

· 综述 ·

细胞培养肉的生物伦理学思考

汪超¹, 刘元法², 周景文^{1,3}

1 江南大学 未来食品科学中心, 江苏 无锡 214122

2 江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214122

3 江南大学 粮食发酵工艺与技术国家工程实验室, 江苏 无锡 214122

汪超, 刘元法, 周景文. 细胞培养肉的生物伦理学思考. 生物工程学报, 2021, 37(2): 378-383.

Wang C, Liu YF, Zhou JW. Bioethical considerations of cell-cultured meat. Chin J Biotech, 2021, 37(2): 378-383.

摘要: 近年来,为了解决人类社会发展和环境资源的矛盾日益突出的问题,人造肉越来越多的进入人们的视野。通常所说的人造肉,可以分为植物蛋白肉和细胞培养肉。其中植物蛋白肉已经逐步开始商业化,细胞培养肉采用动物细胞进行培养,与真实肉制品更为接近。文中在分析细胞培养肉本质基础上,探讨细胞培养肉对肉类生产行业、消费者群体以及人类未来可持续发展的积极意义。在生物伦理学的视角下,研发和生产细胞培养肉有助于保障人类社会的可持续发展、提升动物福利、减少资源需求、改善肉制品营养功能,并为其他行业的发展提供新的增长点。此外,对于细胞培养肉生产涉及的食物安全、技术滥用、技术监管层面上的伦理风险提出进行了深入思考,希望能从生物伦理学的层面为人造肉行业的可持续发展提供参考。

关键词: 人造肉, 细胞培养肉, 生物伦理学, 食品安全

Bioethical considerations of cell-cultured meat

Chao Wang¹, Yuanfa Liu², and Jingwen Zhou^{1,3}

1 Science Center for Future Foods, Jiangnan University, Wuxi 214122, Jiangsu, China

2 School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, Jiangsu, China

3 National Engineering Laboratory for Cereal Fermentation Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, Jiangsu, China

Abstract: In recent years, to solve the increasingly prominent problem of the contradiction between human social development and environmental resources, artificial meat has appeared in public view more and more. Generally speaking, the artificial meat can be divided into vegetable protein meat and cell cultured meat. Among them, vegetable protein meat has gradually begun to be commercialized, and cell cultured meat is cultured with animal cells, which is more similar to the real meat. Based on the analysis of the essence of cell cultured meat, we explore the positive significance of cell cultured meat technology for the meat production industry, consumer groups, and the sustainable development of mankind in the future. From the perspective of bioethics, the research, development and production of cell cultured meat can help ensure the sustainable

Received: May 18, 2020; **Accepted:** September 21, 2020

Supported by: Soft Project of Wuxi Association of Science and Technology (No. KX-19-A06), Fundamental Research Funds for the Central Universities (No. JUSRP52018A), Consulting Research Project of Chinese Academy of Engineering (No. 2020-XY-054).

Corresponding author: Jingwen Zhou. Tel/Fax: +86-510-85914371; E-mail: zhoujw1982@jiangnan.edu.cn

2019年无锡市科协软课题 (No. KX-19-A06), 江南大学自主科研计划重点项目 (No. JUSRP52018A), 中国工程院咨询研究项目 (No. 2020-XY-054) 资助。

development of human society, improve animal welfare, reduce resource demand, improve the nutritional function of meat products, and provide new growth points for the development of other industries. In addition, the ethical risks of food safety, technology abuse and technical supervision involved in cell cultured meat production are put forward for deep consideration, hoping to provide reference for the sustainable development of artificial meat industry from the perspective of bioethics.

Keywords: artificial meat, cell culture meat, bioethics, food safety

随着全球人口数量激增和生活水平改善,人们对食品的需求在数量与品质都在不断提升,尤其以肉类为代表的蛋白质食品的需求缺口最为严重。近年来,为了解决人类社会发展和环境资源的矛盾日益突出的问题,人造肉越来越多地进入人们的视野。通常所说的人造肉,可以分为植物蛋白肉和细胞培养肉。其中植物蛋白肉已经逐步开始商业化,细胞培养肉采用动物细胞进行培养,与真实肉制品更为接近^[1-2]。2019年5月美国人造肉创业公司 Beyond Meat 在纳斯达克上市,人造肉引起了社会各界的广泛关注。除了越来越多的企业和研究机构投入精力进行大量的研究,伦理学界也对人造肉,特别是对细胞培养肉的质疑也不胫而走。从克隆羊“多利”到合成生命“辛西娅”^[3],再到近日 Neuralink 公司发布的“脑后插管”技术,以及现在还处于实验室阶段的细胞培养肉,无不因为直接接触及人类社会的核心发展和生命技术的大幅度革新,而受到诸多生物伦理学维度的审视,甚至于被部分学者认为这些划时代的技术正在打开“潘多拉魔盒”。

