



SÜRDÜRÜLEBİLİR ET ÜRETİMİ İÇİN YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLAR

Kezban Candoğan*, Gizem Özdemir

Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Gölbaşı, Ankara, Türkiye

Geliş / Received: 10.12.2020; Kabul / Accepted: 03.03.2021; Online baskı / Published online: 15.03.2021

Candoğan, K., Özdemir, G. (2021). Sürdürülebilir et üretimi için yenilikçi yaklaşımlar. *GIDA* (2021) 46(2) 408-427 doi: 10.15237/gida. GD20137.

Candoğan, K., Özdemir, G. (2021). Sürdürülebilir et üretimi için yenilikçi yaklaşımlar. GIDA (2021) 46(2) 408-427 doi: 10.15237/gida. GD20137.

ÖZ

Geleneksel et üretiminin iklime, doğaya ve dolayısıyla çevreye olan olumsuz etkisi, et ürünlerine olan talebin sürdürülebilir boyutlarda karşılanabilmesi için bazı yeşil teknolojiler, yapay et, böcek proteini ve et analogları gibi yenilikçi uygulamaları gündeme getirmiştir. Et endüstrisinde genetik seçilime uğramış, verimi yüksek hayvan üretiminin ve nesnelerin interneti teknolojisi kullanılarak çevrimiçi sürü takibinin yapılabildiği, etkili atık bertarafına sahip akıllı çiftlik tasarımları yaygınlaşmaktadır. Sınırlı kaynakların verimli kullanılması ilkesiyle üretilen hammaddenin çevre dostu yenilikçi işleme ve muhafaza teknolojileriyle et tedarik zincirinde yer alması da çiftlikten çatala sürdürülebilir et teminini sağlayabilecek uygulamalardandır. Geleceğin umut veren gıdası olarak görülen, ancak, sağlık üzerine etkileri yeterince araştırılmamış, yüksek maliyetli yapay etin, alternatif protein kaynağı olarak böceklerin veya et analoglarının tüketiminin yaygınlaştırılması gibi çözüm yollarının ise tüketici kabul edilişli sınırlıdır. Gelecek nesillerin yaşam kalitesinin artırılmasında, güncel araştırmalara konu olan yenilikçi yeşil uygulamaların, ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik ilkeleri göz önünde bulundurularak bütünsel yaklaşımla sektöre kazandırılması sektördeki tüm paydaşların sorumluluğudur.

Anahtar kelimeler: Sürdürülebilir et üretimi, Akıllı çiftlikler, Yenilikçi teknolojiler, Yapay et, Böcek proteini, Et analogları

NOVEL APPROACHES FOR A SUSTAINABLE MEAT PRODUCTION

ABSTRACT

The impact of traditional meat production on the environment has prompted the search for alternative production approaches geared towards sustainable operations. Examples of these novel approaches so-called green technologies include artificial meat, meat analogs, new protein sources like from insects. In the meat sector, smart farms where online herd monitoring is performed using Internet of Things technology are becoming widespread. These farms use genome-wide selection approaches producing high yield animals. To process the raw material produced with these systems using innovative processing and preservation technologies is a promising way to ensure a meat supply in a sustainable framework. Artificial meat, meat analogs and the usage of meat protein alternatives have limited consumer acceptance. These innovative green and sound approaches should be better integrated into the meat sector considering the positive impact on social, economic and sustainability principles. These new opportunities should be embraced by consumers as a good way to improve the

* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author

✉: candoğan@eng.ankara.edu.tr,

☎: (+90) 312 203 33 00

☎: (+90) 312 317 87 11

Kezban Candoğan; ORCID no: 0000-0002-6721-8835

Gizem Özdemir ORCID ID: 0000-0002-1213-8977

quality of life while protecting the environment through sustainable production of meat and meat-like products.

Keywords: Sustainable meat production, Smart farms, Innovative technologies, Artificial meat, Insect protein, Meat analogs

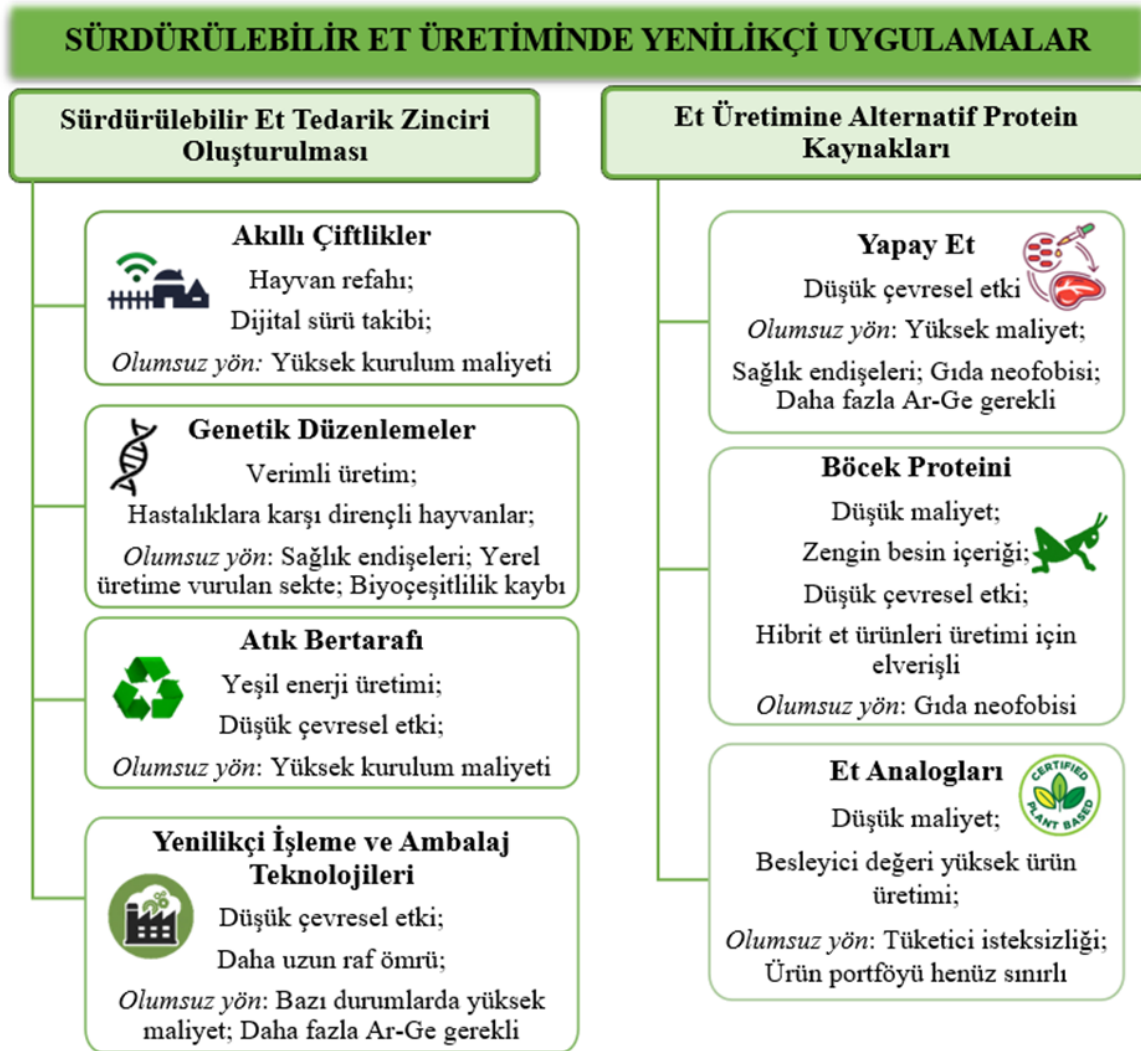
GİRİŞ

Gıda sektöründe küresel açlık, yetersiz beslenme, gıda güvenliği gibi artan dünya nüfusunun getirdiği sorunlara karşı sürdürülebilir çözüm yolları sağlamanın önemi günden güne artmaktadır. “Günümüzün kaynaklarını kullanarak hayata devam ederken gelecek nesillerin de bu konuda aynı olanaklara sahip olabilmeye yeteneğini koruyabilmek” şeklinde tanımlanan sürdürülebilirlik kavramı 1987 yılında Birleşmiş Milletler Genel Kurulu’na sunulan “Ortak Geleceğimiz” isimli raporla hayatımıza girmiştir (Anonymous, 1987). Çevresel, toplumsal ve ekonomik faktörlerin dengelendiği bir gelecek için gerekli olan sürdürülebilirlik, üreticilerin, bu konuda oluşturulan yasal zorunluluklara uyma gerekliliği, müşteri ve yatırımcı taleplerini karşılayabilme, kamuoyu güvenini sağlayabilmeleri ve çevrenin korunabilmesi konusundaki endişeleri giderme gerekliliğinden dolayı daha da fazla önem kazanmıştır (Gedik, 2020).

Yapılan araştırmalara göre gıda ürünlerine yönelik küresel talebin, 2012 ile 2050 yılları arasında %35-50 oranında artacağı tahmin edilmektedir (FAO, 2019). Bu talebi karşılamak için bilinçsizce atılan adımlar doğal kaynakları tüketirken, iklim değişikliği, su kirliliği, biyolojik çeşitlilik kaybı gibi olumsuz çevresel etkiler ortaya çıkarmaktadır. Hayvancılık sektörü de küresel çapta et tüketiminde görülen kaçınılmaz artışa paralel olarak tesislerinin ölçeklerini sürekli artırmakta, genellikle sürdürülebilir olmayan koşullar altında üretim yapmakta ve pek çok çevresel soruna neden olmaktadır (OECD-FAO, 2019). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü’nün (FAO), hazırlanmış olduğu rapora göre küresel hayvancılıktan kaynaklanan sera gazı emisyonu miktarı yıllık 7.1 gigaton CO₂ eş değeri ile tüm insan kaynaklı sera gazı emisyonunun %14.5’ini temsil etmektedir (FAO, 2013). Diğer taraftan, küresel tatlı suyun %20’sini kullanan hayvancılık sektörünün üretim faaliyetleri sonucu ortaya çıkan atıkların su kaynaklarına karışması ise su

kirliliğinin başlıca nedenlerinden biridir (Krauß vd., 2016). Verimli tarım arazilerinin tarım yerine büyük ölçekli hayvancılığın kullanımına sunulması nedeniyle et üretimi için kullanılan buzsuz karasal arazi miktarı, küresel karasal arazi miktarının %35’ini kapsamaktadır (FAO, 2019).

