

人造肉分类与命名分析及规范建议

王守伟, 李石磊, 李莹莹, 李 素, 张顺亮

(中国肉类食品综合研究中心, 北京食品科学研究院, 北京 100068)

摘 要: 伴随着全球人口的急剧膨胀和中等收入人群的空前扩大, 人类对肉品的需求呈现出前所未有的快速增长趋势, 单纯依靠传统养殖业满足人类快速增长的肉品消费的生产方式正经受着日益严峻的挑战。人造肉是目前看来最有可能解决人类肉品生产和消费困境的方案。目前, 人造肉共包含两大类: 一类是基于植物蛋白的人造肉, 该产品因可以最大限度地模拟真实肉品的外观和口感, 所以又被称作素肉、植物肉、模拟肉等; 另一类是基于生物组织培养的人造肉, 该产品因可以绕开动物饲喂而为人提供真实动物蛋白, 又被称作培养肉、培育肉、体外肉或清洁肉等。然而, 由于人造肉产业刚刚兴起, 我国相关的术语、标准、法规等尚处于有待制定的阶段, 造成目前人造肉相关术语命名的混乱。本综述中, 作者结合人造肉的生产技术、生产过程、社会接受度、国内的命名、国际上的命名等相关资料, 对人造肉的相关描述术语在汉语中的命名提出规范意见。

关键词: 人造肉; 分类; 命名; 培育肉; 素肉

Classification of Artificial Meat and Suggestions on Normalization of Nomenclature for Related Terms

WANG Shouwei, LI Shilei, LI Yingying, LI Su, ZHANG Shunliang

(China Meat Food Research Center, Beijing Academy of Food Sciences, Beijing 100068, China)

Abstract: With the rapid expansion of the global population and the unprecedented expansion of the middle-income population, the demand of human beings for meat products has shown an unprecedentedly rapid growth trend. Simply relying on the traditional breeding industry to meet the rapid growth of human consumption of meat products is facing increasingly severe challenges. Artificial meat is the most potential solution to the dilemma of meat production and consumption by humans. At present, artificial meat consists of two categories: one is based on plant proteins, which can simulate the appearance and taste of real meat products to the maximum extent and is also known as plain meat, plant meat, simulated meat, etc.; the other is based on biological tissue culture, which can provide real animal protein for human beings, bypassing animal feeding and is also known as cultivated meat, *in vitro* meat or clean meat, etc. However, as the artificial meat industry is just emerging in China, relevant terms, standards, laws and regulations are yet to be formulated, resulting in the confusion of nomenclature for terms related to artificial meat. In this article, based on literature data concerning artificial meat production technology, production process, social acceptance, and nomenclature currently adopted in China and worldwide, some suggestions on the normalization of nomenclature for terms related to artificial meat in China are proposed.

Keywords: artificial meat; classification; nomenclature; cultured meat; plant-based meat

DOI:10.7506/spkx1002-6630-20200331-443

中图分类号: Q813.1+2; TS214

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2020)11-0310-07

引文格式:

王守伟, 李石磊, 李莹莹, 等. 人造肉分类与命名分析及规范建议[J]. 食品科学, 2020, 41(11): 310-316. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20200331-443. <http://www.spkx.net.cn>

WANG Shouwei, LI Shilei, LI Yingying, et al. Classification of artificial meat and suggestions on normalization of nomenclature for related terms[J]. Food Science, 2020, 41(11): 310-316. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-20200331-443. <http://www.spkx.net.cn>

收稿日期: 2020-03-31

基金项目: 中国工程院咨询研究项目(2020-XY-17)

第一作者简介: 王守伟(1961—)(ORCID: 0000-0002-6390-4803), 男, 教授级高级工程师, 硕士, 研究方向为食品安全与食品加工。E-mail: cmrcwsw@126.com