知之非艰,行之惟艰。人类发展的历史总是如此之相似,哥白尼“日心说”与长期以来居于统治地位的“地心说”近一个世纪的残酷斗争,才艰难实现天文学的根本变革。然而历史的车轮滚滚向前,人类社会的进步也往往不能用今日之科技视域去思考明日之事。马克思曾说:“社会生活在本质上是实践的。凡是把理论导致神秘主义方面去的神秘东西,都能在人的实践中以及对这个实践的理解中得到合理的解决”^[4]。因此,本文旨在从技术有利于人类社会发展的角度去思考探讨“细胞培养肉”对于满足人类需要、保障国家食品

安全战略的积极意义。

1 细胞培养肉简介

植物蛋白肉技术起步较早也相对成熟,又因为植物蛋白来源充分,发展运用已比较广泛。目前已经进行商业化的人造肉产品均属于植物蛋白肉范畴。本文主要探讨的对象是细胞培养肉^[1]。顾名思义,细胞培养肉是利用现代生物技术手段从动物体内分离得到的成肌细胞、干细胞等,实现动物肉组分(蛋白质、脂肪、维生素等)体外合成,从而实现对传统养殖肉等食品的替代。目前细胞培养肉的生产流程主要包括畜禽成肌干细胞的获取、动物干细胞的大规模低成本培养、动物肌肉和脂肪等细胞的组分化,以及经过加工形成与传统肉质类似的营养成分、组织结构和风味等^[2]。从生产过程来说,相比于植物蛋白肉而言,细胞培养肉在营养、风味和结构上近乎于真实的肉制品,可以理解为不依赖于养殖业而直接生长在工厂中的肉制品^[5]。

生物技术正在越来越广泛地影响我们的日常生活,进而影响社会生活结构和对人性的理解^[6]。当今时代,虽然“人造肉”技术方兴未艾,“细胞培养肉”如今在国内外都还处于实验室试验或工厂接近产业化的阶段。但是可以预见,在不久的将来,随着生物技术和生产工艺的改良,人类将很快实现细胞培养肉的规模化生产。届时人类将低成本获得大量比传统养殖更高效、更精准、更清洁的肉制品,虽然细胞培养的过程较医学过程更为简单,不会形成特定的生命,避免了形成特定生命特征从而带来的生物伦理学问题。但是细胞培养肉引发的整个社会生产结构的变革、道

德价值体系的重构、生命伦理的审视，都是我们不得不提前深入思考的。

2 细胞培养肉的积极价值

细胞培养肉的研发和生产具有必要性和可能性。发展契机的背后，反映出整个肉类生产行业、消费者观念的变化以及对于整个人类社会发展蓝图的考量。对于肉食消费群体来说，绝大部分消费者往往是基于产品价格、口味及便捷度来选择食物。近年来，随着人们环保意识以及对于新潮事物接受和追求意愿的提升，可以预测细胞培养肉一旦进入市场，其对于传统肉制品而言，竞争力量不容小觑。而对于肉类生产行业来说，细胞培养肉的积极价值有很多，诸如高效节能、无菌清洁、可控性强等。因此，细胞培养肉已经悄然成为未来食品创业、人类饮食的新浪潮，一场全球饮食革命蓄势待发^[7]。对于人类社会的未来发展来说，细胞培养肉也具有生命伦理学维度的诸多积极价值。

2.1 保障人类社会的可持续发展

人类社会的发展需要基本的物质资料。预计到2050年，地球人口即将突破100亿，人类的食物，特别是蛋白质的供应将面临更严峻的挑战。在21世纪的今天，饥饿和物质匮乏依旧充斥着不少地区，遑论未来肉类的生产及供给。细胞培养肉技术的发展或将成为这些地区的人们获取优质蛋白质的重要途径，更是对未来人类饮食资源的未雨绸缪。当下，人类在获得传统肉制品过程中往往承受着巨大风险，“疯牛病”“非洲猪瘟”等都在不经意间侵害着人类社会的发展^[8]。另外2003年暴发的“非典肺炎”、2020年暴发的“新冠肺炎”与野生动物肉制品获取之间的关系至今尚未得到明确解释。细胞培养肉技术在当今生态负荷过大、人口数量不断攀升的环境之下，势将成为未来人类肉食来源渠道之一。

