



Sürdürülebilir Beslenme ve Protein İhtiyacı İçin Alternatif Bir Kaynak: Sentetik Et (Kültür Eti)

Mücahit Muslu  

İstanbul Arel Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Yüksekokulu, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, İstanbul

Geliş Tarihi (Received): 09.05.2021, Kabul Tarihi (Accepted): 12.04.2022

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): dytmuslu@gmail.com (M. Muslu)

☎ 0 850 850 27 35 📠 0 212 860 04 81

ÖZ

Dünya genelinde artan nüfusla beraber beslenme yetersizlikleri de artmaktadır. Beslenme yetersizlikleri hastalıklar ve ölümlerin önemli nedenlerindedir. Sentetik et açlığın önlenmesi ve sürdürülebilir beslenme için geleceğe yönelik gıda kaynakları arasında gösterilmektedir. Sentetik et laboratuvar ortamında ileri teknoloji ile hayvanlardan alınan dokuların çoğaltılmasına dayanır. Bu sayede hayvancılık sektörünün çevreye vermiş olduğu zararların ve hayvanların kesilmesinden doğan etik sorunların azalacağı düşünülmektedir. Sentetik et teknolojisi gelişmekle beraber birçok konu tam anlamıyla aydınlatılamamıştır. Et üretim aşamasında istenen lezzet, doku ve görünüme sahip etler tam olarak üretilmemiştir. Üretilen etler ise çok pahalı olmaktadır. Aynı zamanda çeşitli sosyokültürel nedenlerle bu etin toplumlar tarafından kabulü konusunda sıkıntılar bulunmaktadır. Sentetik et konusunun net anlaşılabilmesi için bu alanda çalışmaların artırılıp, mevzuat ve politikaların geliştirilmesi gerekmektedir. Bu derleme sentetik et konusunda güncel bilgilerle en son durumu ortaya koymayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sentetik et, Kültür eti, Sürdürülebilir beslenme

An Alternative Source for Sustainable Nutrition and Protein Needs: Synthetic Meat (Cultured Meat)

ABSTRACT

Nutritional deficiencies increase with an increase in population worldwide. They are important causes of diseases and deaths. Synthetic meat is among the future food sources for hunger prevention and sustainable nutrition. Synthetic meat is based on the reproduction of tissues from animals with advanced technology in a laboratory environment. In this way, it is thought that damages caused by the livestock sector to the environment and ethical problems resulting from slaughtering could be reduced. Although synthetic meat technology has improved, many issues have not been fully solved yet. Moreover, production of synthetic meats with desired flavor, texture and appearance have not been fully achieved. Producing this type of meats is very expensive. There are also other problems with the acceptance of this meat by communities for various sociocultural reasons. In order to understand the synthetic meat issue clearly, studies in this field should be increased and legislation and policies should be developed. This review aims to present the latest situation with updated information about synthetic meat.

Keywords: Synthetic meat, Cultured meat, Sustainable nutrition

GİRİŞ

Dünya genelinde önemli sağlık sorunlarından biri enerji ve protein yetersizliğine bağlı olarak gelişen malnutrisyondur. Beslenme yetersizliğine bağlı olarak gelişen hastalıklar özellikle anne ve çocuk ölümleri başta olmak üzere sekonder hastalıklar ve iş gücü kaybı gibi önemli sorunlara neden olmaktadır. Günümüzde dünya nüfusu 7 milyarın üzerindedir ve her 9 kişiden biri açlık çekmektedir. Tahminlere göre 2050 yılında dünya nüfusu 9.7 milyara ulaşacaktır. Bu nedenle dünya nüfusunu besleyebilmek ve hastalıkları önlemek için alternatif gıda kaynakları araştırılmaktadır [1, 2]. 2050'de büyüyen nüfusun talebini karşılamak için %70 daha fazla gıdaya ihtiyaç olacağı tahmin edilmektedir. Kaynak ve ekilebilir arazi sınırlamaları nedeniyle büyük zorlukların ortaya çıkması beklenmektedir. Gelişmiş ülkelerde et tüketimi azalsa bile, özellikle Çin, Hindistan ve Rusya gibi gelişmekte olan ülkelerde tüketim arttığı için küresel tüketim artmaktadır [3].