Hayvancılık sektörünün neden olduğu çevresel stresin artması, kaynakların verimsiz kullanılması gibi olumsuz etkiler, hayvan refahı konusundaki endişeler, et tüketimi sonucu ortaya çıkan salgın hastalıklar gibi nedenlerden dolayı üreticiler doğa ile daha uyumlu ve sürdürülebilirlik ilkesine uygun şekilde üretim gerçekleştirebilecek yeni uygulamalara yönelmiştir. Bir insanın sağlıklı bir hayat sürdürebilmesi için kilogram başına günlük yaklaşık 1.6 gram olan protein ihtiyacını tükettiği gıdalardan sağlanması gerekmektedir (Schoenfeld ve Aragon, 2018). Bu açıdan tüketicilerin et ve et ürünlerine olan ve gün geçtikçe katlanarak artan talebinin karşılanması için gündemde olan alternatif uygulamalardan akla ilk gelenler yapay et, böcek proteini ve et analogları gibi protein kaynakları ile ikamedir. Ayrıca, çevresel yönden olumsuz imaja sahip geleneksel et üretim yöntemlerinin yerine, hayvan refahı ile uyumlu, minimum olumsuz çevresel etki ilkesine göre işleyen yenilikçi et üretim, işleme ve muhafaza sistemlerinin kullanılmasının da sürdürülebilir et üretimi üzerinde etkin bir rol oynayacağı öngörülmektedir. Bu çalışmada, et sektöründe sürdürülebilir üretim için geleceğe yönelik yenilikçi yeşil çözüm yolları; geleneksel uygulamaların gözden geçirilerek sosyal, çevresel ve ekonomik hedeflerle bütünleştiği sürdürülebilir tedarik zinciri sağlanması için geliştirilen sistemler ve geleneksel ete olan talebin azaltılmasında et alternatifi yenilikçi yaklaşımlar olmak üzere iki başlık altında (Şekil 1), güncel araştırmalara yer verilerek irdelenmiştir.



Şekil 1. Et üretiminde sürdürülebilir, yenilikçi yaklaşımların şematik özeti

SÜRDÜRÜLEBİLİR ET TEDARİK ZİNCİRİNİN OLUŞTURULMASI

Hayvancılık sektöründe gözlenen büyümenin yol açtığı çevresel etkilerin ve hayvan refahı ile ilgili etik endişelerin geçmişten günümüze birincil protein kaynağı olarak benimsenen et ürünlerine yüklediği olumsuz imaj nedeniyle, sürdürülebilir üretimin teminini amaçlayan çözüm yolları ortaya konulmuştur. Ete olan ihtiyacın azaltılabilmesi için protein kaynaklarını çeşitlendirmek, bir başka deyişle alternatif protein kaynakları aramak akla gelen ilk çözüm olsa da yüzyıllardır süregelen insan alışkanlıklarını değiştirmek oldukça zor olacaktır. Bu yüzden araştırmacılar, çevre dostu hayvan yetiştirme sistemleri ve yenilikçi et işleme

teknolojileri ile hayvancılık endüstrisinin neden olduğu sürdürülemez koşulları tersine çevirme fikrini ortaya atmışlardır (Andonovic vd., 2018).

Akıllı Çiftlikler

Akıllı endüstriyel sistemlerin kurulmasına zemin sağlayan endüstri 4.0 devriminin en büyük getirisi olan nesnelerin interneti (Internet of Things: IoT) sayesinde sürdürülebilir koşullar altında, hayvan refahı ilkeleriyle uyumlu üretim yapan, çevreci ve akıllı çiftlik tasarımlarının hayata geçirilmesi mümkün hale gelmiştir. Endüstriyel reformun itici gücü olan IoT teknolojisi temelde, sensörler, kameralar, cep telefonları ve bilgisayarlar gibi teknolojik ürünlerin birbiri ile etkileşime geçerek,

ortak bir hedefe ulaşmak için uyumlu çalışmalarını sağlayan yenilikçi bir teknolojidir (Pan vd., 2016). Binlerce hayvanı bünyesinde barındıran büyük ölçekli çiftliklerde, her hayvanın hareketinin, yem tüketiminin, gebelik sürecinin ve hastalık durumunun tek tek takip edilmesi oldukça zordur. Bu zorluklara karşı getirdiği çözümlere ek olarak, maliyeti düşürüp, kaynakların verimli kullanılmasını sağlayan, dolayısıyla üretimin artırılmasını amaçlayan hassas sürü yönetim sistemlerinin (Precision Livestock Farming) kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Geleneksel çiftliklerde her bir hayvanın düzenli takibinin yapılamamasından dolayı sürüdeki tek bir hayvanda görülen bulaşıcı hastalığın fark edilememesi tüm sürüyü etkilerken, bu sorunun ortaya çıkmasını önlemek için aşırı antibiyotik kullanımına başvurulabilmektedir. Toplum sağlığını riske atan bu uygulamaların yerini alan hassas sürü yönetim sistemleri sayesinde hayvanların yaşadığı ortam, sağlık ve beslenme durumları izlenerek, sürü sağlığının korunması hedeflenir (Zin vd., 2020). Sosyal, ekonomik ve çevresel olarak sürdürülebilir hayvancılığı teşvik eden bu uygulama aynı zamanda, hayvanların bireysel kapasitesinden en yüksek oranda yararlanmak, koruyucu sağlık önlemleri ile ilaç kullanımını en aza indirmek ve hastalık durumunda erken teşhis ile sürüyü korumak gibi amaçlara da hizmet eder (Vranken ve Berckmans, 2017). Bu sistemler, çiftlik içerisine yerleştirilen kameralar, mikrofonlar ve sensörler (3D ivmeölçer, sıcaklık ve nem sensörleri vb.) ile ortam koşullarının izlenebilirliğinin sağlanmasına, hayvanların kulaklarına, boyunlarına ya da ayak bileklerine takılan akıllı bileklikler sayesinde de kas, boyun ve bilek hareketlerinin verilere dönüştürülmesine olanak tanır. Hayvanlar çiftliklerde kurulan baz istasyonlarının alıcı alanlarına her girdiğinde ölçülen veriler IoT teknolojisi kullanılarak kablosuz olarak ana bilgisayara indirilir. Böylece, her hayvandan elde edilen veriler, bulut tabanlı yazılım ortamında sürekli izlenebilir hale gelmektedir (Andonovic vd., 2018). Normal davranış kalıplarını çıkaran bu akıllı bileklikler, normallikten sapma gibi durumlarda ise hemen çiftçiye uyarı mesajı göndererek, çiftçilerin sürülerini uzaktan izleyip

gerektiğinde erken müdahale yöntemlerini kullanmalarını kolaylaştırmaktadır.

Gerçek dünyada hayata geçirilmek istenen bir sistemin, sanal dünyada kopyasını yaratmayı sağlayan dijital ikiz teknolojisi, 2002 yılında Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi'nin (NASA) çalışmaları sonucu ortaya çıkmış, IoT teknolojileri sayesinde de kullanımı yaygınlaşmıştır. Gerçek zamanlı bir simülasyon olarak da tanımlanan dijital ikiz teknolojisi, sonuçları merak edilen bir uygulamanın gerçek hayatta test edilmesinin maliyetli olacağı durumlarda, istenilen analizlerin sanal ortamda oluşturulan dijital ikiz üzerinde uygulanıp sonuçlarının görülebileceği, sanal ortamda testleri tamamlanan ve stabilizasyonu sağlanan uygulamanın daha sonra gerçek dünyaya aktarılacağı bir sistemdir. Bu sistem sayesinde yenilikçi teknolojilerin uygulamaları ve sonuçlarının izlenmesi hızlandırılırken, gerçek hayatta sistemlerin stabilizasyonunun sağlanması için gerekli olan yüksek maliyetli denemeler de ortadan kaldırılmış olacaktır (Fuller vd., 2020). Jo vd. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, çiftliklere yerleştirilen sensörler ve hayvanlara takılan akıllı bileklikler ile toplanan verilerin dijital ortama aktarılmasıyla hayvancılık endüstrisinde dijital ikiz teknolojisinin uygulanabilirliği araştırılmış; bu teknoloji sayesinde gelecekte çiftlikler üzerinde yenilikçi teknolojilerin daha hızlı uygulanabileceği, çiftliklerin izlenebilirliğinin artırılarak hayvan refahı konusundaki endişelerin azaltılabileceği ve yeni teknolojiler denenirken ortaya çıkabilecek ek maliyetin düşürülebileceği belirtilmiştir.

Hollandalı araştırmacılar, çiftliklerin boyutlarının büyütülmesi nedeniyle işgal edilen tarım arazilerini özgür bırakmak, yeni tarım arazileri yaratabilmek için tahrip edilen ormanların ve doğal yaşamın korunmasını sağlamak adına dikey çiftlik fikrini ortaya atmışlardır. Bu çiftlikler teoride neredeyse kendi kendine sürdürülebilir, çok katlı bir yapı bünyesinde binlerce besi hayvanını barındıran ve bu hayvanların hayvan refahı ile tamamen uyumlu bir şekilde stres faktörlerinden uzakta yaşayabilmelerini amaçlayan çiftlikler olarak tasarlanmıştır (Driessen ve Korthals, 2012). Gerçek dünyada ortaya çıkabilecek yüksek

malîyetler ve olumlu sonuç elde edilip edilemeyeceğinin belirsizliği nedeniyle hayata geçirilemeyen bu çiftliklerin, dijital ikiz teknolojisi ile sanal ortamda kurulup, sistem gereklilikleri ve optimizasyonu sağlandıktan sonra gerçek dünyada faaliyete geçirilebileceği öngörülmektedir.

Genetik Düzenlemeler

Et ve et ürünlerine olan talebin karşılanmasında hayvan sayısını artırmak yerine yüksek kesim ağırlığına, maksimum büyüme oranı ve optimum düzeyde karkas bileşimine sahip genetik seçilime uğramış besi hayvanı üretmek, hayvancılık endüstrisinin çevresel etkilerinin azaltılmasında önemli bir rol oynayabilir (Grandin, 2019). Geçmişten günümüze kadar yapılan genetik çalışmalar sonucunda, domuzlarda yavru üretimi %50 oranında artarken, dünyaya gelen yavruların yağsız et miktarlarında yerel ırklara göre %37'lik artış gözlenmiştir. Ayrıca bu hayvanlarda 1 kg yem tüketimi sonucu alınan et verimi geçmiştekine göre iki katına çıkmıştır. Kanatlı üretiminde yapılan yapay seleksiyon ile tavukların 2 kg ağırlığa gelmesi için gereken süre 100 günden 40 güne düşürülmüştür. Seçici üreme sonucu elde edilen tavukların yem tüketim oranları yarıya inerken, göğüs eti miktarları %12'den %20'ye yükselmiş, yılda elde edilen yumurta miktarı da %30 oranında artmıştır. Sığır endüstrisinde ise yapay seleksiyon süt veriminin %67 oranında artmasını sağlamıştır (Tait-Burkard vd., 2020). Yapılan genetik çalışmalar, günümüzde daha az hayvan sayısı ile yüksek verimli üretim yapılabilmesine, genetik seçilime uğramış yüksek verimli hayvanlar kullanılarak yem tüketiminin azaltılabilmesine olanak tanımaktadır. Böylece, çiftliklerin kapasitesinin artırılması nedeniyle artan tarım arazisi kullanımının ve yüksek hayvan sayısı nedeniyle çevreye salınan sera gazı emisyon miktarının azaltılması da mümkün olacaktır. Diğer taraftan, yapay seleksiyonun yerel üretime sekte vurması ve biyoçeşitlilik kaybına neden olması, karşıt gruplar tarafından sürdürülebilirliğe aykırı bir durum olarak değerlendirilmektedir (Tisdell, 2003).