伴随着全球人口的急剧膨胀和中等收入人群的空前扩大,人类对肉品的需求呈现出前所未有的快速增长趋势,依靠传统养殖业满足人类快速增长的肉品消费的生产方式正经受着日益严峻的挑战。人造肉是目前看来最有可能解决人类肉品生产和消费困境的有效方案^[1-2]。现如今,人造肉已成为国内外消费市场和投资领域的最热话题之一,似乎只要带上“人造肉”标签的产品,总是能迅速吸引消费者的眼球,自2019年5月美国人造肉公司Beyond Meat登陆纳斯达克以来,其股价上涨近6倍,成为年度最火股票之一,让人造肉走向了风口浪尖。近年来,人造肉的主要生产技术发展迅速,以植物蛋白为原料的人造肉研究方面,新的加工技术如高水分双螺杆挤压技术、3D打印技术等和新的工艺配方如大豆血红蛋白作为着色剂的使用等都大大增加了该类产品在口感上与传统肉品的相似度,市场需求增长迅猛^[3];以细胞为原料的人造肉研究方面,相关细胞的大规模增殖技术和3D培养技术是当今研究的热点和难点,尤其在人造肉制备所需的3D培养技术方面进展较快,动物来源的明胶纤维支架^[4]和植物来源的大豆蛋白支架^[5]都是可能以较低成本实现人造肉相关细胞3D培养的有效手段。科尔尼(Kearney)全球管理咨询公司的最新报告显示^[6],到2040年全球人造肉的市场份额将达到60%,其中35%的肉类将由实验室培育而出,另外25%的肉类将是植物基替代品为主。2019年9月,我国国务院发布《国务院办公厅关于稳定生猪生产促进转型升级的意见》^[7],《意见》提出要加快发展禽肉、牛羊肉等替代肉品生产,更好地保障市场供应,这为国内人造肉行业快速发展提供了政策性支持。

然而,相对于传统的肉类,尽管人造肉有诸多众所周知的优势,但消费者对其仍然存在诸多疑问,包括人造肉的非自然属性、对消费者可能存在的潜在健康威胁以及产品的价格和食用口感等,这些都将影响消费者对人造肉的接受度。众所周知,对一个事物或现象的命名能够深刻影响公众对它的评价或印象,这种现象在食品领域也很普遍。例如,通过改变菜单名称能够影响其对消费者的感知力,若在菜单名称上添加有代表性的当地语言词汇可提高当地消费者对该菜品的接受度;在食品包装上印“有机”的标志容易给消费者带来健康的好感,但是会降低消费者对其口感、风味等的期待感^[8];Kunst等^[9]发现菜单的名称会影响消费者的接受度,在菜单上用牛或猪等字样代替牛排或猪排会增加消费者的同情感和厌恶感,降低其食肉的意愿,增加其选择一种素菜的意愿。研究表明,一个影响消费者对人造肉产品接受度的主要因素是人造肉的描述术语,消费者对培育肉、培养肉、体外肉、人造肉和合成肉等这些不同描述术语的接受度有显著的区别。正如Friedrich所描述的,人

造肉的描述术语将深刻影响消费者对该产品的印象,并且最终对于公众是否接受或反对这项技术可能发挥重要的作用^[10]。因此,有必要赋予人造肉一个准确、合理的描述术语,为相关产品在我国的市场化奠定基础。

目前,以植物蛋白为原料制备的人造肉在国内已经有一些产品上市销售,以细胞为原料制备的人造肉虽然在国内仍然没有产品上市,但一旦突破监管的限制,相关产品便可上市销售;为了促进人造肉产业在我国的健康发展,本文从人造肉的分类出发,对其发展现状进行了详细地综述分析,并对人造肉相关术语的命名提出了规范建议。

1 人造肉的分类

人造肉共包含两大类:一类是以植物蛋白为原料制备的人造肉(简称:植物基人造肉),该产品因可以最大限度地模拟真实肉品的外观和口感,所以又被称作植物肉、素肉、模拟肉等;另一类是以细胞为原料制备的人造肉(简称:细胞基人造肉),该产品可以绕开动物饲喂而为人类提供真实动物蛋白,又被称作培养肉、培育肉、体外合成肉、清洁肉等。

