods

Hüseyin Avni KIRMACI¹, Emre AKMANOĞLU²

Öz: Hücrel tarım, yakın gelecekte ciddi çevre, sürdürülebilirlik, küresel halk sağlığı ve hayvan refahı endişelerini azaltmak için potansiyel bir çözüm olarak kabul edilen küresel gıda endüstrisi için çığır açan bir teknoloji olarak ortaya çıkmıştır. Günümüzde insan nüfusunun hızla artması birtakım problemleri de beraberinde getirmektedir. İnsanlar yaşam boyu beslenme ihtiyaçlarını karşılamalı ve nüfusla orantılı bir gıda tedariki sağlamalıdır. Gün geçtikçe insan nüfusunun artacağı ve buna paralel olarak beslenme ihtiyacının da artacağı öngörülmektedir. Bu duruma çözüm olarak hücrel tarımın alternatif olacağı düşünülmektedir. Bu doğrultuda, sürdürülebilir beslenme gereksinimi ve gerekliliğini ortaya çıkarmak için nitel veri toplama yöntemlerinden arşiv-belge tarama ve literatür tarama yöntemleri kullanılmıştır. Elde edilen bulgular araştırmacılar tarafından betimsel analiz ile yorumlanmış ve daha sonra önerilerde bulunulmuştur. Buna göre hücrel tarım, sürdürülebilir bir gıda kaynağı oluşturmaktadır. Aynı zamanda hücrel tarımın neden olduğu çevresel zararın geleneksel üretime göre daha az olduğu sonucuna varılmış ve bu doğrultuda yasalarla desteklenerek hızla hayatın bir parçası haline getirilmesi gerektiği bildirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hücrel tarım, Hücre bazlı gıdalar, Çevre sağlığı.

Abstract: Cellular agriculture has emerged as a groundbreaking technology for the global food industry, which has been recognized as a potential solution to alleviate serious environmental, sustainability, global public health and animal welfare concerns in the near future. Today, the rapid increase in the human population brings with it a number of problems. People must meet their lifetime nutritional needs and ensure a food supply commensurate with the population. It is predicted that the human population will increase day by day and the need for nutrition will increase in parallel. As a solution to this situation, cellular agriculture is thought to be an alternative. In this direction, archive-document scanning and literature review methods, which are among the qualitative data collection methods, were used to reveal the need and necessity of sustainable nutrition. The findings were interpreted by the researchers with descriptive analysis and then suggestions were made. Accordingly, cellular agriculture creates a sustainable food source. At the same time, it was concluded that the environmental damage caused by cellular agriculture is less than traditional production, and it has been reported that it should be quickly made a part of life by being supported by laws.

Keywords: Cellular agriculture, Cell based foods, Environmental health.

¹Sorumlu yazar: Doç. Dr. Karabük Üniversitesi, Safranbolu Turizm Fakültesi, avnikirmaci@karabuk.edu.tr ORCID: 0001-8164-0920
Assoc. Prof. Dr. Karabük University, Faculty of Safranbolu Tourism.

² Öğrenci, Karabük Üniversitesi, Safranbolu Turizm Fakültesi, eemre.akmanoglu@gmail.com, ORCID:0000-0003-2224-0980
Student, Karabük University, Graduate Education Institute.

Giriş

Dünya nüfusunun hızla artışı besin talebini de doğrudan etkileyerek ciddi bir problem oluşturmaya başlamıştır. Bireylerin beslenme amacıyla yapmış oldukları faaliyetler çevreye, hayvanlara ve hatta kendi sağlıklarına olumsuz yönde etkide bulunabilmektedir. Bu bağlamda ortaya çıkabilecek olan bu olumsuz sonuçların çözümünde hücresel tarımın bir alternatif oluşturabileceği düşünülmektedir. Hücresel tarım, sera gazı emisyonu oluşturma bakımından sığır eti üretiminde %96, süt ürünleri üretiminde %65, kümes hayvanı eti üretiminde %74, domuz eti üretiminde %85, deniz ürünleri üretiminde %59 ve genel olarak %76 daha az sera gazı emisyonu üretebilir (Gasteratos, 2019). Hücresel tarım, tarımsal ürünlerin bitkilerden veya hayvanlardan ziyade bunların hücre kültürlerinden üretilmesi olarak tanımlanmaktadır (Rubio, Datar, Stachura, Kaplan ve Krueger, 2019). Et, süt ürünleri ve deri gibi ürünlerin üretimi için 9000 yılı aşkın süredir dünya çapında yaygın bir şekilde hayvan yetiştiriciliği yapılmaktadır. Hayvansal ürünler, birçok nesil boyunca toplum için inanılmaz derecede olumluyken, bugün fabrika çiftçiliğinin artmasıyla yararlı olmaktan çok yıkıcı olmaktadır (Gasteratos, 2019). Tüm gıda sistemleri gibi hücresel tarımında halk sağlığına etkileri mevcuttur. Geleneksel hayvancılıkta antibiyotik kullanımının artması gıda ürünlerindeki antibiyotik kalıntıları ve ilaca dirençli bakteri tehdidi konusunda endişelere yol açmaktadır (Sneeringer, MacFobald, Key, McBride ve Mathews, 2015). Hücresel tarım, herhangi bir antibiyotik kullanımını gerektirmediğinden antibiyotik direnci gibi problemleri de ortadan kaldırmaktadır (Saavoss, 2019). *Salmonella*, *Campylobacter* ve *Escherichia coli* gibi gıda kaynaklı patojenler, ABD'de her yıl milyonlarca insanın hastalanmasına sebep olmaktadır. Gıda kaynaklı patojenlerin en yaygın kaynağı taze ürünler olmakla birlikte, bunun %22'si et ürünlerinden kaynaklanmaktadır (Bonny, Gardner, Pethick ve Hocquette, 2015).