Atık Bertarafı

Güncel teknolojilerle donatılmış modern akıllı çiftliklerin, geleneksel çiftliklere göre artan enerji

ihtiyacının karşılanabilmesi için yenilikçi sürdürülebilir enerji kaynaklarının kullanımını içeren çevre dostu tasarımlar mevcuttur. Hızlı bir büyüme gösteren dünya nüfusuna paralel olarak artan enerji talebini karşılamada yenilenemeyen enerji kaynaklarından olan fosil yakıtlar artık yetersiz kalmaktadır. Bu yakıtların hava kirliliği, küresel ısınma gibi olumsuz çevresel etkilere sahip olmasından dolayı alternatif sürdürülebilir enerji kaynaklarının araştırılması önem kazanmıştır. Çiftliklerde günlük tonlarca üretimi gerçekleştirilen hayvansal atıkların alternatif yenilenebilir bir biyoenerji kaynağı olma potansiyeli mevcuttur. Biyogaz, hayvansal atıklardan anaerobik bir ortamda mikroorganizmaların organik maddeleri parçalaması temeline dayanarak üretilir (Cremiato vd., 2018). Bu işlem sonucunda digestat adı verilen ve organik gübre olarak sera yetiştiriciliğinde kullanım potansiyeline sahip bir katı yan ürün oluşur. Elde edilen biyogaz, çiftliğin üretim yapabilmesi için gerekli olan elektrik enerjisinin temininde kullanılabilir (Khalil vd., 2019). Bunun yanı sıra, et üretimi sonucu oluşan kan, kemikler, traş atıkları, mekanik ayrılmış et gibi atıkların kollajen başta olmak üzere protein hirolizat ve biyoaktif peptitlerin üretiminde değerlendirilmesi de gündemde olan sürdürülebilir üretime katkıda bulunabilecek uygulamalardır (Mora vd., 2014).

Yenilikçi İşleme ve Ambalaj Teknolojileri

Et ve et ürünleri gibi çabuk bozulan gıdalarda, gıda kaynaklı patojenlerin varlığı göz önüne alındığında riskleri etkili bir şekilde azaltmak ve ortaya çıkabilecek gıda israfını önlemek; ayrıca, tüketicinin iyi kalitede, güvenli ve uzun raf ömrüne sahip minimum düzeyde işlenmiş, taze gıda talebini karşılamak amacıyla birtakım yenilikçi işleme ve muhafaza teknolojileri geliştirilmiş ve bunlardan bazıları endüstride kullanılmaya başlamıştır. Yüksek hidrostatik basınç, vurgulu elektrik alan, soğuk plazma, ultrases, radyofrekans, mikrodalga, ohmik ısıtma gibi uygulamalar sürdürülebilir yenilikçi et işleme ve muhafaza teknolojileri olarak öne çıkmaktadır. Bu teknolojiler, ürün kalite özelliklerini koruyarak raf ömrünü uzatmanın yanı sıra, sağladıkları minimum çevresel etki ve düşük enerji sarfıyatı ile

de sürdürülebilirlik açısından tüketici beklentilerini karşılayan gıdaların üretimini gerçekleştirebilmektedir. Et teknolojisinde en fazla uygulama alanı bulan yüksek hidrostatik basınç (HPP), gıda kaynaklı patojenlerin inaktivasyonu için yüksek basınç (100-1000 MPa) uygulamasına dayanan ısı olmayan bir gıda koruma teknolojisidir (Barbosa-Cánovas vd., 2020; Singh vd., 2020). Gıdalarda organoleptik özelliklerde istenmeyen değişikliklere neden olmadan mikroorganizmaları öldürme yetkinliğine sahip olan vurgulu elektrik alan teknolojisi, 2 elektrot arasına yerleştirilen gıdaya kısa süreli, yüksek voltajlı elektrik uygulanması işleminden oluşur. Son yıllarda vurgulu elektrik alan teknolojisinin et ürünlerinde kullanımına dair gerçekleştirilen çalışmalar mevcuttur (Bhat vd., 2019; Dong vd., 2020; Ghosh vd., 2020). Soğuk plazma teknolojisi, et endüstrisini ilgilendiren gıda kaynaklı patojenlere karşı geniş bir aktivite yelpazesine sahip yeni bir uygulama olarak ele alınmaktadır. Bu teknoloji kullandığı reaktif oksijen-nitrojen türleri, ultraviyole (UV) radyasyon ile mikroorganizmaların hücre zarlarında ve DNA yapısında bozulmalara neden olarak mikrobiyal gelişimin kontrol altına alınmasına olanak tanır. Ayrıca, soğuk plazma uygulamasının nitrit içeriği azaltılmış et ürünleri üretimine alternatif olabileceği de bazı çalışmalarda gösterilmiştir (Lee vd., 2017; Jo vd., 2020). Etlerde verim ve su tutma kapasitesini artırmak, tekstürü iyileştirmek amacıyla kullanılabilen ultrases teknolojisi, 20 kHz-100 MHz arasında değişen ses dalgalarının yarattığı kavitasyon nedeniyle mikroorganizmaların hücre duvarlarını parçalayarak inaktive etmektedir (Alarcon-Rojo vd., 2019). Isıl gıda teknolojileri içerisinde yer alan ohmik ısıtma ise gıdanın içerisinden alternatif elektrik akımı geçirilerek ürünün ısıtılması işlemine dayanır (Singh vd., 2020). Bu alternatif yenilikçi teknolojilerin, gıda sektöründe yüksek kalite ve düşük karbon ayak izine sahip “temiz” etiketli gıda ürünlerinin üretimine getirdikleri yenilikçi bakış açısı nedeniyle gelecekte geleneksel gıda işleme teknolojilerinin yerini almaları beklenmektedir.

Et ve et ürünlerinin depolama ve nakliyesinde kolaylık sağlayan ambalajlar, aynı zamanda ürünün

raf ömrünü uzatarak, kalite özelliklerinin korunması, üzerinde yer alan etiket ile tüketiciye bilgi sağlama ve ürüne dikkat çekici bir özellik kazandırarak ticarileşmesini kolaylaştırmak gibi amaçlara hizmet etmektedir. Plastics Europe’un hazırlanmış olduğu rapora göre 2018 yılında Avrupa’da üretilen 62 milyon ton plastiğin %39.9’u ambalaj sektöründe hammadde kaynağı olarak kullanılmıştır (Anonymous, 2019a). Günümüzde sürdürülebilirlik kavramının üretimin her aşamasına entegre edilmesi ile biyolojik olarak bozunamayan, geri dönüşümü oldukça zor ve maliyetli olan fosil bazlı ambalaj atıklarının neden olduğu çevre kirliliğinin önlenmesi zorunlu hale gelmiştir. Uzun raf ömrü ve kullanım kolaylığı sağlayan geliştirilmiş işlevsel özelliklere sahip ambalaj materyallerinin biyolojik olarak parçalanma veya geri dönüşüm kabiliyetine odaklanılmıştır. Bu bağlamda, biyobozunur ya da yenilebilir ambalaj materyallerinin et sektöründe kullanımının yaygınlaştırılması önem arz etmektedir.

ET ÜRETİMİNE ALTERNATİF OLABİLECEK PROTEİN KAYNAKLARI

Hayvansal proteine alternatif olabilecek protein kaynaklarının çeşitlendirilmesi geleneksel et üretimine olan talebi azaltarak, hayvancılık sektörünün neden olduğu olumsuz etkilerin ortadan kaldırılabilmesi için çözüm sunabilir. Bu amaçla, et analogları, yapay et ve böcek proteini gibi alternatif protein kaynakları üzerinde gerçekleştirilen araştırmalar artarak devam etmektedir. Geliştirilen ürünlerin besin değeri ve duyuşal özellikler açısından, geleneksel üretilen etin özelliklerine denk olabilmesi, geleneksel etten alınan hazzı ulaşılması konusunda halen çalışmalar yürütülmektedir.

Yapay Et Üretimi

Geleneksel et üretiminin olumsuz çevresel etkilerinin önüne geçilebilmesi için ortaya çıkan alternatif uygulamalardan biri, hayvan kesimi yapılmadan hücresele tarım yöntemleri ile bir kültür ortamında hayvansal kök hücrelerden üretilen “in vitro et”, “kültür eti” ya da “temiz et” olarak da adlandırılan yapay et üretimidir (Bryant ve Barnett, 2018; Broad, 2020). İlk olarak 2013 yılında, kültür eti kullanılarak üretilen hamburger

köftesi ile tanıtımı yapılan yapay et, hayvancılığın neden olduğu çevresel stresin azaltılabilmesi için umut vadeden bir çözüm olarak doğmuştur (Fernandes vd., 2019).

Yapay et, sıcaklık ve nem kontrollü bir biyoreaktör içerisinde, uygun besiyeri kullanılarak donör hayvanların kas dokusundan elde edilen kök hücrelerin iskele yapı üzerinde geliştirilmesi ilkesine dayanır (Post, 2012; Fernandes vd., 2019; Zhang vd., 2020a). Laboratuvar koşullarında üretimi gerçekleştirilen yapay etin, güvenilir ve sürdürülebilir bir alternatif olarak tüketilebilmesi için geleneksel etin görünüm, koku, doku ve tat gibi özelliklerini taklit edebilmesi gerekmektedir. İskelet kası ve yağ dokusu oluşturmak için gerekli tüm teknolojiler geliştirilmiş olsa da bu zorlu bir süreçtir (Melzener vd., 2020). Günümüzde halen endüstriyel üretimi sağlanamayan yapay etin, kas dokusunun gelişme ortamının çeşitlendirilmesi, üretim koşullarının optimize edilmesi ve tüm sürecin finansal olarak uygulanabilir hale getirilmesi gibi aşması gereken zorluklar mevcuttur (Bonny vd., 2015). Kas hücrelerinin üzerinde çoğalıp, farklılaşabildiği memeli bileşenlerinden oluşan bir yapıya sahip iskeletin, hayvansal bileşenlerden üretilmesinin sürdürülebilirlikle bağdaşmadığını savunan Orellana vd. (2020), ana bileşeni somon jelatini, aljinat ve agaroz olan yenilebilir film yapısında, memeli bileşenlerine bağlı kalmadan sürdürülebilir olarak üretimi mümkün olan yeni bir iskele üretmişlerdir. Acevedo vd. (2018), yapay et üretim süresini kısaltmak için yapmış oldukları çalışmalarda, kas hücrelerinin üzerinde çoğalabildiği yenilebilir film formundaki iskelelerin üretimini sağlayabilecek mikro kalıpları geliştirmişlerdir. Bu mikro kalıplar ile üretilen iskeleler sayesinde, kas hücrelerinin iki katına çıkma süresi 18 saate kadar düşürülmüştür. Bodiou vd. (2020), tıp alanında yaygın olarak kullanılan mikro taşıyıcıları, ilk kez kas kök hücrelerinin gelişimini teşvik edebilecek şekilde modifiye etmişlerdir. Böylece, hücre kültürünün gelişimi hızlandırılarak, yapay et üretim süresinin kısaltılması mümkün olmuştur. Xueliang vd. (2020), üretim aşamasındaki yapay etin gelişimini sağlayacak sıcaklık kontrollü ortam olarak tanımlanan biyoreaktörler üzerinde çalışmışlardır.

Geliştirilen yeni tip air-lift biyoreaktör sayesinde 300 m³lük tek bir reaktör ile 75.000 ailenin et ihtiyacının yapay et ile karşılanabileceği sonucuna varılmıştır. Üretim maliyetlerinin düşürülebilmesi ve yapay ete ulaşılabilirliğin artırılması adına 3D biyoyazıcılar ile yapay et üretimi üzerine de araştırmalar mevcuttur (Dick vd., 2019; Handral vd., 2020). Tüm bu çalışmalar, gelecekte yapay etin sürdürülebilir koşullarda büyük ölçekli endüstriyel üretiminin gerçekleştirilebileceğini göstermektedir.