2.2 实现人类对动物福利的关怀

传统肉制品的获得需终结动物体的生命，即宰杀动物。宰杀动物正是“动物福利”关注的症结所在，动物被宰杀的痛苦与生物伦理中人类的同情怜悯相违背，进而使得人类在获取肉制品过程中饱含道德层面的谴责，这也是多数素食主义者的根源——不愿“杀生”。然而通过工业化大规模制备的细胞培养肉虽然有生物学上的生命特征但并不是一个完整的动物生命体，即部分对于鸡蛋和牛奶等动物制品的认知类似，和人类传统认知的“杀生”行为有本质区别。细胞培养肉的规模化生产将从生物伦理学维度减轻人类认知上的“杀生”行为，也将成为优化动物福利的有效路径。

2.3 减少人类对自然环境的危害

生物伦理学一度认为人类活动损害自然环境，然而人类必须通过大规模的种植业为畜牧业提供原料，进而获得充足的蛋白质供给。畜牧业的发展需要大量的土地、作物以及水资源。人类活动释放的甲烷占地球总释放量的60%，其中37%来自畜牧业。此外，全球9%的二氧化碳、65%的一氧化二氮都是由畜牧业造成的^[9]。大规模、集约式的畜牧业养殖模式带来严重的环境问题，越来越成为世界公民关注的焦点。而跳过动物养殖生产肉类，通过从动物身上提取干细胞，通过工厂化的集约式生产方式，大规模、低成本获取动物蛋白，有助于节约很多土地及净水资源，实现农牧产业伴随的环境污染的自身治理。

2.4 减弱人类受传统肉制品的伤害

不管是生命科学还是伦理学或是哲学领域都在关心人类的发展，传统肉制品的摄入成为现代社会人类健康的杀手之一。2015年10月，世界卫生组织(WHO)下属的国际癌症研究机构(IARC)正式将红肉和加工肉类列为“对于人类致癌可能性较高”的物质^[10]。而可控的“细胞培养肉”可以将饱和脂肪酸与不饱和脂肪酸之间的比率控制在一定范围内，例如开发出“健康肉”“低脂肉”

等产品,减少对摄入者的伤害。此外,抗生素的使用同样是生命伦理学关心的一隅,养殖业的发展和扩张,使得动物必须集中圈养,高度密集的群体容易滋生病菌并相互感染,养殖行业不得不大规模使用抗生素以保证养殖效率。据统计,国内抗生素每年总产量大约为 21 万 t,国内消费量约 18 万 t,其中用于畜牧及饲料行业的抗生素就高达 9.7 万 t,约占 54%^[11]。但是畜牧业及饲料行业的抗生素使用过程中,长期存在着人畜共用、盲目添加、使用不当甚至劣质、禁用的抗生素产品等问题,使得无论是人体还是自然生态的健康都受到了严重的损害。而细胞培养肉技术的使用,有助于有效减低抗生素的使用量,既能维持人类肉食需求和供给平衡,又有利于优化生态环境,实现人类食品安全的提升和饮食健康状况的改善。

2.5 为其他行业的发展增添可能性

细胞培养肉适用范围广,不仅可以在市场上使用,满足广大普通消费者的日常饮食需要。还可以在特殊行业,如航空、航天、远洋、潜艇等领域使用;在特殊情境,如抢险、救灾等过程中使用。细胞培养肉的生物制造过程,将会极大地降低动物制品的生产成本及获取来源的可持续性,将在动物干细胞干性维持、大规模低成本培养等方面取得一系列革命性的突破,将为生物医药、组织工程和食品技术带来颠覆性的改变^[2]。细胞培养肉技术的发展也为其他技术发展提供了资源支持,如解决载人航天器、宇宙国际空间站中的人员饮食问题等。科学家只有在细胞培养肉技术中不断探索,方才能够在未来驱动人类的发展,让人类能够在地球上乃至宇宙中生生不息。

3 细胞培养肉伦理风险的思考

细胞培养肉除了仍需在技术层面有所突破外,的确存在着一定的伦理风险,诸如食品安全、技术滥用、技术监管等一系列的伦理风险,甚至于因为涉及传统人类社会的发展和生命技术的大