Yukarıda söz edilen problemler bağlamında yapılan bu derleme çalışmasında; gelecekte sürdürülebilir besin kaynağı oluşturması ve çevresel zararları en aza indirmesi açısından hücresel tarımın alternatif bir üretim teknolojisi olması gerekliliği tartışılmıştır.

Hücresel Tarım

Hücresel tarım, hayvan dokusunu doğrudan canlı bir hayvandan ziyade hayvan hücrelerinden elde etmek için hayvan hücresi kültürü teknolojisinin kullanılmasını ifade ettiği gibi yumurta, jelatin veya süt gibi hayvansal ürünlerde proteinleri sentezlemek için maya, bakteri veya mantarların kullanılmasını da ifade etmektedir (Saavoss, 2019). Hücresel tarım, tarımsal ürünlerin - en tipik olarak hayvandan elde edilen tarımsal ürünler - tüm organizma düzeyinde işleyen (tipik olarak çiftlik temelli) süreçlerin aksine, hücresel düzeyde işleyen

süreçler yoluyla üretildiği yeni bir teknolojidir (Stephens vd., 2018). Bir başka deyişle hücre sel tarım, et ve diğer tarım ürünlerinin bir çiftlikte doğrudan çiftlik hayvanlarından elde edilmesi yerine hayvanın vücudunun doğal ortamını taklit edecek bir biyoreaktörde hücrelerden kültürlenmesine (elde edilmesine) izin veren yeni bir teknolojidir. Hücre sel tarım, insanların daha az toprakta daha fazla gıda üretmesine izin verebilecek önemli ve belki de devrim niteliğinde bir teknolojidir (Mattick, 2018).

Tarımsal biyoteknolojik uygulamalar sürdürülebilir besin üretiminde oldukça etkin ve başarılı uygulamalar olmasının yanında, klasik tarım ile başa çıkılamayan sorunların çözümüne de olanak sağlamaktadır. Hayvan hastalıkları, ürün kalitesi, gıda güvenliği ve hijyen gibi problemler hayvansal üretimde en sık karşılaşılan problemlerendir. Besin üretimini arttırmak adına atılan her bir çaba gelecek nesiller için oldukça önemlidir. Hücre sel tarım ve nanoteknolojik uygulamaları içeren biyoteknolojik yaklaşımların üretim sistemindeki bazı problemleri ortadan kaldırdığı çeşitli araştırmalar ile ortaya konmuştur (Demirel, 2020). Gelişmiş ülkelerdeki tüketiciler, çiftlik hayvanlarına yapılan muamelelerden endişe duymaktadır (Latvala vd., 2012). Bazıları sadece çiftlik hayvanlarına yapılan muameleleri değil, aynı zamanda herhangi bir hayvanın insan gıdası üretiminde kullanılmasının etik gerekçesini sorgulamaktadır (Croney, Apley, Capper, Mench ve Priest, 2012). Hücre sel tarım teknolojisi ile üretilen etin farklı biçimleri, bu sorunu farklı şekillerde ele almakta ve bu nedenle, geleneksel ete çok benzeyen ürünleri satın alma fırsatı sunulduğunda tüketiciler tarafından tercih edilebileceği düşünülmektedir (Bonny vd., 2015).