Yapay etin, sınırlı birkaç örnek dışında henüz ticarileştirilmediği için, çevresel etkileri konusunda belirsizlik taşınmasına rağmen, araştırmacılara göre geleneksel çiftliklerde üretilen etin çevresel etkilerinden daha düşük bir etkiye neden olacağı öngörülmektedir. Tuomisto ve Mattos (2011), büyük ölçekli yapay et üretiminin olası çevresel etkilerini değerlendirmek için gerçekleştirdikleri yaşam döngüsü analizinde (life-cycle assessment: LCA), 1000 kg yapay et üretebilmek için 26.33 gj enerji, 367-521 m³ su, 190-230 m² arazi gerektiğini ve çevreye 1900-2240 kg CO₂ eş değeri sera gazı emisyonunun yayıldığını tespit etmişlerdir. Yapay et üretimi için hesaplanan bu miktarların Avrupa'da geleneksel yolla üretimi gerçekleştirilen etin çevresel etkileri ile kıyaslandığında oldukça düşük olduğu görülmüştür (Tuomisto ve Mattos, 2011). Tuomisto ve Roy (2012)'un yapmış oldukları diğer bir çalışmada ise, Avrupa'da geleneksel yolla üretilen etin yerini yapay et alırsa, sera gazı üretiminin mevcut et üretimine kıyasla %98.8, arazi kullanımının %99.7 ve su kullanımının %94 oranında azalacağı öngörülmüştür.

Olumlu çevresel etkilerinin yanı sıra yapay etin üretimi aşamasındaki koşulların kontrolü sağlanabildiğinden, et bileşiminde bulunan yağ kompozisyonunun düzenlenmesi ve kalitesinin iyileştirilmesi mümkün olacaktır. Böylece, et tüketimi sonucu ortaya çıkması olası kardiyovasküler hastalıkların önüne geçilebilecek, vitaminler gibi sağlık üzerine avantajlı etki sağlayabilecek besin öğelerinin bileşime dahil edilmesi ile fonksiyonel et üretimi gerçekleştirilebilecektir (Korhonen, 2002; Post, 2012). Ayrıca pestisit, arsenik, dioksin gibi toksik

bileşikler, geleneksel et ile ilişkilendirilen hormonlar ve antibiyotiklere maruz kalma riskleri azalacaktır (Bryant ve Barnett, 2018).

Gelecekte endüstriyel boyutlardaki üretiminin kaçınılmaz olacağı düşünülen yapay et konusunda gerçekleştirilen tüketici anket çalışmalarının bazıları Çizelge 1’de verilmiştir. Bu çalışmalarda, yapay et tüketmekten kaçınan bireylerin bu kararı, kişisel kaygıları, doğal olmayan yapı nedeniyle

duyulan sağlık endişeleri, yüksek fiyat, gıda güvenliği, tüketim sırasında beklenen gerçek et tadının sağlanamayacağı gibi konulardaki çekincelerinden dolayı aldıkları görülmüştür. Anket çalışmalarına göre yapay et tüketimi konusunda olumlu görüş bildirenler bu kararı, hayvan refahı, çevresel stresin azaltılabilmesi ve sürdürülebilirliğin gerekliliği konusunda duydukları kaygılardan dolayı aldıklarını belirtmişlerdir (Bryant ve Barnett, 2018).

Çizelge 1. Ülkelere göre yapay et tüketimi konusunda yapılan seçilmiş tüketici anketleri

Ülke / Katılımcı Sayısı	Ankette Yapılan Açıklama	Öne Çıkan Kavramlar		Kaynak
		Olumlu	Olumsuz	
Brezilya / 626 katılımcı	Yapay et konusunda açıklayıcı bir video ile bilgilendirme yapılmıştır.	-Hayvan refahı -Çevrenin korunması	-Satın alınabilirlik -Etik kaygı -Araştırma eksikliği	(Valente vd., 2019)
İtalya / 525 katılımcı	Yapay etin üretim yönteminden bahsedilmiş; yapay et üretiminin daha verimli olduğunu kanıtlamak için bir üniversitenin çalışmasına ait veriler kullanılmış; yapay etin geleneksel etle benzerliğini tanımlamak için “gerçek et” ifadesi kullanılmıştır.	-Hayvan refahı -Gıda güvenliği -Çevrenin korunması -Sürdürülebilirlik	-Lezzet -Besleyicilik -Gıda güvenliği	(Mancini ve Antonioli, 2019)
ABD / 480 katılımcı	Kültür etinin üretim yönteminden, gerçek ete benzer tada ve besleyiciliğe sahip olduğundan bahsedilmiş; “temiz et”, “in vitro et”, “kültür eti” gibi ifadeler kullanılmıştır.	-Lezzet -Güvenlik	-Maliyet	(Bryant ve Dillard, 2019)
Dominik Cumhuriyeti, İspanya / 401 katılımcı	Katılımcılara bilgilendirme yapılmamıştır.	-Çevrenin korunması -Hayvan refahı -Besleyicilik	-Gıda güvenliği -Fiyat -Lezzet	(Gomez-Luciano vd., 2019)
İsviçre / 313 katılımcı	Genetiği değiştirilmiş et/balık, yenilebilir kaplama/filmler, yapay et/süt ve sentetik gıda katkı maddelerinin üretim yöntemleri konularında bilgilendirme yapılmıştır.	- Besleyicilik	-Doğal olmayan yapı	(Egolf vd., 2019)
Almanya / 713 katılımcı	Yapay etin üretim yöntemi anlatılmış; hayvan refahına katkısı ve henüz süper market ya da kasaplarda yer almadığı belirtilmiş; tanımlamalar yapılırken “in vitro et”, “sentetik et” “kültür eti” gibi isimler kullanılmıştır.	-Hayvan refahı -Çevresel etkiler	-Doğal olmayan yapı -Fiyat	(Weinrich vd., 2020)
Çin / 1004 katılımcı	Yapay etin üretiminden, sağlık üzerine faydalarından ve sağlayacağı olumlu çevresel etkilerden bahsedilmiştir.	-Çevrenin korunması -Gıda güvenliği	-Tat -Besleyicilik -Gıda güvenliği -Sağlık	(Zhang vd., 2020b)
Hollanda / 193 katılımcı	Hayvancılık sektörünün neden olduğu olumsuz çevresel etkilerden, yapay etin üretim yönteminden, tüketim için güvenilir, besin değerinin, tadının, kokusunun ve görünüşünün gerçek et ile benzer olduğundan bahsedilmiştir.	-Çevrenin korunması -Hayvan refahı -Lezzet -Gıda güvenliği	-Fiyat -Aşına olmama duygusu	(Rolland vd., 2020)

Böcek Proteinleri

Yaşamın devamlılığı için elzem olan protein kaynaklarına karşı artan talebin sürdürülebilir yollarla karşılanabilmesinde son yıllarda dikkatleri çeken tüketilebilir böcekler alternatif bir çözüm yolu sunmaktadır. Avrupa Gıda Parlamentosu ve Konseyi'nin 2015/2283 sayılı yönetmeliğine göre, 1 Ocak 2018'den itibaren tüketilebilir böcekler bir gıda haline gelmiştir (Ademek vd., 2018). Batı ülkelerinde yaşayan insanlar protein ihtiyaçlarını genellikle hayvansal kökenli gıdalardan karşılama eğilimindeyken, protein kaynağı olarak böcek tüketimini yoksulluk ile ilişkilendirmektedirler (Looy vd., 2014). Tüketilebilir böcekler, az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde hayati bir besin kaynağı olmakla beraber, gıda kültürlerinde de önemli bir yer tutmaktadır (Tang vd., 2019). Entomofaji olarak adlandırılan böcek tüketimi, Kuzey Amerika ve Avrupa'da yeni bir kavram olmasına rağmen, Afrika, Asya ve Güney Amerika gibi bölgelerde yaşayan 2 milyar insan için alışkanlık gösteren bir tüketim türüdür (Venne vd., 2017).

Yüksek protein içeriği ve üretim maliyetlerinin düşüklüğünden dolayı birçok ülkede Çircır (*Acheta domesticus*), bal arısı (*Apis mellifera*), ipek böceği (*Bombyx mori*), tırtıl (*Imbrasia belina*), Afrika hurma kurdu (*Rhynchoporus phoenicis*) ve un kurdu (*Tenebrio molitor*) dahil olmak üzere altı yaygın ticari yenilebilir böcek türünü üretmek için böcek yetiştirme tesisleri kurulmaktadır (Tang vd., 2019). Bu tesislerde üretilen böceklere, fiziksel temizlikten sonra dondurarak kurutma ile ötenazi işlemi uygulanır. Dondurularak kurutulmuş böcekler bu işlemten sonra paketlenir ya da kavurma, öğütme gibi ileri işlemlere de tabii tutulabilir (Venne vd., 2017). Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA), her ne kadar aroma kaybına neden olsa da güvenlik nedeniyle ısıl işlem uygulanmasını önermektedir (Ademek vd., 2018).

Yapılan araştırmalara göre gıda olarak tüketim için uygun olan böceklerin, 100 gramındaki protein oranı %7 ile %48 arasında değişirken, bu oran sığır etinde %19 ile %26 arasındadır. Tüm yaşam evrelerinde zengin bir protein kaynağı olan

böcekler, olgunlaşmamış formları olan pupa ve larva iken zengin aminoasit ve yağ asidi içeriğinden dolayı tercih edilir. Tek bir böcekte var olan ham protein oranı, kuru ağırlık bazında %40-70 arasındadır. Mevcut protein izolösün, lösin, lizin, fenil alanin, treonin, valin, arjinin, histidin ve tirozin gibi elzem amino asitleri yeterli düzeyde içermektedir (Tang vd., 2019). Böcekler erken yaşam evrelerinde yüksek oranda sağlıklı yağ asidi içeriğine sahipken, yetişkinliğe ulaştıklarında bu oran %20'nin altına düşmektedir. Larvalarda doymuş yağ asitleri ve tekli doymamış yağ asitleri genellikle tüm yağların %80'inden fazlasını oluşturmaktadır (Sales-Campos vd., 2013). Sığır etinin yağ kompozisyonu ile karşılaştırıldığında böcekler, kardiyovasküler hastalıkların önüne geçebilmek için umut vadetmektedir. Ayrıca böcekler, gelişme ve sağlık için gerekli olan A, B1, B12, C, D, E, K vitaminlerini sağlayabilecek düzeyde vitamin kaynağı iken, demir, magnezyum, mangan, fosfor, potasyum, selenyum, sodyum ve çinko gibi çeşitli mineraller açısından da oldukça zengindir (Rumpold ve Schluter, 2013; Kouřimská ve Adámková, 2016). Özellikle batı ülkelerinde tüketici kabulü oldukça düşük olan, ambalajlanmış böcekler ve sporcu beslenmesinde kullanılan süt bazlı protein tozlarına içerik olarak iyi bir alternatif sağlayan yağsız böcek tozları süpermarket raflarında yerlerini almıştır (Venne vd., 2017). Yüksek protein içeriğine rağmen böcek tüketimi konusunda oluşan neofobinin nedenlerini açıklayabilmek için yapılan anket çalışmalarına göre katılımcılar, böceklerin tüketime uygun bir gıda olabileceği konusunda duydukları önyargı, hoşnutsuzluk ve isteksizlik nedeniyle bu ürünleri tüketmekten kaçınmaktadırlar (Venne vd., 2017; Orsi vd., 2019; Poortvliet, 2019; Woolf vd., 2019). Formülasyona duyuşal özelliklerde değişikliğe yol açmayacak oranlarda böcek proteinleri dahil edilerek hibrit et ürünleri üretimi de böceklerin alternatif kullanımları içinde yer almaktadır. Bu amaçla farklı oranlarda böcek tozları ilave edilerek üretilen hibrit et ürünlerinin fiziksel, kimyasal ve duyuşal özellikler açısından incelendiği çalışmalar Çizelge 2'de özetlenmiştir.