Sentetik et, doku mühendisliği teknolojisine sahip laboratuvarlarda *in vitro* olarak üretilen et anlamına gelmektedir. Hayvanlardan alınan bir miktar dokunun bu ortamda çoğaltılarak et elde edilmesine dayanmaktadır [4, 5]. Sentetik etin; et tüketimi ve pazarlanması süresince ortaya çıkan hayvan hakları sorunu, ekonomik sorunlar, kaynak kıtlığı, çevre sorunları ve halk sağlığı gibi birçok konuda çözüm oluşturabileceği düşünülmektedir [5]. Sentetik et üretiminin geleneksel üretime karşı bir alternatif olabileceği fikri ilk olarak Frederick Edwin Smith ve Winston Churchill tarafından 1930'larda ortaya atılmıştır [6]. 1943'te bir bilim kurgu yazarı Ravage adlı romanında sentetik etin restoranlarda kullanılmasını işlemiştir [7]. 1999'da Hollanda'dan gelen Willem van Eelen, et kültürü tekniğini kullanarak et işleme kavramı için uluslararası ve Amerika Birleşik Devletleri (ABD) düzeyinde patenti alan ve uygulayan ilk bilim insanı olmuştur [8]. Laboratuvar ortamında incelenmesi ve üretim amacıyla çalışmaların başlaması ise Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) tarafından uzay uçuşlarında sürdürülebilir bir besin tedarik sisteminin oluşturulması amacıyla desteklenen Benjaminson ve ark. [9] tarafından petri kabında bir balığın (*Carassius auratus*) kas dokularının üretilmesiyle başlamıştır. *In vitro* ortamda ilk burger köfte üretimi farmakolog Dr. Mark Post tarafından 2013 yılında gerçekleştirilmiştir. Üretilen bu etin geleneksel ete benzemesiyle insanların tüketilebilir etleri laboratuvar ortamında üretebileceği fikri güç kazanmıştır [10, 11]. Üretilen bu etin yaklaşık 142 gramı (5 ons) 330.000 dolara üretilmiş ve üretimi yaklaşık 3 ay sürmüştür. Üretim uzun sürmesi ve yüksek maliyetli olması nedeniyle ticari olarak tüketimi uygun görülmemiştir [12, 13]. Üretilen bu et kırmızı yerine sarımsı renktedir ve tadı eti andıran düzeydedir. Görünüşünü bir sığır eti gibi göstermek için kırmızı pancar suyu ve safran eklenmiştir. Eti ilk deneyen kişiler etin tat ve kıvamının gerçek ete benzediğini belirtmiştir [14]. Artan ilgi ile sentetik et araştırmaları devam etmiş ve gelişmiştir. Son dönemlerde sentetik et araştırma tarihi incelenmiş ve bir bibliyometrik çalışma yayınlanmıştır [15, 16].