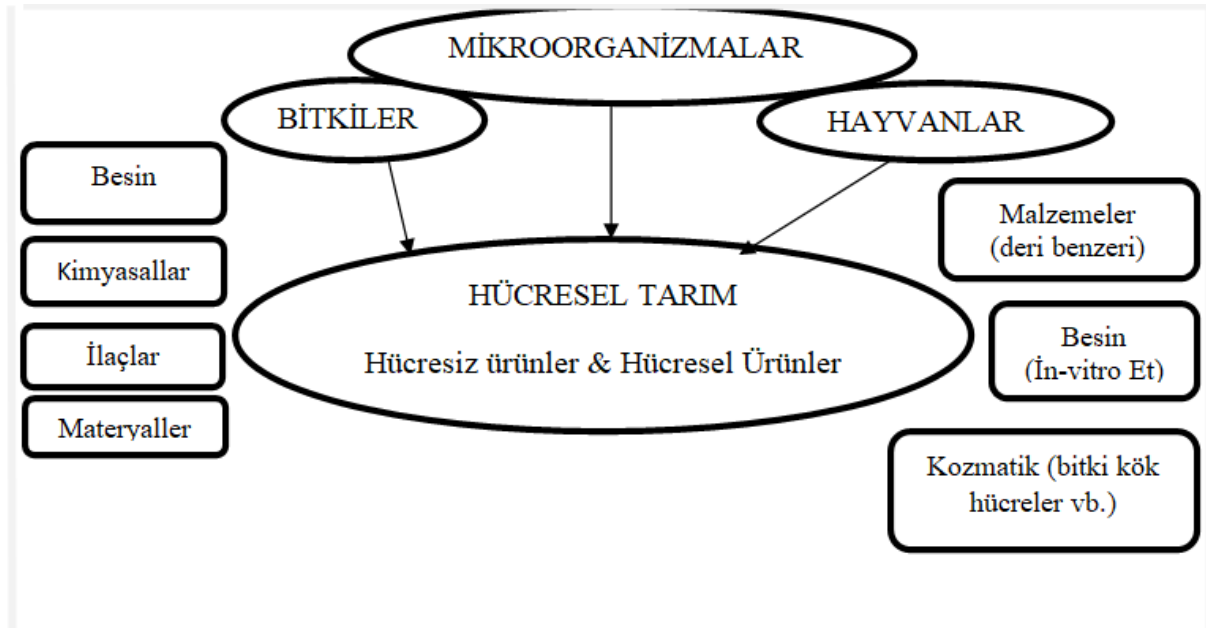
Hücre sel tarımda iki ana teknik uygulanmaktadır. Bunlardan biri hücre bazlı sığır eti, kümes hayvanları ve deniz ürünleri üretmek için doku temelli mühendislik, bir diğeri ise deri, süt ürünleri ve yumurta benzeri ürünler yapmak için protein temelli mühendisliktir. Doku temelli mühendislik yönteminde, hayvanın tüm hücresi kopyalanarak elde edilecek ürün moleküler olarak hayvansal etle aynı forma getirilmektedir. Protein temelli mühendislik yönteminde ise hayvansal ürünlerde doğal olarak oluşan proteinler kopyalanmakta, aynı zamanda bitkisel yağlar gibi bitki bazlı bileşenler nihai ürüne eklenmektedir (Kadim, Mahgoub, Baqir, Faye ve Purchas, 2015; Waschulin ve Specht, 2018).

Süreç, önce bir hayvandan bir kök hücre örneği almayı içerir (bazen kök olmayan hücreler de kullanılabilir). Daha sonra hücreler, hücrelerin büyümesi için yapı sağlayan üç boyutlu bir iskele malzemesine sahip bir biyoreaktöre yerleştirilir. İskele biyolojik olarak parçalanabilir veya nihai ürüne entegre edilebilir. Biyoreaktörde besin açısından zengin bir

ortam mevcuttur ve bu ortam hücrelere tuz, şeker, amino asit ve sinyal proteinleri sağlamaktadır. Sinyalleme proteinleri, hücrelerin çoğalması gibi hücre davranışını; yağ, kas veya bağ dokusu olarak çoğalıp çoğalamadıklarını ve iskeleeye nasıl bağlandıklarını kontrol eder. Biyoreaktör içinde, hücreler tüketime hazır olana kadar birkaç hafta çoğalırlar (Kadim vd., 2015; Specht, Welch, Clayton ve Lagally, 2018). Hücresel tarımda; üretim süreçleri sağlam izleme sistemlerine ve minimum insan etkileşimine sahip olacağından, *Salmonella* veya *E. coli* gibi yaygın patojenlerin gıdalara kontamine olma riski önemli ölçüde azalacaktır. Bugün hayvancılık sektöründe özellikle et ve deniz ürünleri üretiminde hayvanın büyümesini hızlandırmak için kullanılan hormonlara hücresel tarım sisteminde ihtiyaç duyulmamaktadır. Hücresel tarım teknolojisi, hayvansal ürünlere yönelik artan talebi karşılayabilecek ve 2050'ye kadar neredeyse 10 milyar olacak olan dünya nüfusunu besleyebilecek bir teknoloji olarak kabul edilmektedir. Aynı zamanda hücresel tarımın domuz ve kuş gribi gibi zoonotik salgınları da ortadan kaldırılabileceği düşünülmektedir (Gasteratos, 2019). Sektör şu anda birkaç önemli teknolojik engeli ele almaya çalışmaktadır. İlk engel, hücresel tarım için kullanılan biyoreaktörlerin tıbbi uygulamalar için tasarlanmış olmasıdır. Bu nedenle ticari üretim seviyelerine ölçeklenebilen yeni biyoreaktörler geliştirmek için ek araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır (Stephens, Di Silvio, Dunsford, Ellis, Glencross ve Sexton, 2018). Hücresel tarımın hayvan refahı, çevresel sürdürülebilirlik, insan sağlığı gibi bir dizi fayda sağlayabileceği düşünülmektedir. Bu faydaların her biri kişiselden küresele doğru sağlanması akıllıca karar vermeyi gerektirmektedir. Alınan kararlar, hücresel tarımın sunduğu olasılıkların ve zorlukların gerçekçi bir yaklaşımına dayanmalıdır (Mattick, 2018). Hücresel tarım da izlenecek yol Şekil 1'de gösterilmiştir.