Çizelge 2. Böcek proteini tüketimi ile ilgili yapılan yenilikçi çalışmalar

Böcek Proteini / Ürün	Formülasyonlar	Bulgular	Kaynak
Un kurdu larvası (<i>Tenebrio molitor</i>) ve ipek böceği pupası (<i>Bombyx mori</i>) unları / Sosis	- Kontrol: %60 yağsız domuz eti, %20 buz, %20 sırt yağı - Böcek unlu emülsiyonlar: Böcek unu ile %10 yağsız domuz eti ikamesi	- Böcek unlarının formülasyona ilave edilmesi ile daha yüksek pH değeri, daha yüksek P, K, Ca, Mg, Zn, Mn ve protein içeriği, daha düşük nem içeriği, daha sert yapı, daha koyu renk oluşumu	(Kim vd., 2016)
İpek böceği pupası (<i>Bombyx mori</i>) tozu / Transglutaminaz (TG) ilaveli et hamuru	- Kontrol: %85 domuz eti, %15 su, %1.5 NaCl ve %1 transglutaminaz - %5, %10 ve %15 ipek böceği pupası ilave edilmiş gruplar	- İpek böceği pupası ilaveli gruplarda daha düşük nem, daha yüksek pH değeri, viskozite, protein ve mineral içeriği, daha koyu renk ve daha sert bir yapı	(Park vd., 2017)
Cırcır böceği (<i>Acheta domestica</i>) unu / Et emülsiyonu	- Kontrol: %60 yağsız domuz eti, %20 sırt yağı, %20 buz, %2 tuz - Böcek unlu emülsiyonlar: Yağsız domuz eti ve/veya sırt yağının %5 ile %10 oranında ikame edilmesi	- %5 ve 10 Cırcır böceği unu ikamesi ile protein içeriği ve sertlik artmış, %10 Cırcır böceği unu ikamesi ile nem içeriği azalmıştır.	(Kim vd., 2017)
Öğütülmüş sarı un kurdu (<i>Tenebrio molitor</i> L.) larvaları / Frankfurter sosis	- Kontrol: %50 domuz jambonu, %25 sırt yağı, %25 buz - Öğütülmüş böcek emülsiyonları: Domuz jambonu ile %5, %10, %15, %20, %25, %30 oranında ikame edilmesi	- Sarı un kurdu ilavesi ile üretilen sosislerde daha düşük emülsiyon stabilitesi, nem ve yağ içeriği; daha yüksek pH değeri, protein ve kül içeriği; daha koyu renk - %15'e kadar sarı un kurdu ilavesinin ürün yapısında olumsuz etkisi görülmemiştir.	(Choi vd., 2017)
Siyah asker sineği (<i>Hermetia illucens</i>) larvası (BSFL) konsantresi / Viyana tipi sosis	- Kontrol: Yağsız domuz eti, sırt yağı, tuz, baharat, soya konsantresi, nişasta, lesitin - Böcek konsantresi içeren emülsiyonlar: %34 BSFL, %31 BSFL ve %28 BSFL	- Tüm örneklerde benzer kül ve yağ içeriği - BSFL ilave edilmiş formülasyonlarda daha düşük nem ve protein içeriği - Soğuk depolamada kontrol sertliğini korurken, BSFL gruplarının sertliği azalmıştır.	(Bessa vd., 2019)
Öğütülmüş solucan larvası (<i>Zophobas morio larvae</i>) (ZM) / Hibrit et hamuru	- Böcek model sistemi: %100 ZM - Et model sistemi: %100 domuz sırt eti (DSE) - Hibrit model sistemi: %75 ZM + %25 DSE %50 ZM + %50 DSE %25 ZM + %75 DSE	- Hibrit model sistemler böcek modeli sistemlerine kıyasla daha iyi viskoelastik özellik; benzer su tutma kapasitesi ve dokusal özellik göstermiştir.	(Scholliers vd., 2020)

Protein kaynağı olarak böcek tüketimi beslenme dışında çevresel, ekonomik, tarımsal avantajlara da sahiptir (Gravel vd., 2020). Böcek yetiştirmek için gerekli olan yem ve su ihtiyacı et üretimi amacıyla hayvan yetiştirmek için ihtiyaç duyulan miktardan oldukça azdır. Böcekler, tüketim için

yetiştirilen hayvanlara oranla daha yüksek yenilebilir ağırlık yüzdesine sahiptir. Bir cırcır böceğinin %80'ini tüketilebiliyorken, bir tavuğun %55'i, bir sığırın ise %40'ının tüketilebildiği bildirilmiştir. Bu oranlar yenilebilir böceklerin daha verimli olduğuna işaret etmektedir. Ayrıca,

böceklerin yavru üretme kapasitesi, geleneksel hayvancılıktan oldukça yüksektir. Örneğin, bir cırcır böceği bir ayda 1500 yumurta üretebilir (Venne vd., 2017). Böceklerin bu hızlı üreme yeteneği sayesinde kısa sürede büyük miktarlarda protein tedariki sağlanarak, hayvansal protein kaynaklarına olan ihtiyacın bir miktar karşılanması ve böylece hayvancılık sektörünün neden olduğu çevresel stresin de azaltılması mümkün olabilir.

Yenilebilir böcekler yüksek besleyici değere sahip olduğundan, hayvancılık ve su ürünleri yetiştiriciliğinde yem olarak kullanımı da araştırma konusu olmuştur. Hayvan beslenmesinde kullanıldığında, böceklerin patojen taşıyıcı veya pestisit kalıntıları içerme ihtimali nedeniyle ortaya çıkan gıda güvenliği endişeleri bu amaçla kullanımı sınırlandırmaktadır. Bu konuda yapılan bilimsel çalışmalarda kara asker sineği, karasinek, çekirge ve ipek kurdu da dahil olmak üzere 4 böcek türü ilgi çekmektedir. Bu 4 böcek türünden biri olan kara asker sineği (*Hermetia illucens*) böcek hastalıklarına karşı dayanıklı olması ve larvalarının üretiminin kolay olması nedeniyle diğer böcek türlerinden ayrılmaktadır (Stamer, 2015). Popova vd. (2020), tarafından yapılan bir çalışmada, *Hermetia illucens* türüne ait larvalar tavuk beslenmesinde kullanılmış, larvalar ile beslenen tavukların ağırlıklarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Larvalarla beslenen tavuklardan elde edilen etin ise protein, laurik asit ve miristik asit içerikleri kontrol grubuna göre daha yüksek bulunmuştur. *Hermetia illucens*, *Musca domestica*, *Tenebrio molitor* ve *Zophobas morio* gibi böcek türleri farklı oranlarda karıştırılarak balık yemlerinin aminoasit ve yağ asidi profillerini iyileştirip, besleyici değerini yükseltmek amacıyla kullanılmıştır (Nogales-Merida vd., 2019).

Et Analogları

Alternatif protein sektörünün en çok tercih edilen ürünü olan et analogları veya et ikameleri adı verilen bitkisel bazlı et alternatifleri, estetik olarak ve besin değeri açısından et ürünlerine oldukça benzer özelliklerde üretilen ürünlerdir (Broad, 2020). Bir başka deyişle, bu ürünler bitkilerden elde edilen protein ile üretilip, tekstür, görünüş, tat, koku ve besin değeri gibi özellikleriyle ete alternatif olabilecek ürünlerdir. Üretimin mevsime bağlı olmaması, düşük maliyet, daha uzun raf

ömrü gibi sebeplerden ötürü endüstride son yıllarda gözde ürünler arasında yer almaktadırlar. Yüksek maliyetli hayvansal proteinin, farklı teknolojiler ve uygun formülasyonlar kullanılarak mantar, buğday, bakliyatlar, kolza tohumu ve kanola gibi bitkisel ürünlerden elde edilen proteinler ile ikame edilmesi mümkün olabilmektedir (Kumar vd., 2017). Et alternatiflerinin 2018 yılındaki satış oranlarında, yine aynı yıl Burger King, White Castle, KFC, DelTaco ve Mc Donalds gibi ünlü fast food firmalarının bu ürünleri “etsiz et” veya “vegan et” adı altında menülerine eklemelerinden dolayı %30'luk bir artış yaşanmıştır (Anonymous, 2018). Günümüzde ise küresel gıda pazarında, et analogları endüstrisi sürekli ve hızlı bir büyüme içerisinde. Avrupa ve Kuzey Amerika gibi ülkelerde sadece vejeteryanlara ya da veganlara yönelik değil, et seven ve tüketen insanlara da hitap edebilecek şekilde et analogları pazarı genişletilmiştir (Bohrer, 2019).

Tüketiciler tarafından en çok bilinen bitki bazlı et alternatifleri arasında soyadan üretilen “tofu”, “tempeh”, “yuba”, buğday proteininden üretilen “seitan” gibi ürünlerin kullanımı yaygındır (Kyriakopoulou vd., 2019). Tüketicilerin genellikle et analogları üretimine aşina olmayışları ve ete kıyasla bu ürünleri duyuşal özellikler açısından daha az cazip bulmaları bitkisel bazlı et alternatiflerini tüketmekten kaçınma nedenleri olarak belirtilmektedir (He vd., 2020; Koning vd., 2020; Michel vd., 2021). Michel vd. (2021) et analoglarının biftek ya da eskalop gibi formlarda üretilmesi yerine, işlenmiş et ürünlerinin taklidi olacak şekilde üretilmesinin tüketici kabulünü artırabileceğini bildirmişlerdir. Et analoglarının üretim aşamasında ilk olarak bitkisel hammaddeler hayvan etinin besin değerine uygun olacak şekilde belirli yüzdelerde ürüne dahil edilir. Karışıma daha sonra uygun pişirme teknikleri ile ete benzer doku ve ağız hissi verilirken, doğal katkı maddeleri kullanılarak da et görünümü ve rengi sağlanır (Anonymous, 2018; Kyriakopoulou vd., 2019). Formülasyonda yer alan yüksek su oranı, emülsiyon oluşumunda gerekliyken, tekstürize bitki proteini uygun ağız hissini sağlamak için kullanılmaktadır (Kyriakopoulou vd., 2019). Ayrıca, görünüş, lezzet, renk ve tekstür gibi duyuşal özelliklerin sağlanması amacıyla

formülasyona renklendirici, lezzet artırıcı ve bağlayıcı ajanlar da ilave edilmektedir (Kumar vd., 2017).