SENTETİK ETİN ÜRETİMİ

Sentetik et canlı hayvanlardan biyopsi ile alınan kök hücrelerini yağ ve kas hücrelerine dönüşmesine dayanan bir teknoloji ile üretilmektedir [11]. Alınan kök hücre tipi, kültür kaynağı ve kültür ortamına göre üç farklı açıdan değerlendirilmektedir. Seçilen kök hücreler sınırsız üreme potansiyeli olan embriyonik kök hücreler veya yetişkin kök hücreler olmaktadır. Embriyonik kök hücreler çeşitli sinyallerle uyarılarak farklı dokularda büyür ve farklı dokulara dönüşebilir. Embriyonik kök hücre kullanımı hayvan embriyolarından alınmaları nedeniyle etik sorunlara neden olmaktadır. Yetişkinlerden alınan myosatellit hücreleri ise kas dokusunda büyümek ve dönüşmek için sinyallere ihtiyaç duymazlar ama hayvanlardan izolasyonları zordur ve biyopsi gerektirmektedir. Ayrıca uzun süre bölünmeleri nedeniyle Hayflick limiti denen telomerlerin kısalmasına bağlı bölünme özelliklerini kaybetme görülür [15]. Alınan bu kök hücreler besin, hormon ve büyüme faktörleri sağlanarak kültür ortamlarında çoğaltılmaktadır. Bu etmenlerin sağlanması için ölü buzağı kanından elde edilen fetal sığır serumu (FSS) kullanılmaktadır. Büyüyen hücreler 0.3 mm'den daha uzun olmayan miyotüpler oluşturmak üzere birleştirilir. Daha sonra miyotüpler, küçük bir kas dokusu parçası halinde büyüyen bir halkaya yerleştirilir. Burada bir trilyondan fazla lif oluşturulabilir. Oluşan liflerin, besin maddeleri ile dolduran ve mekanik olarak geren bir iskelet üzerine bağlanarak gelişmeleri sağlanır. Bu üretim prosedürü hayvanların kullanılmamasına dayanan vaatler konusunda sıkıntı yaratmaktadır. FSS kullanımı vegan ilkelerle çelişmektedir [17, 18]. Bununla birlikte üretilen et, organize liflerden, kan damarlarından, sinirlerden, bağ dokusundan ve yağ hücrelerinden oluşan gerçek kasa hala tam anlamıyla benzememektedir [19]. Etin duyu kalitesi (lezzet, tat, görüntü), türler arasında (sığır, tavuk, koyun) ve tür içinde (genç, yaşlı), cinsler, cinsiyetler, beslenme koşulları ve esas olarak farklı anatomik konuma sahip kas türleri arasında farklılık göstermektedir. Şuan için sentetik et geleneksel etin istenen özelliklerini sağlayamamaktadır [20].

SENTETİK ETEN BEKLENEN FAYDALAR

Hayvan hakları konusu son dönemlerde özellikle gelişmiş ülkelerde büyük bir eleştiri konusu haline gelmiştir. Bu konu ile ilgili birçok vegan kuruluş ve aktivist çeşitli faaliyetler yürütmekte ve yazılar yazmaktadır [11]. Bu nedenle sentetik et bazı aktivistler tarafından desteklenirken bazıları tarafından üretim sürecinde kullanılan hayvan embriyo veya serumları nedeniyle eleştirilmektedir. Buna rağmen laboratuvarlarda sentetik et üretiminin artmasıyla hayvanların öldürülmesinin önüne geçeceği beklenmektedir. Böylece özellikle hayvan hakları ihalleri ile ilgili birçok sorunun çözülebileceği düşünülmektedir [7, 21].

Geleneksel et üretimi için hayvancılık sistemleri hayvan hastalıkları, salgın hastalıklar ve antibiyotiklerin yanlış kullanımı riskini beraberinde getirmektedir [22]. Geleneksel koşullarda üretilen etlerde hayvansal bulaş kaynaklı *E. coli*, *Salmonella* ve *Campylobacter* gibi her

yıl milyonlarca mikroorganizma üreyebilmektedir [23]. İşlenmiş et üretimi sırasında %0.08 ile %0.25 arasında sodyum benzoat kullanımı ile etlerde mikrobiyal risk azaltılmaktadır [24]. Sentetik etler ise laboratuvar koşullarında her aşaması ileri teknoloji ile analiz edilerek üretilmektedir. Üretilen etin lezzet, koku, renk, içerik gibi kalitesini belirleyen özellikleri en üst seviyede tutulmaya çalışılmaktadır [21].