Hücre Bazlı Et

Küresel nüfusun 2050 yılında 9-10 milyarda bir platoya ulaşacağı tahmin edilmekte olup, artan nüfusa karşılık olarak kişi başına talebi karşılamak için et endüstrisinin üretimi yaklaşık %50-73 oranında artırması gerekecektir (Bonny vd., 2015). Roser'e göre ise 2050'de dünya nüfusunun 9,7 milyara çıkacağı ve bu da gıda üretiminde en az %70'lik bir artışı öngörmektedir. Sınırlı toprak ve su kaynakları nedeniyle et üretim kapasitesi de sınırlı olacaktır. Hücresel etin, daha az kaynak kullanarak ete yönelik sürekli artan talebi karşılamak için potansiyel bir çözüm olabileceği düşünülmektedir (Ritchie ve Roser, 2018). Hücresel et, bitki bazlı etin aksine hayvan hücrelerinin *in vitro* kültürlenmesiyle üretilen gerçek hayvansal kökenli ettir. *In vitro* kültürlemede hayvan hücreleri besinler ve büyüme faktörlerinin bir karışımı ile beslenmekte ve bu onların çoğalmasına ve son ürüne dönüşmesine neden olmaktadır (Stephens vd., 2018).



Şekil 1. Hücresel Tarımın Şematik Gösterimi (Rischer, Szilvar ve Oksman-Caldentey, 2020).

Tarımsal et üretimi ortaya çıkışından bu yana birçok farklı devrimden geçmiştir, bunların en yenisi 1800'lü yıllardaki sanayi devrimidir. Bir nüfus patlaması ve yeni teknolojilerin ani akışı, tarımın çehresini bugün gördüklerimize dönüştürmüştür (Bonny vd., 2015). Et, insan vücudunun büyümesini ve gelişmesini destekleyen, sağlığı koruyan, birçok bileşeni bir arada barındıran ve yaşam boyu tüketilmesi gereken önemli bir besin kaynağıdır. Ancak son zamanlarda yüksek kardiyovasküler hastalıklar, tip 2 diyabet ve bazı kanserler (kolon kanseri) gibi hastalık riskleri özellikle kırmızı et tüketimi ile ilişkilendirilmiştir. Örneğin kuş gribi veya domuz gribi gibi etle ilgili gıda kaynaklı hastalıkların neden olduğu olumsuz etkiler ve etik sorunlar büyük yankı uyandırmıştır (Wilks ve Phillips, 2017). Yapılan çalışmalar hücresel et üretiminin geleneksel et üretimine kıyasla %45 daha az enerji, %99 daha az arazi, %96 daha az su kullanabileceğini ve %78-96 daha az sera gazı emisyonu yayabileceğini göstermiştir (Tuomisto ve Teixeira, 2011). Hücresel et, üretim yönteminden dolayı aynı zamanda temiz et (Stephens vd., 2018), *in vitro* et (Bhat, Kumar ve Bhat, 2017), hücre bazlı et (Sharma, Thind ve Kaur, 2015), laboratuvarında yetiştirilen et (Hopkins ve Dacey, 2008) veya kültürlü et olarak adlandırılmıştır. Kültürlü etin hayvan çiftçileri üzerindeki etkisine ilişkin endişeler, hücresel eti kısıtlamaya yönelik yapılan çeşitli yasal girişimlerde açıkça görülmektedir (Flynn, 2019). Nitekim hücresel et ve ilgili teknolojiler sonunda hayvancılığın yerini alabilir (Phillips ve Wilks, 2019). Hücresel et teknolojisi, hayvan kesimi ihtiyacını ortadan kaldırmanın yanı sıra, sera gazı emisyonları ve arazi ve su kullanımı açısından çevreye çok daha az zarar verecektir (Tuomisto, 2019). Nitekim bu teknoloji çevre suyu bakımından sığır eti üretiminde %98, süt

ürünleri üretiminde %99,6, kümes hayvanı eti üretiminde %92, domuz eti üretiminde %95, deniz ürünleri üretiminde %86 ve genel olarak %94 daha az su gerektirebilir (Gasteratos, 2019).

Son yıllarda, kültürlü etin tüketici tarafından kabul edilmesine ilişkin araştırmalarda bir artış görülmektedir (Bryant, 2020). Hücresel et teknolojileri, çevresel sürdürülebilirlik, sağlık sorunları ve hayvan refahı dahil olmak üzere tüketicilerin gelişen taleplerini karşılamak için çığır açan teknikler ve teknolojiler kullanılmaktadır (Bonny vd., 2015). Hücresel et üretiminde antibiyotikler kullanılmadığından, hayvansal ürünlerdeki antibiyotiklerin potansiyel olumsuz sağlık etkileri hücresel tarımla ortadan kalkmaktadır. Hücresel tarım, bugün yapıldığı gibi, yemek için yılda bir trilyondan fazla hayvanı öldürme ihtiyacını da ortadan kaldıracaktır. Hücresel tarım, deniz ürünleri için balık tutmaya gerek kalmadan, okyanus ekosistemlerini giderek daha fazla tehdit eden aşırı avlanmayı önleyecektir (Gasteratos, 2019). Hücresel et çeşitleri üç kategoride toplanabilir; 1-Et ikameleri, et alternatifi olarak kullanılan bitki ve mikro-proteinler (Örneğin Quorn ve tofu). 2- *In vitro* doku veya hücre kültürü yoluyla üretilen kültürlenmiş et. 3-Değiştirilmiş et (genetiği değiştirilmiş organizmalardan elde edilen et) (Bonny vd., 2015).