Et analoglarının tanımlanmasında belirleyici rol oynayan proteinler, ürüne çözünürlük, emülsifikasyon, köpük oluşumu, lezzet bağlama, uygun viskozitenin sağlanması, jelleşme, tekstüre etme gibi pek çok yapısal özellik sağlarlar. Protein sindirilebilirliği düzeltilmiş amino asit skoru (PDCAAS) ölçeğindeki en yüksek derece olan 1.0 skoru ile hayvansal proteine eşdeğer olduğundan soya proteini iyi bir alternatif protein kaynağı olarak görülmektedir (Malav vd., 2015; Kumar vd., 2017). Bağlanma, hamur oluşturma ve iyi mayalanma derecesi sağlama özellikleri nedeniyle buğday gluteni yaygın olarak kullanılan bir başka et ikamesi hammaddesidir (Kyriakopoulou vd., 2019). Bezelye, nohut, mercimek gibi bakliyat proteinleri ise iyi emülsiyon oluşturma, köpük stabilizasyonu ve uygun jel oluşumu gibi fonksiyonel özelliklerinden dolayı araştırmacıların dikkatini çekmiştir (Ladjal-Ettoumi vd., 2016). Et analogu üretimi için en umut vadeden bakliyat proteininin ise verdiği uygun tekstür ve ağız hissi nedeniyle bezelye proteini olduğu araştırmalar ile ortaya konmuştur (Kyriakopoulou vd., 2019). Thompson vd. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, bezelye ve karnabahar eşit oranlarda karıştırılıp *Lactobacillus plantarum* ile fermente edilerek, yüksek besin değerine sahip bir et analogu üretilmiş; üründe yüksek oranda riboflavin ve folat gözlenirken, alanin, glisin, histidin, izolösin, lösin ve valin oranlarında da bir miktar artış tespit edilmiştir. Kiiru vd. (2020), soya proteini izolatu ile çekirge ununu karıştırarak hem bitkisel bazlı protein hem de böcek proteini içeren besin değeri yüksek bir et alternatifi üretmeyi amaçlamışlardır. Rehrah vd. (2009), ürettikleri yer fıstığı bazlı bitkisel et analogunu duyuşal özellikler açısından soya fasulyesi bazlı et analogu ile karşılaştırmışlar ve yer fıstığı bazlı et analogunun, soya fasulyesi bazlı olana benzer ya da daha iyi tatta olduğunu bildirmişlerdir.

Diğer bitki bazlı protein kaynaklarına göre ete benzer lezzet verebilme özelliği nedeniyle öğütülmüş mantar yeni tip karışım et analoglarının üretiminde kullanılan bir başka hammadde kaynağıdır. Hamburger köftesi ve sosis formunda

üretimi gerçekleştirilen ilk et analogları yenilebilir bir mantar olan *Fusarium graminearum*'dan üretilmiştir. Mantar kökenli et analoglarının tadının diğer bitkisel et analoglarına kıyasla ete daha yakın olması, mantarın kimyasal bileşiminde yer alan kükürtlü aminoasitler ve glutamik asitle ilişkilendirilmiştir (Kumar vd., 2017; Lang 2020).

Çeşitli protein kaynakları dışında et analoglarında istenilen ürün kıvamını sağlayabilmek için karbonhidratlar, ürünün tüketilebilirliği üzerine etkili olan lezzet, renk ve görünüş özelliklerinin sağlanabilmesi için ise yağlar, bağlayıcı ajanlar, lezzet bileşikleri ve renklendiriciler kullanılmaktadır. Nişasta, un, metüselüloz, akasya zımkı, ksantan zımkı, karragenan et analoglarının üretiminde yapısal özellikleri geliştirmek için kullanılan karbonhidratlardır (Bohrer, 2019). Karbonhidrat miktarına oranla et analoglarında yağ miktarı oldukça düşüktür. Modern et analogları kanola yağı, hindistan cevizi yağı, ayçiçek yağı, mısır yağı, susam yağı, kakao yağı gibi bitkisel yağ kaynaklarını içerebilmektedir (Bohrer, 2019). Kyriakopoulou vd. (2019)'nin, yapmış olduğu çalışmada et analogu formülasyonunda yer alan katı ve sıvı yağların ürünün sululuğuna, ağız hissine ve aroma salınımına katkıda bulunduğu görülmüştür (Kyriakopoulou vd., 2019). Soya proteini izolatu, buğday gluteni, süt proteinleri, yumurta, karagenan, ksantan zımkı ve pektin et analoglarında hem su hem de yağ bağlayıcısı olarak işlev görmektedir (Arora vd., 2017). Et analoglarının lezzetinin sağlanmasında pek çok baharatın yanı sıra klorofil ve hem grubu içeren proteinler gibi demir kompleksleri ile tadın dengelenmesi son yıllarda oldukça popüler bir uygulama haline gelmiştir (Fraser vd., 2017). Pişirme aşamasında Maillard reaksiyonları sonucu şekerler ve aminoasitlerden yeni karakteristik tatlar elde etmek mümkündür. İndirgen şekerler (örneğin; glikoz, riboz, ksiloz), amino asitler (serin, methionin, prolin, lisin, sistein) ve nükleotitler gibi bileşiklerin et analogu üretiminde et benzeri lezzetin yakalanabilmesi için kullanımı yaygındır (Fraser vd., 2017). Et analogları tüketilmeden önce, pişirilme sırasında ve pişirildikten sonra geleneksel et ürünlerinin rengine benzer bir renkte olmalıdır. Bu yüzden et analoglarında karamel renkleri, malt, anatto, turmin, karoten gibi ısıya oldukça dayanıklı

renklendiriciler kullanılmaktadır (Malav vd., 2015). Son yıllarda renk bileşeni olarak nar tozu, pancar ekstraktı, domates salçası gibi doğal alternatifler de kullanıma sunulmuştur (Anonymous, 2018; Anonymous, 2020a; Anonymous, 2020c). Et analogları için orijinal et yapısında olduğu gibi demir ve oksijen bağlayıcı proteinler kullanılarak da renk elde etmek

mümkündür. Renklendirme ajanı olarak hemoglobin ve miyoglobine benzer yapıda olan ve leghemoglobin adı verilen soya türevi bir bileşik kullanımı buna örnek olarak verilebilir (Anonymous, 2020b; Anonymous, 2019b). Dünyada ticari olarak et analogu üretimi gerçekleştiren öncü bazı firmalar ve ürünleri Çizelge 3'te özetlenmiştir.

Çizelge 3. Ticari olarak üretilen bazı bitki bazlı et analogları

Firma / Ürün Adı / Gramaj	Günlük Besin Değeri (%)*										
	Toplam Yağ	Doymuş Yağ	Kolesterol	Na	K.H. ¹	Diyet lifi	Protein	Ca	Fe	K	Kalori
Beyond Burger / Beyond burger / 113 gram	23	25	0	15	2	7	40	8	20	6	260
Ürün içeriği: su, bezelye proteini, kanola yağı, hindistan cevizi yağı, pirinç proteini, doğal tatlar, kakao yağı, maş fasulyesi proteini, metilselüloz, patates nişastası, elma ekstraktı, nar ekstraktı, tuz, potasyum klorür, sirke, limon suyu konsantresi, ayçiçeği lesitini, pancar suyu ekstraktı											
Morningstar Farms Burger / Izgara vejetaryen burger / 71 gram	10	5	0	17	2	9	21	2	6	2	150
Ürün içeriği: su, buğday gluteni, bitkisel yağ (mısır, kanola ve / veya ayçiçek yağı), soya proteini izolatu, soya unu, yumurta beyazı, %2 veya daha az doğal aroma, mısır nişastası, metilselüloz, pişmiş soğan ve havuç suyu konsantresi, tuz içerir peynir altı suyu, sarımsak tozu, baharat, soğan tozu, domates salçası (domates), ksantan zankı.											
Impossible Burger / Impossible Burger / 113 gram	18	40	0	16	3	11	31	15	25	15	240
Ürün içeriği: su, tekstüre buğday proteini, hindistan cevizi yağı, patates proteini, doğal tatlar, leghemoglobin (soya), tuz, soya proteini izolatu, ksantan zankı, vitamin C, tiyamin, niasin, vitamin B6, riboflavin, vitamin B ₁₂ .											
Gardein / Ultimate Sığır eti burgeri / 85 gram	7	0	0	13	2	8	21	4	10	-	130
Ürün içeriği: su, tekstüre buğday proteini, buğday gluteni, buğday unu, maltlı arpa ekstraktı, soya proteini konsantresi, soğan, kanola yağı, soya proteini izolatu, organik antik tahıl unu, organik horasan buğday unu, organik amarant unu, organik darı unu, organik kinoa unu, modifiye sebze sakızı, maya ekstraktı, kurutulmuş sarımsak, soğan tozu, maltlı arpa ekstraktı, organik şeker kamışı, deniz tuzu, doğal tatlar (bitki kaynaklı), patates nişastası, baharatlar, sirke, bezelye proteini, havuç lifi, pancar lifi, leghemoglobin.											
Before the Butcher / Bitki bazlı burger / 113 gram	19	35	0	16	3	0	40	8	15	10	240
Ürün içeriği: su, soya unu, soya proteini, kanola yağı, rafine Hindistan cevizi yağı, soya proteini konsantresi, maya ekstraktı (tuz, doğal aromalar), metilselüloz, karamel rengi, tatlandırıcı (maltodekstrin), orta zincirli trigliseritler, sodyum fosfat, ızgara ve duman aroması, pancar suyu tozu (pancar suyu ekstraktı, sitrik asit), doğal kırmızı renk (pancar suyu, annatto, gliserin).											

*Günlük ortalama bir beslenmenin ne kadanni karşıladığını ifade etmektedir (Daily value). ¹:Karbonhidrat

SONUÇ

İçinde yaşadığımız dünya genelini etkileyen küresel eğilimlerin, yüzyıllardır beslenmede temel protein kaynağı olan etlerin üretim zincirine yansımaları sürdürülebilir üretim ve tüketim olgularını gündeme getirmiştir. Günümüzde sürdürülemez yönde ilerlediği düşünülen et tedarik zincirinin, hayvan refahına ve insan sağlığına değer veren, ekonomik ve daha az çevresel etki yaratan bir vizyon izleyebilmesi için hammaddeden son ürüne kadar yenilikçi yeşil teknolojiler ile donatılması, bu sektörün geleceğe taşınabilmesi için önemli bir adım olacaktır. Bu bağlamda, geleneksel çiftliklerin akıllı teknolojiler ile donatılarak hayvan refahı ile uyumlu hammadde üretiminin gerçekleştirilmesi, ayrıca, üretilen hammaddenin işleme ve muhafazasında, mevcut teknolojilerin yerine çevre dostu yenilikçi yeşil teknolojilerin kullanılması için üreticiler teşvik edilmelidir. Genetik seçilime uğramış yüksek karkas verimine sahip, hastalıklara karşı dirençli hayvan türlerinin hammadde üretim ağına dahil edilmesi, biyoçeşitlik ve sosyo-kültürel açıdan olumsuz etkilerinin yanı sıra, toplumun büyük bölümünü etkileyen doğala dönüş trendinden ötürü bazı tartışmaları gündeme getirmektedir. Hormon, antibiyotik gibi veteriner kalıntıları ya da toplum sağlığını riske atabilecek bulaşanları içermeyen yapısı ile geleceğin alternatif protein kaynağı olarak görülen yapay etin sağlık üzerine etkileri ve dünya genelinin ihtiyacına cevap verecek miktarlarda büyük ölçekli üretim olanakları araştırılmalıdır. Yüksek besin değeri ve düşük maliyet gibi avantajlar sunmaları nedeniyle bazı ülkelerde ilgi gören böcek proteinleri ve bitkisel proteinlerden üretilen et analoglarının özellikle batı ülkelerinde tüketimi gıda neofobisi ile karşılanmaktadır. Bu alternatif ürünlerle beslenme tarzının kabul edilebilirliğinin artırılabilmesi için tüketici görüş ve isteklerinin pazara yansıtılması önem arz etmektedir. Bu yenilikçi uygulamaların, yarattıkları etik kaygılar da dikkate alınarak, gıda güvenliği ve yasal düzenlemelerle uyumlu, çevre ve doğa dostu bir yaklaşımla değerlendirilmeleri gerekmektedir. Diğer taraftan, son yıllarda tüm dünyayı etkileyen dijitalleşmenin yansımalarının görüldüğü üstün toplum modellerinde, teknolojinin ve yeni fikirlerin, bir tehdit olarak değil de bir yardımcı

olarak algılanması, bu yeni uygulamaların sürdürülebilir et tedarigi sistemlerine entegre edilmesini kolaylaştıracak, gelecek nesillerin günümüzde mevcut olan aynı olanaklara sahip, güvenli bir yaşam tarzı kurabilmelerine yardımcı olacaktır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarların, başka kişiler ve/veya kurumlar ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

YAZAR KATKILARI

KC ve GÖ makaleyi birlikte planlamış, yazım, inceleme ve düzenleme aşamalarında katkıda bulunarak, son halini okumuş ve onaylamışlardır.