幅革新,而受到诸多生物伦理学维度的质疑,下面就不回避细胞培养肉伦理风险的前提下,对风险在有利于人类社会发展的角度作正向思考。

3.1 食品安全的伦理风险

食品安全问题是伦理风险首要的问题,也是全人类最关心的问题,比如脱离了生命有机体生产的细胞培养肉是否会对人体健康造成影响?就目前的科学技术而言,与常规肉相比,人造肉对健康的负面影响要小些,甚至这种风险也能在一定程度上被控制^[12]。且随着人造肉步入反复实验的阶段,我们发现培养过程是可以得到有效控制的。在合理的防控之下,克服过程中的其余杂菌污染,细胞培养肉便是符合国际安全标准、可供人类食用的。最终成型的细胞培养肉与天然肉一样,都是肌细胞和干细胞,甚至可以通过调节加入脂肪细胞的数量^[13],调控细胞培养肉中脂肪和其他必需营养物质的含量,开发出更加适宜人体健康、满足各类人群需求的肉类产品,减少传统肉类负面作用对摄入者的伤害,改善人群亚健康情况。

3.2 技术滥用的伦理风险

技术的滥用风险包括是否有可能通过细胞培养肉技术制造各种各样的肉(包含濒危动物甚至于人肉等)。首先,不能否认技术的可能性和存在一定的伦理风险,但毕竟如今该技术还掌握在规模较大的企业和实验室,尚不存在技术泛滥的风险;再者,细胞培养肉最大的伦理风险在于将人物化,作为科学技术应用的直接对象,将人的组成部分(细胞、肉身等)当作科学生产的原材料,而不把它们还原为人的有机组成部分。人的存在,一方面具有生物学上的意义,另一方面,其更具有主体性和社会性,具有着社会学上的意义。事实上,当今世界社会科学和生物技术联系日益紧密,两类科学已然结盟并不断变革着人类的元认知。应当明确的是,人的本质属性是人的社会性。细胞培养肉技术的应用不能脱离人本主义和对于

- Wu GS. The education sector need not be overly sensitive to any progress in technology[EB/OL]. (2018-05-07). <https://www.jiemodui.com/N/94587.html> (in Chinese).
- [7] Shen YC, Chen HS. Exploring consumers' purchase intention of an innovation of the agri-food industry: a case of artificial meat. *Foods*, 2020, 9(6): 745.
- [8] 雷建林, 曹宏, 杨丽霞, 等. 非洲猪瘟病毒的生物学特性与疫苗研制的难点. *生物工程学报*, 2020, 36(1): 13-24.
- Lei JL, Cao H, Yang LX, et al. Characteristics of African swine fever virus and difficulties in vaccine development. *Chin J Biotech*, 2020, 36(1): 13-24 (in Chinese).
- [9] 联合国粮农组织. 畜牧业是导致全球变暖的最大元凶. 美国: 联合国粮农组织, 2006.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Animal husbandry is the biggest culprit of global warming. United States of America: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2006 (in Chinese).
- [10] 世界卫生组织. 国际癌症研究机构专刊对食用红肉和加工肉制品做出评价[EB/OL]. (2019-07-27). <https://www.who.int/mediacentre/news/releases/2015/cancer-red-meat/zh/>.
- World Health Organization (WHO). Special issue of International Agency for Research on Cancer evaluates consumption of red meat and processed meat products[EB/OL]. (2019-07-27). <https://www.who.int/mediacentre/news/releases/2015/cancer-red-meat/zh/> (in Chinese).
- [11] 许琳. 正确看待养殖业中抗生素的使用. *养禽与禽病防治*, 2017, (7): 40-43.
- Xu L. A correct view on the use of antibiotics in aquaculture. *Poultry Husbandry and Disease Control*, 2017, (7): 40-43 (in Chinese).
- [12] 任春强. 人造肉的道德哲学反思//2015 南京国际生命伦理学论坛暨中国第二届老年生命伦理与科学会议论文集. 南京: 江苏省医学哲学学会, 2015: 444-450.
- Ren CQ. A moral philosophy reflection on cultured meat. Symposium of the 2015 Nanjing International Bioethics Forum and the 2nd China Senior Bioethics and Science Conference. Nanjing: Jiangsu Society of Medical Philosophy, 2015: 444-450 (in Chinese).
- [13] 王立宾, 祝贺, 郝捷, 等. 干细胞与再生医学研究进展. *生物工程学报*, 2015, 31(6): 871-879.
- Wang LB, Zhu H, Hao J, et al. Progress in stem cells and regenerative medicine. *Chin J Biotech*, 2015, 31(6): 871-879 (in Chinese).
- [14] 查尔斯·狄更斯, 大卫·科波菲尔, 李彭恩, 译. 北京: 北京燕山出版社, 2011.
- Charles D, David Copperfield, Translated by Li Peng'en. Beijing: Beijing Yan Mountains Publishing House, 2011 (in Chinese).

(本文责编 郝丽芳)