Hücre Bazlı Deniz Ürünleri

Hücre kültürlerinden et, süt, yumurta ve diğer hayvansal proteinler üretmenin bir yolu olarak hücresel tarıma artan ilgiyle ve su ürünleri yetiştiriciliği sistemlerinin hızla yoğunlaşmasıyla, deniz hayvanları olmadan deniz ürünlerinin üretimine ilişkin araştırmalar da artmıştır (Rubio vd., 2019). "Kültürlenmiş", "yetiştirilmiş" veya "laboratuvarında yetiştirilmiş" deniz ürünleri olarak da bilinen hücre bazlı deniz ürünleri, bir balık, yumuşakçalar veya kabuklulardan küçük bir kas hücresi örneği çıkarılarak ve daha sonra bu hücreler bir biyoreaktörde büyütülerek üretilir (Halpern vd., 2021). Hücre kültürlerinden deniz ürünleri üretmek, yeni bir deniz ürünleri üretim yöntemi ve hücresel tarım için ilgi çekici bir fırsat olarak düşünülmektedir (Rubio vd., 2019). Hücre bazlı deniz ürünleri, doğada yakalanmış deniz mahsullerinin yerini alan genişletilmiş pazar payı yoluyla okyanus koruma faydaları arayan birçok yeni şirket ile yeni ortaya çıkan yeni bir besindir (Halpern vd., 2021). Balıkçılık, son 40 yılda stokların %33,1'inin biyolojik sürdürülebilirliğin ötesinde aşırı avlandığı ve bazı popülasyonların azaldığı noktaya kadar gelmiştir (Potter vd., 2020). Önümüzdeki 30 yıl içinde dünyada beklenen 2 milyar daha fazla insanla birlikte, hayvansal proteine ve özellikle balıklara olan talebin artması muhtemeldir (United Nations, 2019). Bununla birlikte, geleneksel av balıkçılığının bu artan talebi karşılayıp karşılayamayacağı veya girdi gereksinimleri göz önüne alındığında, balık çiftçiliğinin ürünleri sürdürülebilir şekilde genişletip genişletemeyeceği

konusunda yüksek belirsizlik vardır. Balık etine yönelik artan talebe yönelik potansiyel bir tamamlayıcı çözüm, hücre bazlı balıkları araştırmak ve aynı eti doğrudan balık hücrelerinden yapmaktır. Genel olarak hücre bazlı et üretimi için 30'dan fazla özel girişimin öncülük ettiği ve en az altı tanesinin özellikle hücre bazlı balık üretimine yönelmiştir (Potter vd., 2020). Ürün civa ve mikroplastikler gibi "temiz" deniz ürünlerini kirlilikten arındırmanın bir yolu olarak pazarlansa da çoğu şirket, özellikle okyanusta aşırı avlanmayı azaltmaya yardımcı olmak için koruma faydası potansiyeline odaklanmıştır (Halpern vd., 2021). Balıkları, kabukluları, yumuşakçaları ve diğer suda yaşayan hayvanları içeren, ancak sürüngenleri, deniz otlarını ve diğer su bitkilerini hariç tutan balık ve deniz ürünleri, halihazırda tüketilen hayvansal protein için küresel talebin %20'sini karşılamaktadır (Potter vd., 2020). Bazı projeksiyonlar, iyileştirilmiş yönetim ve yerinde politikalarla, vahşi balıkçılığın bugün neredeyse %20 daha fazla üretebileceğini öne sürse de tükenen stokların neredeyse tamamının (%98) 2050 yılına kadar küresel olarak toparlanabileceğini, diğer raporların ise av balıkçılığında elde edilen çıktının durgun olduğunu ve artmayacağını göstermektedir (Ahmed, Thompson ve Glaser, 2019; Castello vd., 2016).