1.1 植物基人造肉

传统植物基人造肉主要是以植物蛋白为基础原料,通过现代食品加工工艺制成的具有类似于肉类食品风味及组织形态的食品^[11]。利用传统原料及加工技术制备的素肉产品多数具有植物蛋白本身具有的风味重、弹性及保水性差等问题,其感官及质构品质远不如肉类食品。植物基人造肉产品所追求的是实现最大化接近肉类食品,为达到产品期望食用效果,现有植物基人造肉研究已不再局限于通过香辛料及香精等物质模拟肉类食品风味,越来越多的关注点聚焦于模拟肉类食品的滋味、组成成分及结构等。目前,美国市场中出现的植物基人造肉汉堡创新性地使用由生物基因工程制备的大豆血红蛋白作为着色剂,较好地模拟了牛肉饼色泽和口感^[3,12]。国内市场也陆续推出植物基人造肉月饼、植物基人造肉饼等新型产品,一定程度上突破了传统素肉产品的技术限制,但仍需不断地开拓和创新来推动植物基人造肉行业的发展,降低产品成本,实现更多种类植物基人造肉产品的规模化生产。

尽管目前植物基人造肉在市场化方面迈出了重要的一步,市场对其充满了乐观情绪,但其在美国传统肉类市场占比仍不足1%,在我国也仅仅是少数消费者出于好奇的一种偶尔尝试,并且该类产品在技术方面仍然要努力克服制造除汉堡、鸡块、碎牛肉等无定形肉品外的其他肉类产品的障碍^[13]。

也是最早开展研究的国家,最近,英国^[26]、德国^[27]等也有相关的研究报道。

国外对细胞基人造肉的命名形式较多,统计结果如表1所示。不同的媒体、研究机构、相关从业者等都会根据自己的理解提出相应的名称,如相关从业者和利益相关者为了突出该类产品的环保价值和无菌生产的过程将其描述为“clean meat”,学者为了客观地描述该产品将其描述为“*in vitro* meat”、“cultured meat”等,科普杂志如*National Geographic*将其描述为“shmeat”等^[28]。

“clean meat”是由美食机构The Good Food Institute (GFI)在2016年创立的,在2016—2019年间,该命名获得了相当一部分媒体、倡导者及相关组织的支持^[29]。2018年GFI发表的文章中指出“clean meat”能够更好地反映培育肉的生产过程和优势,但是回避了受到广泛关注的“cultured”和“*in vitro*”的概念,然而一些肉类行业相关者对此提出了异议,认为“clean meat”的描述给传统肉类生产者可能带来麻烦。2019年,GFI发表的最新研究报告指出“cultivated meat”能够充分地描述生产过程和区分与传统肉类的关系,具有高度的中立性和消费者吸引力^[30-31]。

表1 国外的媒体、学术文章、相关研究机构等对于细胞基人造肉的相关描述

Table 1 Description of cell-based artificial meat from foreign media, academic articles and relevant research institutions

英文名称	中文翻译	参考文献
cultured meat	培养肉/培育肉	Gerhardt ^[6] 、Tatum ^[32] 、Bryant ^[33] 等
lab-grown meat	实验室生长肉	Smith ^[34] 、Tahoo! Lifestyle网站 ^[35] 、O'riordan等 ^[36]
animal-free meat	无动物肉	Bhat等 ^[37]
cultivated meat	培育肉/培养肉	Szejda等 ^[38-31]
clean meat	洁净肉	GFI ^[29] 、Greig ^[38]
<i>in vitro</i> meat	体外肉	Edelman ^[39] 、Datar ^[40] 等
synthetic meat	合成肉	Marcu ^[41] 、Verbeke ^[42] 等
artificial meat	人造肉	Dahlgreen ^[43]
shmeat	实验室生长的肉片	Rupp ^[28]
frankenmeat	弗兰肯肉	Zimmerman ^[44]
test tube meat	试管肉	Fox ^[45] 、Griggs ^[46]

由此可见,国外在对细胞基人造肉的命名方面仍然没有达成共识,鉴于转基因食品的失败经验教训,政府监管机构、相关研究机构和利益从业者正小心地积极推进这种由生物技术带来的新型肉类食品的命名问题。

2.2.2 国内命名现状

由于细胞基人造肉的概念最早出现于英文报道中,因此我国汉语中对其的早期描述多采取直译的方式进行宣传,如表2所示,2010年,《农村工作通讯》杂志在发表的一篇名为《科学家制造出“人造肉”》的文章中对其的描述是“人造肉”^[47],2011年,《中国新闻周刊》上发表的一篇名为《体外合成肉,你敢吃吗?》的文章