Geleneksel hayvancılıkta, hayvanların yenilebilir et oranı değişmekle birlikte özellikle büyükbaş hayvanlarda %50'nin altındadır. Bu durum geleneksel et üretimi için düşük bir dönüşüm oranı sağlamaktadır [21, 25]. Sera gazı emisyonlarının oluşmasının, arazi kullanımının, su ve enerji tüketiminin önemli bir kısmı ile ilgili sorunlar hayvancılık kaynaklıdır [26, 27]. Avrupa Birliği tarafından yapılan çalışmalarla, sığır ve tavuk gibi çiftlik hayvanlarının yetiştirilmesinin çevre kirliliğine yol açtığı bilinmektedir. Örneğin oluşan sera gazının %9.1'i ve arazi kullanımının %12.8'i hayvancılık sektörüne aittir [28]. Bu istatistiklere dayanarak, sentetik et Avrupa genelinde pazara yaygın bir şekilde nüfuz etmeyi başarır, sera gazı, arazi kullanımı ve suyun kirlilik oranını sırasıyla %78-96, %99 ve %82-96 oranında azaltması beklenmektedir [29, 30].

SENTETİK ET İLE İLGİLİ SORUNLAR

Sentetik et ile ilgili sorunlar genel olarak maliyet ve kaynak gibi teknik sorunlar, etin tüketilebilirliğini etkileyen kalite sorunları ve etin kabulünü etkileyen sosyokültürel sorunlardan oluşmaktadır [7, 31]. Sentetik et üretimi sürecinde hala tam olarak geleneksel et özelliklerini taşıyan et üretilememiştir. Lezzet, tat, koku gibi kalite ile ilgili problemler hala sürmektedir. Üretilen etler çok uzun sürede yüksek maliyetle üretildiği için şuan geleneksel etin yerini alacağı düşünülmektedir [32]. Bazı kesimler ise protein kaynağı olarak bitkisel protein üretim teknolojilerinin ilerlediğini ve tercih olarak bu kaynakların seçilmesi gerektiğini savunmaktadır. Bu nedenle sentetik et üretimini desteklememektedir [33]. Sentetik et açısından tartışılan farklı bir konu da gerçekten et statüsünde değerlendirilip değerlendirilmeyeceğidir. Bu konuda bazı kesimler tarafından sahte et olarak damgalanmaktadır. Bu da tüketici algısı açısından olumsuz sonuçlar doğurmaktadır [34]. Yapılan bir çalışmada tüketicilerin doğal olmayan terimleri ile anıldığında ürünleri tüketmek istemedikleri bildirilmiştir. Bu nedenle sentetik et konusunda uygun bir isimlendirmenin yapılması gerekmektedir [35].

Geleneksel hayvancılık yöntemlerinde hayvanların beslenmesi düzenlenerek elde edilen etlerin bazı besin ögesi içerikleri artırılabilir. Özellikle et tüketimi sırasında sağlık problemleri nedeniyle yağ asitleri tartışılmaktadır. Gelişen yem teknolojisi ile bu sorunlara çözümler getirilmektedir. Sentetik et üretiminde istenen besin öğelerinin sağlanması konusu tam olarak aydınlatılamamıştır. Fazla miktarda eklenecek mineral veya farklı öğeler sentetik eti kimyasal bir besin haline dönüştürebilir [15, 36]. Sentetik et üretiminde hücrelerin çoğalması sağlanırken tüm kontrol üreticilerin elinde olmayabilir. Etin üretimi sırasında kontrol koşulları iyi

sağlanmadığında kanser hücreleri gibi yapıların oluşma ihtimali bulunmaktadır. Bu ihtimal sağlık konusunda sıkıntı yaratabilmektedir [19].