Hücre Bazlı Süt Ürünleri

İneklere ihtiyaç duyulmadan üretilen "temiz süt" olasılığı, çeşitli hayır kurumları, şirketler ve bireyler tarafından desteklenmiştir. Hayvan etiği uzmanları, süt ürünleri endüstrisi hakkındaki endişelerini gizlememişlerdir. Bu tür zorluklar, öncelikle hayvanlara verilen zararlarla ilgili endişelerden kaynaklanmaktadır; ancak hayvan severler, çevreciler ve diğerleri de endüstriye çeşitli insan merkezli zorluklar çıkarmaktadır (Milburn, 2018). Hücre bazlı süt ürünleri söz konusu olduğunda, inek sütünde bulunan hayvansal bazlı yağ ve şekerin yerini almak için bitki bazlı yağlar ve şekerler eklenmektedir (Saavoss, 2019). Temiz sütün geniş ölçekte benimsenmesinin insanlar tarafından beslenen ineklerin sayısında bir azalmaya yol açacak olması hem ineklere verilen zararların azaltılması hem de ineklerin olumsuz çevresel etkilerinin azaltılması açısından olumlu etkilerde bulunabilecektir (Milburn, 2018). Hücresel tarım, süt ürünleri üretiminde %97 daha az arazi gerektirebilmektedir (Gasteratos, 2019). California merkezli start-up şirketi Perfect Day, temiz süt geliştirme hedefiyle basından oldukça ilgi görmüş ve hatta yakın gelecekte ticari olarak satışa sunmayı hedeflediği ürünü zaten ürettiğini iddia etmiştir. Perfect Day, kendini kültürlü (temiz) hayvansal ürünlerin üretimine adanmış bir hayır kurumu olan New Harvest'in başkanı Isha Datar ve biyokimyacılar Perumal Gandhi ve Ryan Pandya tarafından kurulmuştur (Milburn, 2018). Süt ürünleri için, bir hücresel tarım sütü analogunun tanıtılması, yağsız süt katkılarına olan talebi azaltabilir, ancak süt yağları

ve tereyağı talebini azaltabilir, çünkü mevcut teknolojiler süt proteinini sentezler ancak süt analogları yapmak için bitki bazlı yağları kullanır. Hücresel endüstrinin yörüngesi belirsizliğini korurken, bunun çevre, hayvan refahı, halk sağlığı ve ayrıca hayvancılık, kümes hayvanları ve süt ürünleri görünümü üzerindeki etkisini izleyen araştırmalar önümüzdeki yıllarda giderek artabilir (Saavoss, 2019). Milburn'e (2018) göre hayvan haklarını savunan kişilerin temiz süte karşı çıkmaları için çok az neden olduğunu ve onu desteklemeleri için pek çok neden olduğunu iddia etmektedir.

Sonuç ve Öneriler

Dünya nüfusu gün geçtikçe artış göstermekte ve insanların bunu göz önünde bulundurarak hayatlarını idame ettirmeleri gerekmektedir. Gerekli besin kaynaklarını tüketirken ne gibi olumsuz etkilerinin olduğunu bilmek ve bu etkilere nasıl bir çözüm üretebileceğini öğrenerek gelecek nesillere daha temiz bir dünya bırakmak mümkün olacaktır. Nitekim Birleşmiş Milletler Dünya Turizm Örgütü, 2017 yılını Sürdürülebilir Turizm Yılı ilan etmiş ve bireylerin kaynakların gelecek kuşakların emaneti olduğunu unutmadan tüketmeleri gerektiği yönünde politikaların gelişmesine katkıda bulunmuştur (Tuna vd., 2020).

Hücresel tarım sürdürülebilirlik için bir yapı taşı oluşturmaktadır. Kültürlenmiş etin çevresel etkileri hakkında geleneksel bilgiler şu şekildedir: Laboratuvarda yetiştirilen et, hayvandan elde edilen ete kıyasla %99'a kadar daha az arazi ve %45 daha az enerji gerektirir ve %96 daha az sera gazı emisyonu üretir (Newkirk, 2017). Bu bağlamda bu çalışmanın amacı yorumlayıcı paradigma ekseninde, nitel veri toplama yöntemlerinden arşiv-doküman tarama ve alanyazın incelemesi yöntemleri kullanılmış. Elde edilen bulgular, araştırmacılar tarafından betimsel analiz yöntemi ile yorumlanmıştır. Sürdürülebilir bir çevre ve gıdaya bir alternatif olarak Hücresel tarımın değerlendirilmesi ve bunun gerekliliği tartışılmıştır. Bu konuda yapılan çalışmalar incelendiğinde hücresel tarımın son yıllarda bilinirliğinin eskiye oranla arttığı ve uygulanmasında sınırlı sayıda ülkenin bulunduğu belirlenmiştir. Yapılan incelemelerin neredeyse tamamında hücresel tarımın çevreye, insanlara ve hayvanlara olan yararından bahsedilmektedir. Çalışmalar kapsamında yeni bir yöntem olarak kabul edilen hücre bazlı ürünlerin gelecekte pazarda yerini alacağı ve 2050 yılına gelindiğinde bu teknolojinin neredeyse 10 milyarlık bir nüfusun ihtiyacını karşılayabilecek bir yöntem olacağı düşünülmektedir. Vegetaryen bireylere hücresel tarımın bir alternatif yaratmakta olduğu kanısına da varılmıştır. Aynı zamanda bu teknoloji ile dışarıdan gelebilecek hayvansal kökenli herhangi bir bulaşıcı hastalık riskinin de ortadan kaldırıldığı görülmektedir. Hücresel tarımın

çevreye vermiş olduğu fayda herhangi bir geleneksel yöntemle yapılan üretimlerden daha fazladır.