中对其的描述是“体外合成肉”^[48],2012年,《课外阅读》杂志上发表的一篇名为《未来二十年我们吃什么》的文章中对其的描述是“试管肉”^[49],这些对细胞基培育肉的早期描述给国人奠定了对其的基本印象。而后,随着技术的不断突破和资本的推动,该领域在全世界的热度近几年骤增,2018年以来国内媒体、学术刊物等对其的描述频率也随之增长迅速,从最新的中文文章和中文报道来看,国内对其的描述方式主要有两种:“培育肉”和“培养肉”,而且普遍存在“培养肉”和“培育肉”概念混淆的情况,同一篇文章的不同段落甚至都会有两种不同的描述出现,如2018年凤凰网在推送的一篇名为《‘细胞培养肉’即将摆放在大家的餐盘里》的文章中对其的描述是“培养肉”^[50],第二年该媒体在推送的另一篇名为《疯狂的人造肉:比养猪快几万倍,你敢吃吗?》的文章中对其的描述是“培育肉”^[51]。

表2 国内的媒体、学术文章、相关研究机构等对细胞基人造肉的相关描述

Table 2 Description of cell-based artificial meat from Chinese media, academic articles and relevant research institutions

名称	来源
人造肉	徐德芳 ^[47] 、人民网 ^[52] 、赵鑫锐等 ^[53]
培育肉	凤凰网 ^[51] 、董桂灵 ^[54]
培养肉	凤凰网 ^[50] 、王廷玮等 ^[55]
干净肉	界面新闻 ^[56]
体外合成肉	吕静 ^[48]
试管肉	李彦虎 ^[49]

这说明国内对细胞基人造肉的命名尚未形成共识,分析原因主要有两点:1)由于细胞基人造肉的生产步骤包括细胞的增殖和分化,国内对于该过程的规范描述既可以是“培养”也可以是“培育”,因此目前汉语中无论将其表述成“培养肉”或“培育肉”都是对该过程的引申,有一定的合理性;2)从全球范围看,细胞基培育肉尚未上市,监管体系也尚处于构建阶段,我国也尚未形成相关的官方表述。因此无论是媒体还是学术文章都是基于内容对其进行事实描述,没有形成统一的汉语描述。

然而,细胞基人造肉作为一种高科技新型肉类食品的上市已经迫在眉睫,无论是从提高消费者接受度方面还是从国家监管方面考虑都亟需规范对其的汉语描述。

2.2.3 完全描述新产品并与传统肉类有明显区别的汉语命名

在细胞基人造肉的生产技术方面,虽然不同的研究机构或生产企业的生产技术会有所区别,但从大的工艺流程方面分析,细胞基人造肉的生产过程主要有4个阶段^[57],如图2所示,分别是:1)干细胞的提取,从活体动物身上提取用于细胞基人造肉生产的特定干细胞,如从肌肉中提取肌卫星细胞作为种子细胞进行肌肉纤维的生产;2)干细胞的大规模增殖,由于体外培养的细胞每隔几天

数量都会加倍,因此理论上说体外培养的干细胞可以在较短的时间内实现干细胞的大规模增殖用于细胞基培育肉的生产,正如初创企业Mosa Meat所宣称的,用一个种子细胞可以生产出10 000 kg的肉品,Aleph Farms宣称能够在3周内生产出一批细胞基人造牛排,这些都需要建立在动物干细胞大规模增殖的基础上才能实现;3)干细胞的诱导分化,通过在培养基中添加特定的刺激因子诱导干细胞分化成特定种类的目标细胞以用于细胞基人造肉的生产,如通过对肌卫星细胞的刺激,可以诱导其发生融合形成肌肉纤维的基本结构单元多核肌管细胞;4)后加工处理过程,分化后的细胞仍然是无色、非定性的细胞基人造肉结构单元,需要经过着色、成型、包装等一系列后加工处理过程方可制造出与传统肉品相似的细胞基人造肉产品。