Geleneksel et üreticiliği özellikle çiftçileri kapsayan birçok insanın çalıştığı bir sektördür. Hayvancılık et, süt, yumurta gibi hayvansal besin kaynakları yanında yün, lif ve deri gibi farklı endüstriyel ürünleri de sağlamaktadır. Hayvancılık sektörü kırsal kesimin kalkınmasının yanında birçok endüstriye ham madde sağlamaktadır. Hayvan eti üretimi laboratuvarlarda gerçekleşirse bu alanda ekonomik problemler doğması beklenmektedir [37]. Bir diğer konu özellikle İslam ve Yahudi topluluklarında tüketimi etkileyecek din temelli helal veya koşer sorunudur. Hamdan ve ark. [15] yaptığı bir çalışmada sentetik etin İslam hukuku açısından değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu derlemede üretilen etin helal kabul edilebilmesi için etin kültür ortamı ve seçilen hücrelerin tanımlanması gerekliliği vurgulanmıştır. Helal bir et kültürünü kök hücre İslami usullere göre kesilmiş bir hayvandan alındığı ve işlem sırasında kan ve serumun kullanılmadığı kültür olarak belirtmiştir.

SENTETİK ET ve BEKLENTİLER

Dünya genelinde artan protein ihtiyacını karşılamak için çeşitli alternatif yollar aranmaktadır. Sentetik et üretimi bu alternatifler arasında gözükmemektedir. Bununla birlikte daha birçok konuda aydınlatılamamış yönleri bulunmaktadır. Bu nedenle bu alanda çeşitli pazar araştırmalarının yapılması, tüketici profillerinin belirlenmesi, üretim süreçleri ile ilgili mevzuatların belirlenmesi ve politikaların geliştirilmesi gerekmektedir [13]. Sentetik et ile ilgili ABD ve Avrupa Birliği içinde yapılan kısa mevzuat çalışmaları vardır ancak genel bir çalışma bulunmamaktadır [13, 38]. Sentetik et üretimi konusunda çalışan bazı bilim insanları ve kuruluşlar sentetik et teknolojilerinin geliştiğini ve yakın zamanda genelin tüketebileceği ekonomik koşullarla pazarlanabileceğini belirtmektedir. Artan protein ihtiyacının karşılanması yönünde desteklenmesi ve geliştirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Özellikle vejetaryenler için iyi bir kaynak olacağı savunulmaktadır [15]. İtalya'da yapılan bir çalışmada 525 katılımcının %54'ü sentetik eti denemek istediğini belirtmiştir. Aynı zamanda sentetik et tüketicilerini et tüketmeyi azaltmaya çalışan, yüksek eğitilmiş ve genç ifadeleri ile tanımlanmışlardır [39]. Çin, Hindistan ve ABD'yi kapsayan farklı bir çalışmada ise %64,6'sının denemek istediği, %49,1'i düzenli olarak satın almak ve geleneksel et yerine yemek istediklerini belirtmiştir. Bu çalışmalar ileride sentetik et tüketiminin toplumlar tarafından kabullenebileceğini belirtmektedir [40].

SONUÇ

Sentetik et hayvan ölümlerini azaltabilmesi, çevresel zararlarının az olması ve mikrobiyolojik koruma sağlanması gibi nedenlerle geleceğe yönelik protein alternatifleri arasında görünmektedir. Bununla birlikte etin laboratuvar koşullarında üretimi ile ilgili birçok konu tam olarak aydınlatılamamıştır. Ayrıca hayvan serum ve embriyolarının kullanımı etik ve dini nedenlerle eleştirilmektedir. Yüksek maliyet, verimlilik sorunu,