KAYNAKLAR

- Acevedo, C., Orellana, N., Avarias, K., Ortiz, R., Benavente, D., Prieto, P. (2018). Micropatterning technology to design an edible film for in vitro. *Food Bioprocess Technol.*, 11: 1267-1273, doi: 10.1007/s11947-018-2095-4.
- Ademek, M., Adamkova, A., Mlcek, J., Borkovcova, M., Bednarova, M. (2018). Acceptability and sensory evaluation of energy bars and protein bars enriched with edible insect. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 12(1): 431-437, doi: 10.5219/925.
- Alarcon-Rojo A.D., Carrillo-Lopez, L.M., Reyes-Villagrana, R., Huerta-Jiménez, M., Garcia-Galicia, I.A. (2019). Ultrasound and meat quality: A review. *Ultrason. Sonochem.*, 55: 369-382, doi: 10.1016/j.ultsonch.2018.09.016.
- Andonovic, I., Michie, C., Cousin, P., Janati, A., Pham, C., Diop, M. (2018). Precision livestock farming technologies. Global Internet of Things Summit. 4-7 June, Bilbao, Spain.
- Anonymous (2019a). Plastics- the Facts 2019. Plastics Europe.
- Anonymous (1987). Our common future. World Commission on Environment and Development. Oxford University Press.

- Anonymous (2018). The rise of plant based meats. *Tufts University Health & Nutrition Letter*, 37(12): 4-5.
- Anonymous (2019b). www.gardein.com/beefless/and/porkless/classics/meatless/meatballs (Accessed: 27 March 2020).
- Anonymous (2020a). www.beyondmeat.com/about/our-ingredients/ (Accessed: 27 March 2019).
- Anonymous (2020b). www.impossiblefoods.com/burger/ (Accessed:27 March 2019).
- Anonymous (2020c). www.morningstarfarms.com/en_US/products/burgers/morningstar-farms-grillers-prime-veggie-burgers-product.html (Accessed: 27 March 2020).
- Arora, B., Kamal, S., Sharma, V.P. (2017). Effect of binding agents on quality characteristics of mushroom based sausage analogue. *J. Food Process. Preserv.*, 41(5), doi: 10.1111/jfpp.13134.
- Barbosa-Cánovas, G.V., Yildiz, S., Oner, M.E., Candoğan, K. (2020). Selected novel food processing technologies used as hurdles. In: *Food Safety Engineering*, Demirci A., Feng H., Krishnamurthy K. (eds). Food Engineering Series. Springer, Cham., pp. 629-657, ISBN: 978-3-030-42659-0, doi:10.1007/978-3-030-42660-6_24.
- Bessa, L.W., Pieterse, E., Sigge, G., Hoffman, L.C. (2019). An exploratory study into the use of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae in the production of a vienna-style sausage. *Meat and Muscle Biolog.* 3(1), doi: 10.22175/mmb2018.11.0038.
- Bhat, Z.F., Morton, J.D., Mason, S.L., Bekhit, A. (2019). Current and future prospects for the use of pulsed electric field in the meat industry. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 59(10): 1660-1674, doi: 10.1080/10408398.2018.1425825
- Bodiou, V., Moutsatsou, P., Post, M. (2020). Microcarriers for upscaling cultured meat production. *Front. Nutr.*, 7:10, doi: 10.3389/fnut.2020.00010.
- Bohrer, B. (2019). An investigation of the formulation and nutritional composition of modern meat analogue products. *Food Sci. Hum. Wellness*, 8(4): 320-329, doi: 10.1016/j.fshw.2019.11.006.
- 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? *J. Integr. Agric.*, 14(2): 255-263, doi: 10.1016/S2095-3119(14)60888-1.
- Broad, G.M. (2020). Making meat, better: the metaphors of plant-based and cell-based meat innovation. *Environ. Commun.*, 14(7): 919-932, doi: 10.1080/17524032.2020.1725085.
- Bryant, C., Barnett, J. (2018). Consumer acceptance of cultured meat: a systematic review. *Meat Sci.*, 143: 8-17, doi: 10.1016/j.meatsci.2018.04.008.
- Bryant, C., Dillard, C. (2019). The impact of framing on acceptance of cultured meat. *Front. Nutr.*, 6: 103, doi: 10.3389/fnut.2019.00103.
- Choi, Y., Kim, T., Choi, H., Park, J., Sung, J., Jeon, K., Paik, H., Kim, Y. (2017). Optimization of replacing pork meat with yellow worm (*Tenebrio molitor* L.) for frankfurters. *Korean J. Food Sci. Anim. Resour.*, 37(5): 617-625, doi: 10.5851/kosfa.2017.37.5.617.
- Cremiato, R., Mastellone, M.L., Tagliaferri, C., Zaccariello, L., Lettieri, P.E. (2018). Environmental impact of municipal solid waste management using life cycle assessment: the effect of anaerobic digestion, materials recovery and secondary fuels production. *Renewable*

- Energy*, 124: 180-188, doi: 10.1016/j.renene.2017.06.033.
- Dick, A., B. Bhandari, S., Prakash. (2019). 3D Printing of meat. *Meat Sci.*, 153: 35-44, doi: 10.1016/j.meatsci.2019.03.005.
- Dong, M., Xu, Y., Zhang, Y., Han, M., Wang, P., Xu, X., Zhou, G. (2020). Physicochemical and structural properties of myofibrillar proteins isolated from pale, soft, exudative (PSE)-like chicken breast meat: Effects of pulsed electric field (PEF). *Innovative Food Sci. Emerg. Technol.*, 59, doi: 10.1016/j.ifset.2019.102277.
- Driessen, C., Korthals, M. (2012). Pig towers and in vitro meat: disclosing moral worlds by design. *Social Studies of Science*, 42(6): 797 –820, doi: /10.1177/0306312712457110.
- Egolf, A., Hartmann, C., Siegrist, M., (2019). When evolution works against the future: disgust's contributions to the acceptance of new food technologies. *Risk Anal.*, 39(7): 1546–1559, doi: 10.1111/risa.13279.
- FAO 2013. Tackling climate change through livestock: A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Rome, Italy.
- FAO 2019. The State of Food and Agriculture. Rome, Italy.
- Fernandes, A.M., Teixeira O., Revillion, J.P.P., Souza, A.R. (2019). Conceptual evolution and scientific approaches about synthetic meat. *J. Food Sci. Technol.*, 57(6):1991-1999, doi: 10.1007/s13197-019-04155-0.
- Fraser, R., Brown, P.O., Karr, J., Holz-Schietinger, C., Cohn, E. (2017). Methods and compositions for affecting the flavor and aroma profile of consumables. US Patents US9700067B2.
- Fuller, A., Fan, Z., Day, C., Barlow, C. (2020). Digital twin: enabling technologies, challenges and open research. *IEEE Access*, 8, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2998358.
- Gedik, Y. (2020). Sosyal, ekonomik ve çevresel boyutlarla sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma. *Uluslararası Ekonomi Siyaset İnsan ve Toplum Bilimleri Dergisi*, 3(3): 197-215.
- Ghosh, S., Gillis, A., Levkov, K., Vitkin, E., Golberg, A. (2020). Saving energy on meat air convection drying with pulsed electric field coupled to mechanical press water removal. *Innovative Food Sci. Emerg. Technol.*, 66, doi: 10.1016/j.ifset.2020.102509.
- Gomez-Luciano, C.A., Loyola, I.E.D.E.S., Vrieskoop, F., Urbano, B. (2019). Towards food security of alternative dietary proteins: A comparison between Spain and the Dominican Republic. *Amfiteatru Economic*, 21(51): 393-407, doi: 10.24818/EA/2019/51/393.
- Grandin, T. (2019). Principles for commercial supply chain managers of livestock and poultry. In: *Sustainable meat production and processing*, Galanakis, C.M. (chief ed.), Academic Press, pp. 1-15, ISBN:978-0-12-814874-7.
- Gravel, A., Doyen, A. (2020). The use of edible insect proteins in food: challenges and issues related to their functional properties. *Innovative Food Sci. Emerg. Technol.*, 59, doi: 10.1016/j.ifset.2019.102272.
- Handral, H.K., Tay, S.H., Chan, W.W., Choudhury, H. (2020). 3D printing of cultured meat products. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 1-10, doi: 10.1080/10408398.2020.1815172.
- He, J., Evans, N.M., Liu, H., Shao, S. (2020). A review of research on plant-based meat alternatives: Driving forces, history, manufacturing, and consumer attitudes. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 19(5): 2639-2656, doi: 10.1111/1541-4337.12610.
- Jo, K., Lee, S., Yong, H., Choi, Y., Jung, S. (2020). Nitrite sources for cured meat products.