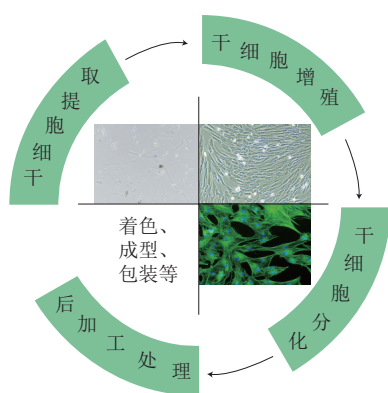


图2 细胞基人造肉的生产过程

Fig. 2 Production process of cell-based artificial meat

通过以上分析可知,细胞基人造肉的制造是一个复杂的技术工艺流程,集成了组织取样技术、细胞培养及发酵技术、3D打印技术、肉类加工技术等众多技术领域,因此难以用一个技术领域来描述整个生产过程,按照表2所述汉语中已有的对该类产品的命名看,“试管肉”的描述显然对细胞基人造肉不具有描述性;“培养肉”的描述只代表了整个生产工艺的一个步骤——细胞培养,并且在产业化后发酵技术的运用将是实现细胞低成本、大规模、快速增殖的主要手段;“干净肉”的描述对产品的描述性不够,而且容易给消费者留下刻意宣传的不良印象,同时可能导致与传统肉类生产者的进一步对立;人造肉是细胞基人造肉和植物基人造肉的统称,将细胞基培育肉描述成人造肉容易引起概念混淆;“体外合成肉”虽能够从广义上描述细胞基人造肉是在动物体外制造的事实,但“合成”的使用容易引起对其生产过程的错误理解,甚至可能给消费者留下该产品使用了神秘生物技术的印象,从图2可以看出细胞基人造肉的整个生产流程虽然有人为的调控,但都是自然生长和分化的过程,不涉及人为改造如转基因等。

与上述几种描述相比,“培育肉”的描述无论是从技术、市场还是汉语言本身所蕴含的意义层面考虑都具有较为明显的优势:1)在《辞海》的表述中,“培育”既可以单独作为词组也可以作为“培养、育成”之意的简称。“培育”若作为词组,在汉语中可用于表示“培育”新品种之意,“细胞基人造肉”作为一种新品种肉类,“培育肉”的命名可以将其与传统肉类进行区别的同时又不会跟“清洁肉”的描述一样造成与传统肉类的对立情绪,同时便于以后政府部门开展监管,“培育肉”的表述可以将其与传统肉类准确区分;“培育”若取“培养、育成”之意,“培养”二字表示“细胞基人造肉”生产过程中要经过生物组织培养的关键操作步骤;“育成”二字表示“细胞基人造肉”生产过程中的细胞诱导分化及后加工等多个生产过程,可较为全面地描述“细胞基人造肉”的生产过程。2)从细胞基人造肉在我国的市场化前景分析,“培育肉”的描述对潜在消费者具有足够的吸引力,“培育”二字可以提升产品的亲和力,让消费者感觉这是一个带有温度的可食用自然产品,而不仅仅是高科技生物技术的产物,避免出现“转基因”食品类似公关灾难,同时“培育”二字能客观地反映出“细胞基人造肉”的生产过程,有助于提升消费者对该产品的客观认识。

3 结语

通过对人造肉分类的综述分析可以看到,由于人类发展面临的人口、环境、资源等一系列压力,人类在肉类食品的供应方面已经开始尝试突破传统局限,尝试以人造肉替代传统的肉类。目前看,人造肉的发展主要有两个方向:植物基人造肉和细胞基人造肉。在技术上,植物基人造肉的发展较快,然而由于其不能提供真实动物蛋白,在未来市场的预期上细胞基人造肉更加被看好。未来,人造肉的口感和价格将是决定其是否能够替代传统肉类的关键。

通过对人造肉命名的综述分析可以发现,人造肉的命名不仅仅是一个学术称谓或监管名词,更是一个与人造肉的市场化发展息息相关的“广告语”,无论是利益相关者还是客观推动者都不能孤立地从自身的角度提出对人造肉相关术语的命名,而是应该从推动学术交流、促进市场发展、维护消费者利益、便于政府部门监管等多方面综合考虑提出合理化的命名建议,以促进人造肉产业在我国的健康发展。在此基础上,建议将植物基人造肉命名为“素肉”,将细胞基人造肉命名为“培育肉”。