toplum tarafından kabul edilebilirlik düzeyi ve etik problemlerin çözüme ulaşması gerekmektedir. Bu nedenle sentetik et ile ilgili bilimsel yayınların artması, pazar araştırmalarının gelişmesi, mevzuatların çıkarılması ve global politikaların oluşturulması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] FAO, IFAD, UNICEF, WFP, WHO. (2017). The state of food security and nutrition in the world 2017. Building resilience for peace and food security, FAO, Rome.
- [2] United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. (2019). World Population Prospects 2019: Highlights (ST/ESA/SER.A/423), New York.
- [3] Tobler, C., Visschers, V.H., Siegrist, M. (2011). Eating green. Consumers' willingness to adopt ecological food consumption behaviors. *Appetite*, 57(3), 674-682.
- [4] Tiberius, V., Borning, J., Seeler, S. (2019). Setting the table for meat consumers: an international Delphi study on in vitro meat. *NPJ Science of Food*, 3(1), 1-6.
- [5] 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.
- [6] Arshad, M.S., Javed, M., Sohaib, M., Saeed, F., Imran, A., Amjad, Z. (2017). Tissue engineering approaches to develop cultured meat from cells: a mini review. *Cogent Food and Agriculture*, 3(1), 1320814.
- [7] Bhat, Z.F., Kumar, S., Fayaz, H. (2015). In vitro meat production: Challenges and benefits over conventional meat production. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(2), 241-248.
- [8] Schneider, Z. (2013). In vitro meat: Space travel, cannibalism, and federal regulation. *Houston Law Review*, 50, 991.
- [9] Benjaminson, M.A., Gilchrist, J.A., Lorenz, M. (2002). In vitro edible muscle protein production system (MPPS): Stage 1, fish. *Acta Astronautica*, 51(12), 879-889.
- [10] O'Riordan, K., Fotopoulou, A., Stephens, N. (2017). The first bite: Imaginaries, promotional publics and the laboratory grown burger. *Public Understanding of Science*, 26(2), 148-163.
- [11] Post, M.J. (2014). Cultured beef: medical technology to produce food. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(6), 1039-1041.
- [12] Post, M.J. (2012). Cultured meat from stem cells: Challenges and prospects. *Meat Science*, 92(3), 297-301.
- [13] 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 and Technology*, 78, 155-166.
- [14] Ghosh, P. (2013). World's first lab-grown burger is eaten in London. BBC News, Available at: www.bbc.com/news/scienceenvironment-23576143 (Accessed: 08 April 2020).
- [15] Hamdan, M.N., Post, M.J., Ramli, M.A., Mustafa, A.R. (2018). Cultured meat in Islamic perspective. *Journal of Religion and Health*, 57(6), 2193-2206.
- [16] Fernandes, A.M., Fantinel, A.L., de Souza, A.R.L., Révillion, J.P.P. (2019). Trends in cultured meat. *Brazilian Journal of Information Science: Research Trends*, 13(3), 56-67.
- [17] Ben-Arye, T., Levenberg, S. (2019). Tissue engineering for clean meat production. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3, 46.
- [18] Bhat, Z.F., Bhat, H., Pathak, V. (2014). Prospects for in vitro cultured meat—a future harvest. In *Principles of Tissue Engineering*, Edited by R. Lanza, R. Langer, J. Vacanti, Academic Press, 1663-1683p.
- [19] Hocquette, J.F. (2016). Is in vitro meat the solution for the future?. *Meat Science*, 120, 167-176.
- [20] Chriki, S., Picard, B., Faulconnier, Y., Micol, D., Brun, J.P., Reichstadt, M., Juire, C., Durand, D., Renand, G., Journaux, R., Hocquette, J.F. (2013). A data warehouse of muscle characteristics and beef quality in France and a demonstration of potential applications. *Italian Journal of Animal Science*, 12(2), e41.
- [21] Bhat, Z.F., Bhat, H. (2011). Animal-free meat biofabrication. *American Journal of Food Technology*, 6(6), 441-459.
- [22] Anomaly, J. (2020). Antibiotics and Animal Agriculture: The need for global collective action. In *Ethics and Drug Resistance*, Edited by Selgelid and Jamrozik, Springer Publishing.
- [23] Tesson, V., Federighi, M., Cummins, E., de Oliveira Mota, J., Guillou, S., Boué, G. (2020). A systematic review of beef meat quantitative microbial risk assessment models. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(3), 688.
- [24] Seman, D.L., Quickert, S.C., Borger, A.C., Meyer, J.D. (2008). Inhibition of *Listeria monocytogenes* growth in cured ready-to-eat meat products by use of sodium benzoate and sodium diacetate. *Journal of Food Protection*, 71(7), 1386-1392.
- [25] Ashley, B. (2002). Edible weights of wildlife species used for country food in the Northwest Territories and Nunavut. Wildlife and Fisheries Division, Department of Resources, Wildlife and Economic Development, Government of the Northwest Territories, Canada.
- [26] Bellarby, J., Tirado, R., Leip, A., Weiss, F., Lesschen, J.P., Smith, P. (2013). Livestock greenhouse gas emissions and mitigation potential in Europe. *Global Change Biology*, 19(1), 3-18.
- [27] Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A., Tempio, G. (2013). Tackling climate change through livestock: a global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italy.
- [28] Weiss, F., Leip, A. (2012). Greenhouse gas emissions from the EU livestock sector: a life cycle assessment carried out with the CAPRI model. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 149, 124-134.