- LWT Food Sci. Technol.*, 129, doi: 10.1016/j.lwt.2020.109583.
- Jo, S.K., Park, D., Park, H., Kim, S. (2018). Smart livestock farms using digital twin: feasibility study. 2018 International Conference on Information and Communication Technology Convergence, 17-19 October, Jeju, South Korea.
- Khalil, M., Berawi, M., Heryanto, R., Rizalie, A. (2019). Waste to energy technology: the potential of sustainable biogas production from animal waste in Indonesia. *Renewable Sustainable Energy Rev.*, 105: 323-331, doi: 10.1016/j.rser.2019.02.011.
- Kiiru, S.M., Kinyuru, J.N., Kiage, B.N., Marel, A.K. (2020). Partial substitution of soy protein isolates with cricket flour during extrusion affects firmness and in vitro protein digestibility. *J. Insects Food Feed*, 6(2): 169-177, doi: 10.3920/JIFF2019.0024.
- Kim, H., Setyabrata, D., Lee, Y., Jones, O, Kim, Y. (2017). Effect of house cricket (*Acheta domesticus*) flour addition on physicochemical and textural properties of meat emulsion under various formulations. *J. Food Sci.*, 82(12): 2787-2793 doi: 10.1111/1750-3841.13960.
- Kim, H., Setyabrata, D., Lee, Y., Jones, O., Kim, Y. (2016). Pre-treated mealworm larvae and silkworm pupae as a novel protein ingredient in emulsion sausages. *Innovative Food Sci. Emerg. Technol.*, 38: 116-123, doi: 10.1016/j.ifset.2016.09.023.
- Koning, W., Dean, D., Vriesekoop, F., Aguiar, L.K., Anderson, M., Mongondry, P., Oppong-Gyamfi, M., Urbano, B., Luciano, C.A.G, Jiang, B., Hao, W., Eastwick, E., Jiang, Z., Boereboom, A. (2020). Drivers and inhibitors in the acceptance of meat alternatives: the case of plant and insect-based proteins. *Foods*, 9(9), doi: 10.3390/foods9091292.
- Korhonen H. (2002). Technology options for new nutritional concepts. *Int. J. Dairy Technol.*, 55(2): 79-88, doi: 10.1046/j.1471-0307.2002.00050.x.
- Kouřimská, L., Adámková, A. (2016). Nutritional and sensory quality of edible insects. *NFS J.*, 4: 22-26, doi: 10.1016/j.nfs.2016.07.001.
- Krauβ, M., Drastig, K., Prochnow, A., Rose-Meierhöfer, S., Kraatz, S. (2016). Drinking and cleaning water use in a dairy cow barn. *Water*, 8(7): 302, doi: 10.3390/w8070302.
- Kumar, P., Chatli, M.K., Mehta, N., Singh, P., Malav, O.P., Verma, A. (2017). Meat analogues: health promising sustainable meat substitutes. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 57(5): 923-932, doi: 10.1080/10408398.2014.939739.
- Kyriakopoulou, K., Dekkers, B., Van der Goot, A.J. (2019). Plant based meat analogues in sustainable meat production and processing. In: *Sustainable meat production and processing*, Galanakis, C.M. (chief ed.), Academic Press, pp. 103-126, ISBN:978-0-12-814874-7.
- Ladjal-Ettoumi, Y., Boudries, H., Chibane, M., Romero, A. (2016). Pea, chickpea and lentil protein isolates: physicochemical characterization and emulsifying properties. *Food Biophys.*, 11: 43-51, doi: 10.1007/s11483-015-9411-6.
- Lang, M. (2020). Consumer acceptance of blending plant-based ingredients into traditional meat-based foods: Evidence from the meat-mushroom blend. *Food Qual. Preference*, 79, doi: 10.1016/j.foodqual.2019.103758.
- Lee, J., Lee, C.W., Yong, H., Lee, H.J., Jo, C., Jung, S. (2017). Use of atmospheric pressure cold plasma for meat industry. *Korean J. Food Sci. Anim. Resour.*, 37(4): 477-485, doi: 10.5851/kosfa.2017.37.4.477.
- Looy, H., Dunkel, F. V., Wood, J. R. (2014). How then shall we eat? Insect-eating attitudes and sustainable foodways. *Agric. Hum. Values*,

- 31(1): 131-141, doi: 10.1007/s10460-013-9450-x.
- Malav, O.P., Talukder, S., Gokulakrishnan, P. (2015). Meat analog: a review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 55: 1241-1245, doi: 10.1080/10408398.2012.689381.
- Mancini, M.C., Antonioli, F. (2019). Exploring consumers' attitude towards cultured meat in Italy. *Meat Sci.*, 150: 101-110, doi: 10.1016/j.meatsci.2018.12.014.
- Melzener, L., Verzijden, K., Buijs, J., Post, M., Flacka, J. (2020). Cultured beef: from small biopsy to substantial quantity. *J. Sci. Food Agric.*, 101(1): 7-14, doi: 10.1002/jsfa.10663.
- Michel, F., Hartmann, C., Siegrist, M. (2021). Consumers' associations, perceptions and acceptance of meat and plant-based meat alternatives. *Food Qual. Preference*, 87, doi: 10.1016/j.foodqual.2020.104063.
- Mora, L., Reig, M., Toldrá, F. (2014). Bioactive peptides generated from meat industry by-products. *Food Res. Int.*, 64: 344-349, doi: 10.1016/j.foodres.2014.09.014.
- Nogales-Merida, S., Gobbi, P., Jozefiak, D., Mazurkiewicz, J., Dudek, K., Rawski, M., Kieronczyk, B., Jozefiak, A. (2019). Insect meals in fish nutrition. *Rev. Aquacult.*, 11(4): 1080-1103, doi: 10.1111/raq.12281.
- OECD/FAO (2019). OECD-FAO Agricultural Outlook 2019-2028, OECD Publishing, Paris/Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, doi: 10.1787/agr_outlook-2019-en.
- Orellana, N., Sanchez, E., Benavente, D., Prieto, P., Enrione, J., Acevedo, C. (2020). A new edible film to produce in vitro meat. *Foods*, 9(2), doi: 10.3390/foods9020185.
- Orsi, L., Voegelé, L. and Straineri, S. (2019). Eating edible insects as sustainable food? Exploring the determinants of consumer acceptance in Germany. *Food Res. Int.*, 125, doi: 10.1016/j.foodres.2019.108573.
- Pan, L., Xu, M., Xi, L. (2016). Research of livestock farming IoT system based on restful web services. 5th International Conference on Computer Science and Network Technology, 10-11 December, Changchun, China.
- Park, Y., Choi, Y., Hwang, K., Kim, T., Lee, C., Shin, D., Han, S. (2017). Physicochemical properties of meat batter added with edible silkworm pupae (*Bombyx mori*) and transglutaminase. *Korean J. Food Sci. Anim. Resour.*, 37(3): 351-359, doi: 10.5851/kosfa.2017.37.3.351.
- Poortvliet, P.M., Van der Pas, L., Mulder, B., Fogliano, V. (2019). Healthy, but disgusting: an investigation into consumers' willingness to try insect meat. *J. Econ. Entomol.*, 112(3): 1005-1010, doi: 10.1093/jee/toz043.
- Popova, T., Petkov, E., Ignatova, M. 2020. Effect of black soldier fly (*Hermetia illucens*) meals on the meat quality in broilers. *Agric. Food Sci.*, 29(3): 177-188, doi: 10.23986/afsci.88098.
- Post, M. (2012). Cultured meat from stem cell: challenges and prospects. *Meat Sci.*, 92: 297-301, doi: 10.1016/j.meatsci.2012.04.008.
- Rehrah, D., Ahmedna, M., Göktepe, İ., Yu, J. (2009). Extrusion parameters and consumer acceptability of a peanut-based meat analogue. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 44(10): 2075-2084, doi: 10.1111/j.1365-2621.2009.02035.x.
- Rumpold, B.A., Schluter, O.K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Mol. Nutr. Food Res.*, 57(5): 802-823, doi: 10.1002/mnfr.201200735.
- Rolland, N.C.M., Markus, C.R., Post, M.J. (2020). The effect of information content on acceptance of cultured meat in a tasting context. *PLoS One*, 15(10), doi: 10.1371/journal.pone.0231176.

- Sales-Campos, H., Reis de Souza, P., Crema Peghini, B., Santana da Silva, J., Ribeiro Cardoso, C. (2013). An overview of the modulatory effects of oleic acid in health and disease. *Mini-Rev. Med. Chem.*, 13(2): 201-210, doi: 10.2174/138955713804805193.
- Schoenfeld, B.J., Aragon, A.A. (2018). How much protein can the body use in a single meal for muscle-building? Implications for daily protein distribution. *J. Int. Soc. Sports Nutr.*, 15(10), doi: 10.1186/s12970-018-0215-1.
- Scholliers, J., Steen, L., Fraeye, I. (2020). Structure and physical stability of hybrid model systems containing pork meat and superworm (*Zophobas morio larvae*): The influence of heating regime and insect: meat ratio. *Innovative Food Sci. Emerg. Technol.*, 65, doi: 10.1016/j.ifset.2020.102452.
- Singh, M., Novoa, R.E., Kataria, J., Leone, C., Thippareddi, H. (2020). Emerging meat processing technologies for microbiological safety of meat and meat products. *Meat and Muscle Biology*, 4(2), doi: 10.22175/mmb.11180.
- Stamer, A. (2015). Insect proteins—a new source for animal feed. *EMBO Rep.*, 16: 676-680, doi: 10.15252/embr.201540528.
- Tait-Burkard, C., Doeschl-Wilson, A., McGrew, M.J., Archibald, A.J., Sang, H., Houston, R.D., Whitelaw, C.B., Watson, M. (2020). Livestock 2.0—genome editing for fitter, healthier, and more productive farmed animals. *Genome Biol.*, 19, doi: 10.1186/s13059-018-1583-1.
- Tang, C., Yang, D., Liao, H., Sun, H., Liu, C., Wei, L., Li, F. (2019). Edible insects as a food source: a review. *Food Prod. Process and Nutr.*, 1-8, doi: 10.1186/s43014-019-0008-1.
- Thompson, H.O., Önnig, G., Holmgren, K., Strandler, H.S., Hultberg, M. (2020). Fermentation of cauliflower and white beans with *Lactobacillus plantarum* impact on levels of riboflavin, folate, vitamin B12 and amino acid composition. *Plant Foods Hum. Nutr.*, 5: 236-242, doi: 0.1007/s11130-020-00806-2.
- Tisdell, C. (2003). Socioeconomic causes of loss of animal genetic diversity: analysis and assessment. *Ecol. Econ.*, 45(3): 365-376, doi: 10.1016/S0921-8009(03)00091-0.
- Tuomisto, H., Mattos, M. (2011). Environmental impacts of cultured meat production. *Environ. Sci. Technol.*, 45(14): 6117-6123, doi: 10.1021/es200130u.
- Tuomisto, H., Roy, A. (2012). Could cultured meat reduce environmental impact of agriculture in Europe? 8th International Conference on LCA in the Agri-Food Sector, 2-4 October, Rennes, France.
- Valente, J.D.P.S., Fiedler, R.A., Heidemann, M.S., Molento, C.F.M. (2019). First glimpse on attitudes of highly educated consumers towards cell-based meat and related issues in Brazil. *PLoS One*, 14(8): 1-12, doi: 10.1371/journal.pone.0221129.
- Venne, T., Pinckaers, P., Loon, J., Loon, L. (2017). Consideration of insects as a source of dietary protein for human consumption. *Nutr. Rev.*, 75(12): 1035-1045, doi: 10.1093/nutrit/nux057.
- Vranken, E., Berckmans, D. (2017). Precision livestock farming for pigs. *Anim. Front.*, 7(1): 32-37, doi: 10.2527/af.2017.0106.
- Weinrich, R., Strack, M., Neugebauer, F. (2020). Consumer acceptance of cultured meat in Germany. *Meat Sci.*, 162, doi: 10.1016/j.meatsci.2019.107924.
- Woolf, E., Zhu, Y., Emory, K., Zhao, J., Liu, C. (2019). Willingness to consume insect-containing foods: A survey in the United States. *LWT Food Sci. Technol.*, 102: 100-105, doi: /10.1016/j.lwt.2018.12.010.
- Xueliang, L., Zhang, G., Zhao, X., Zhou, J., Du, G., Chen, J. (2020). A conceptual air-lift reactor

design or large scale animal cell cultivation in the context of in vitro meat production. *Chem. Eng. Sci.*, 211, doi: 10.1016/j.ces.2019.115269.

Zhang, G., Zhao, X., Li, X., Du, G., Zhou, J., Chen, J. (2020a). Challenges and possibilities for bio-manufacturing cultured meat. *Trends Food Sci. Technol.*, 97: 443-450, doi: 10.1016/j.tifs.2020.01.026.

Zhang, M., Li, L., Bai, J. (2020b). Consumer acceptance of cultured meat in urban areas of

three cities in China. *Food Control*, 118, doi: 10.1016/j.foodcont.2020.107390.

Zin, T.T., Misawa, S., Pwint, M.Z., Thant, S., Seint, P.T., Sumi, K., Yoshida, K. (2020). Cow identification system using ear tag recognition. IEEE 2nd Global Conference on Life Sciences and Technologies, 10-12 March, Kyoto, Japan.