Yapılan bu çalışma bağlamında görüldüğü üzere hücresele tarımın çok yönlü yarar sağlayan bir teknoloji olduğu düşünülmektedir. Kişilerin dışarıdan beslenme eğilimi sağlık risklerinden kaynaklı güvenilirlik açısından az olabileceği ön görülmekte nitekim Çin'in Wuhan bölgesinde patlak veren korona virüsünün ilk çıkışının yarasaya kaynaklı olması insanları beslenmede tedirgin hale getirmiş ve bunun bir çözümü olarak da hücresele tarım düşünülebilir bir durum almıştır. Gelecek yıllarda benzer sorunlarla karşılaşılması ve ekosistemin bozulmaması adına hücresele tarımın değerlendirilmesi ve hızlı bir şekilde pazara sunulması gerektiği savunulmaktadır. Ülkemizde ve dünyada hücre bazlı üretimin bilinirliği çok yüksek seviyede değildir. Bunu bir avantaja çevirmek hükümetlerin vereceği kararlara, uzmanlara ve tüketicilere bağlıdır. Nitekim Mattick'e göre hücresele tarım tüm cephelerde olumlu sonuçların gerçekleştirilmesi, teknoloji uzmanlarının, politikacıların ve bireysel tüketicilerin bu teknolojiyi anlamasını ve geliştirilirken akıllıca, iyi bilgilendirilmiş kararlar verilmesini gerektireceğini savunmaktadır (Mattick, 2018). Bu bağlamda;

*Hücresele tarım ile ilgili bilimsel çalışmalar artırılmalı

*Uzmanlar tarafından planlanarak çalışmalar gerçekleştirilmeli

*Uzmanlar tarafından gerekçeleriyle tüketiciye tanıtılmalı

*Hücre bazlı üretim ile ilgili adımlar atılmalı

*Hücre bazlı üretim ile ilgili eğitimler verilmeli

*Yasal kanunlar ile denetlenerek üretim gerçekleştirilmeli

*Hücresele tarım istihdam alanı yaratmış olsa da tarım çalışanlarının işsizlik gibi bir durumu göz önünde bulundurulmalı ve bu yönde çalışmalar gerçekleştirilmeli

*Gastronomik bağlamda pazarlanması uzmanlarca yapılmalıdır.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Yazar Katkıları: Fikir-HAK; Tasarım/ Dizayn: HAK, EA; Denetleme- HAK; Veri toplanması ve/veya işlenmesi-HAK, EA; Analiz ve/veya yorum-HAK, EA; Yazıyı yazan-HAK.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Kaynaklar