- [29] Tuomisto, H.L., Teixeira de Mattos, M.J. (2011). Environmental impacts of cultured meat production. *Environmental Science and Technology*, 45(14), 6117-6123.
- [30] Tuomisto, H.L., Roy, A.G. (2012). Could cultured meat reduce environmental impact of agriculture in Europe. Proceedings of The 8th International Conference in Life Cycle Assessment in The Agri-Food Sector, Oct 1-4, 2012, Saint-Malo, France, 615-619p.
- [31] Tuomisto, H.L. (2019). The eco-friendly burger. *EMBO Reports*, 20(1), 1-6.
- [32] Zhang, G., Zhao, X., Li, X., Du, G., Zhou, J., Chen, J. (2020). Challenges and possibilities for bio-manufacturing cultured meat. *Trends in Food Science and Technology*, 97, 443-450.
- [33] Warner, R.D. (2019). Analysis of the process and drivers for cellular meat production. *Animal*, 13(12), 3041-305.
- [34] Siegrist, M., Sütterlin, B., Hartmann, C. (2018). Perceived naturalness and evoked disgust influence acceptance of cultured meat. *Meat Science*, 139, 213-219.
- [35] Verbeke, W., Marcu, A., Rutsaert, P., Gaspar, R., Seibt, B., Fletcher, D., Barnett, J. (2015). 'Would you eat cultured meat? : Consumers' reactions and attitude formation in Belgium, Portugal and the United Kingdom. *Meat Science*, 102, 49-58.
- [36] Costa, F.S., Cabral, A.R., Silva, S.L., Silva, M.A., Henrique, W., Mazalli, M.R., Baldi, F.S., Mueller, L.F., Adrielle, M.F., Corte, R.R.P.S., Pereira, A.S.C. (2020). Effects of n-3 and n-6 feeding sources on the quality and lipid oxidation of meat from feedlot-finished *Bos indicus* steers. *Meat Science*, 161, 107966.
- [37] Dumont, B., Jouven, M., Bonaudo, T., Botreau, R., Sabatier, R. (2017). A framework for the design of agroecological livestock farming systems. In *Agroecological practices for sustainable agriculture—principles, applications, and making the transition*, Edited by A. Wesel, World Scientific, Lyon, France, 263-291p.
- [38] Petetin, L. (2014). Frankenburgers, risks and approval. *European Journal of Risk Regulation*, 5(2), 168-186.
- [39] Mancini, M.C., Antonioli, F. (2019). Exploring consumers' attitude towards cultured meat in Italy. *Meat Science*, 150, 101-110.
- [40] Bryant, C.J., Szejda, K., Deshpande, V., Parekh, N., Tse, B. (2019). A survey of consumer perceptions of plant-based and clean meat in the USA, India, and China. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3, 11.
-
-