参考文献:

- [1] BONNY S P F, GARDNER G E, PETHICK D W, et al. Artificial meat and the future of the meat industry[J]. *Animal Production Science*, 2017, 57(11): 2216-2223. DOI:10.1071/AN17307.
- [2] 王守伟, 陈曦, 曲超. 食品生物制造的研究现状及展望[J]. *食品科学*, 2017, 38(9): 287-292. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201709045.
- [3] 欧雨嘉, 郑明静, 曾红亮, 等. 植物蛋白肉研究进展[J/OL]. *食品与发酵工业*(2020-03-31)[2020-03-31]. <https://kns.cnki.net/KCMS/detail/11.1802.TS.20200330.1733.006.html>.
- [4] MACQUEEN L A, ALVER C G, CHANTRE C O, et al. Muscle tissue engineering in fibrous gelatin: implications for meat analogs[J]. *NPJ Science of Food*, 2019, 3: 20. DOI:10.1038/s41538-019-0054-8.
- [5] TOM B A, YULIA S, SHAHAR B S, et al. Textured soy protein scaffolds enable the generation of three-dimensional bovine skeletal muscle tissue for cell-based meat[J/OL]. *Nature Food*(2020)[2020-03-31]. <https://www.nature.com/articles/s43016-020-0046-5>.
- [6] GERHARDT C, SUHLMANN G, ZIEMSEN F, et al. How will cultured meat and meat alternatives disrupt the agricultural and food industry?[R/OL]. (2019-01-01)[2020-03-01]. <https://www.semanticscholar.org/paper/How-Will-Cultured-Meat-and-Meat-Alternatives-the/a9a1016f0eb1074257f1418ab0d8f3078e6b76a3>.
- [7] 国务院办公厅. 国务院办公厅关于稳定生猪生产促进转型升级的意见[J]. *饲料与畜牧*, 2019, 10: 5-8.
- [8] BRYANT C J, BARNETT J C. What's in a name? consumer perceptions of *in vitro* meat under different names[J]. *Appetite*, 2019, 137: 104-113. DOI:10.1016/j.appet.2019.02.021.
- [9] KUNST J R, HOHLE S M. Meat eaters by dissociation: how we present, prepare and talk about meat increases willingness to eat meat by reducing empathy and disgust[J]. *Appetite*, 2016, 105: 758-774. DOI:10.1016/j.appet.2016.07.009.
- [10] FRIEDRICH B. "Clean meat": the "clean energy" of food[EB/OL]. USA: Good Food Institute, (2016-09-06)[2019-03-30]. <https://www.gfi.org/clean-meat-the-clean-energy-of-food>.
- [11] 刘慧, 赵悦, 尹红力, 等. 素肉-大豆拉丝蛋白研究现状[J]. *现代食品*, 2018(15): 34-36. DOI:10.16736/j.cnki.cn41-1434/ts.2018.15.012.
- [12] Food and Drug Administration. Listing of color additives exempt from certification; soy leghemoglobin[EB/OL]. (2019-08-01)[2020-03-30]. <https://www.federalregister.gov/documents/2019/08/01/2019-16374/listing-of-color-additives-exempt-from-certification-soy-leghemoglobin>.
- [13] DENT M. Plant-based and cultured meat 2020-2030[EB/OL]. (2020-02)[2020-03-01]. <https://www.idtechex.com/en/research-report/plant-based-and-cultured-meat-2020-2030/702>.
- [14] 新华网. 我国“植物肉”产品市场发展蓬勃[EB/OL]. (2019-11-06)[2020-03-01]. http://www.xinhuanet.com/politics/2019-11/06/c_1125201350.htm.
- [15] 王士平, 张娟, 徐文杰, 等. 植物蛋白肉所致食物中毒致病因素及防控对策[J]. *临床合理用药杂志*, 2013, 6(5): 144-145. DOI:10.3969/j.issn.1674-3296.2013.05.132.
- [16] 靳智. 大豆蛋白在仿生食品应用中的研究进展[J]. *农产品加工*, 2015(4): 73-75. DOI:10.3969/j.issn.1671-9646(X).2015.02.049.
- [17] 陈航. 模拟肉食品的制造方法[J]. *食品科学*, 1980, 1(9): 8-9; 13.
- [18] ASCHEMANN-WITZEL J, PESCHEL A O. Consumer perception of plant-based proteins: the value of source transparency for alternative protein ingredients[J]. *Food Hydrocolloids*, 2019, 96: 20-28. DOI:10.1016/j.foodhyd.2019.05.006.