- Ahmed, N., Thompson, S., & Glaser, M. (2019). Global aquaculture productivity, environmental sustainability, and climate change adaptability. *Environmental Management*, 63(2), 159-172. <https://doi.org/10.1007/s00267-018-1117-3>
- Bonny, S. P., 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. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60888-1](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60888-1)
- Bhat, Z. F., Kumar, S., & Bhat, H. F. (2017). In vitro meat: A future animal-free harvest. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(4), 782-789. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.924899>
- Bryant, C. J. (2020). Culture, meat, and cultured meat. *Journal of Animal Science*, 98(8), 172. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa172>
- Costello, C., Ovando, D., Clavelle, T., Strauss, C. K., Hilborn, R., Melnychuk, M. C., ... & Leland, A. (2016). Global fishery prospects under contrasting management regimes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(18), 5125-5129. <https://doi.org/10.1073/pnas.1520420113>
- Cronney, 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. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4702>
- Demirel, F. (2020) Bitki ve Hayvan Biyoteknolojisi; Hücresel Tarım ve Nano-Teknoloji. *Journal of Agriculture*, 3(2), 1-9. <https://doi.org/10.46876/ja.822503>
- Flynn, D. (2019). 3 States join contested Missouri ban on using "meat" on cell-cultured product labels. Food Safety News. [https://www.foodsafetynews.com/2019/04/3-states-join-contested-missouri-ban-on-using-meat-on-cell-cultured-product-labels/\[Erişim Tarihi:11.03.2021\]](https://www.foodsafetynews.com/2019/04/3-states-join-contested-missouri-ban-on-using-meat-on-cell-cultured-product-labels/[Erişim Tarihi:11.03.2021]).
- Gasteratos, K. (2019). 90 Reasons to Consider Cellular Agriculture. <http://nrs.harvard.edu/urn-3:HUL.InstRepos:38573490>
- Halpern, B. S., Maier, J., Lahr, H. J., Blasco, G., Costello, C., Cottrell, R. S., ... & Weir, M. J. (2021). The long and narrow path for novel cell-based seafood to reduce fishing pressure for marine ecosystem recovery. *Fish and Fisheries*, 22, 652-664. <https://doi.org/10.1111/faf.12541>
- 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. <https://doi.org/10.1007/s10806-008-9110-0>
- Kadim, I. T., Mahgoub, O., Baqir, S., Faye, B., & Purchas, R. (2015). Cultured meat from muscle stem cells: A review of challenges and prospects. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(2), 222-233. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60881-9](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60881-9)
- Latvala, T., Niva, M., Mäkelä, J., Pouta, E., Heikkilä, J., Kotro, J., & Forsman-Hugg, S. (2012). Diversifying meat consumption patterns: Consumers' self-reported past behaviour and intentions for change. *Meat Science*, 92(1), 71-77. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.04.014>
- Muharrem, T. U. N. A., Kargiglioğlu, Ş., & Ağaoğlu, D. (2020). Tarım Turizminin Sürdürülebilir Kırsal Kalkınma Açısından Önemi: Bodrum Mandalina Bahçeleri Örneği. *Uluslararası Güncel Turizm Araştırmaları Dergisi*, 4(1), 31-47. <https://doi.org/10.30625/ijctr.654430>
- Mattick, C. S. (2018). Cellular agriculture: The coming revolution in food production. *Bulletin of the Atomic Scientists*, 74(1), 32-35. <https://doi.org/10.1080/00963402.2017.1413059>
- Milburn, J. (2018). Death-free dairy? The ethics of clean milk. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 31(2), 261-279. <https://doi.org/10.1007/s10806-018-9723-x>
- Phillips, C. J., & Wilks, M. (2019). Is there a future for cattle farming? In *Environmental, health, and business opportunities in the new meat alternatives market* (pp. 239-259). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-7350-0.ch013>
- Potter, G., Smith, A. S., Vo, N. T., Muster, J., Weston, W., Bertero, A., ... & Rostain, A. (2020). A More Open Approach Is Needed to Develop Cell-Based Fish Technology: It Starts with Zebrafish. *One Earth*, 3(1), 54-64. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.06.005>
- Rischer, H., Szilvay, G. R., & Oksman-Caldentey, K. M. (2020). Cellular agriculture—industrial biotechnology for food and materials. *Current Opinion in Biotechnology*, 61, 128-134. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2019.12.003>
- Ritchie, H., & Roser, M. (2018). Alcohol consumption. *Our world in data*. <https://ourworldindata.org/alcohol-consumption>
- Rubio, N., Datar, I., Stachura, D., Kaplan, D., & Krueger, K. (2019). Cell-based fish: a novel approach to seafood production and an opportunity for cellular agriculture. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3, 43. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2019.00043>
- Saavoss, M. (2019). How Might Cellular Agriculture Impact the Livestock, Dairy, and Poultry Industries? *Choices*, 34(1), 1-6. https://www.choicesmagazine.org/UserFiles/file/cmsarticle_676.pdf

- Sharma, S., Thind, S. S., & Kaur, A. (2015). In vitro meat production system: why and how? *Journal of Food Science and Technology*, 52(12), 7599-7607. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1972-3>
- Sneeringer, S., MacDonald, J. M., Key, N., McBride, W. D., & Mathews, K. (2015). Economics of antibiotic use in US livestock production. *USDA, Economic Research Report*, 200, 100. <https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/45485/err-200.pdf?v=99.7>
- Specht, E. A., Welch, D. R., Clayton, E. M. R., & Lagally, C. D. (2018). Opportunities for applying biomedical production and manufacturing methods to the development of the clean meat industry. *Biochemical Engineering Journal*, 132, 161-168. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2018.01.015>
- Stephens, N., Di Silvio, L., Dunsford, I., Ellis, M., Glencross, A., & Sexton, A. (2018). Bringing cultured meat to market: Technical, socio-political, and regulatory challenges in cellular agriculture. *Trends in Food Science & Technology*, 78, 155-166. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.04.010>
- The Cellular Agriculture Academic Society, (2021). About. <https://www.cellag.org/?p=m1> [Erişim tarihi: 17.03.2021].
- Tuna, M., Kargılioğlu, Ş. & Ağaoğlu D, (2020). Tarım Turizminin Sürdürülebilir Kırsal Kalkınma Açısından Önemi: Bodrum Mandalina Bahçeleri Örneği. *International Journal of Contemporary Tourism Research*, 2020, 31-47. <https://doi.org/10.30625/ijctr.654430>
- Tuomisto, H. L., & Teixeira de Mattos, M. J. (2011). Environmental impacts of cultured meat production. *Environmental Science & Technology*, 45(14), 6117-6123. <https://doi.org/10.1021/es200130u>
- Tuomisto, H. L. (2019). The eco-friendly burger: could cultured meat improve the environmental sustainability of meat products? *EMBO Reports*, 20(1), e47395. <https://doi.org/10.15252/embr.201847395>
- United Nations. (2019). World population prospects 2019: highlights. *Department of Economic and Social Affairs, Population Division*. https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_Highlights.pdf
- Waschulin, V., & Specht, L. (2018). Cellular agriculture: an extension of common production methods for food. *The Good Food Institute, Washington, DC*. <https://gfi.org/images/uploads/2018/03/Cellular-Agriculture-for-Animal-Protein.pdf>
- Wilks, M., & Phillips, C. J. (2017). Attitudes to in vitro meat: A survey of potential consumers in the United States. *PLoS One*, 12(2), e0171904. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171904>