- [19] TZIVA M, NEGRO S O, KALFAGIANNI A, et al. Understanding the protein transition: the rise of plant-based meat substitutes[J]. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 2019. DOI:10.1016/j.eist.2019.09.004.
- [20] KRINTIRAS G A, GÖBEL J, VAN DER GOOT A J, et al. Production of structured soy-based meat analogues using simple shear and heat in a Couette Cell[J]. *Journal of Food Engineering*, 2015, 160: 34-41. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2015.02.015.
- [21] 百度百科. 素肉[EB/OL]. (2010-05-14)[2020-03-01]. <https://baike.baidu.com/item/素肉#1>.
- [22] 马瑞. 素食文化发展探究[J]. *福建质量管理*, 2015(12): 35. DOI:10.16686/j.cnki.35-1087/f.2015.12.019.
- [23] 赵鑫锐, 王志新, 邓宇, 等. 人造肉生产技术相关专利分析[J]. *食品与发酵工业*, 2020, 46(5): 299-305. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.023550.
- [24] SERVICK K. U.S. lawmakers float plan to regulate cultured meat[J]. *Science*, 2018, 360: 695. DOI:10.1126/science.360.6390.695.
- [25] ROLLINS B, RUMLEY R. The regulation of "cell-cultured meat"[R]. USA: National Agricultural Law Center, 2019. [2020-03-11]. <https://nationalaglawcenter.org/wp-content/uploads/assets/articles/rollins-rumley-Cell-cultured-meat.pdf>.
- [26] STEPHENS N, DI SILVIO L, DUNSFORD I, et al. Bringing cultured meat to market: technical, socio-political, and regulatory challenges in cellular agriculture[J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2018, 78: 155-166. DOI:10.1016/j.tifs.2018.04.010.
- [27] WEINRICH R, STRACK M, NEUGEBAUER F. Consumer acceptance of cultured meat in Germany[J]. *Meat Science*, 2020, 162: 107924. DOI:10.1016/j.meatsci.2019.107924.
- [28] RUPP R. Meat, shmeat[EB/OL]. (2014-09-16)[2020-03-25]. <https://www.nationalgeographic.com/culture/food/the-plate/2014/09/16/meat-shmeat/>.
- [29] The Good Food Institute. Clean meat: the naming of tissue-engineered meat[EB/OL]. (2014-09-16)[2020-03-25]. <http://mfait.gfi.org/the-naming-of-clean-meat>.
- [30] SZEJDA K. Cellular agriculture nomenclature: optimizing consumer acceptance[R]. Washington, DC: The Good Food Institute, (2018-09-01)[2020-03-25]. <https://www.gfi.org/images/uploads/2018/09/INN-RPT-Cellular-Agriculture-Nomenclature-2018-0921.pdf>.
- [31] SZEJDA K, ALLEN M, CULL A, et al. Meat cultivation: embracing the science of nature[R]. Washington, DC: The Good Food Institute, (2019-06-26)[2020-03-21]. <https://www.gfi.org/files/GFI-Draft-Meat-Cultivation-Report-v8.pdf>.
- [32] TATUM M. Meat the future... and how to market it[EB/OL]. (2017-01-06)[2020-03-10]. <https://www.thegrocer.co.uk/meat/meat-the-future-and-how-to-market-it/546754.article>.
- [33] BRYANT C, SZEJDA K, PAREKH N, et al. A survey of consumer perceptions of plant-based and clean meat in the USA, India, and China[J]. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2019, 3: 1-11. DOI:10.3389/fsufs.2019.00011.
- [34] SMITH A. US views of technology and the future[R/OL]. Washington, DC: Pew Research Center. (2014-04-17)[2020-03-11]. <http://www.pewinternet.org/2014/04/17/us-views-of-technology-and-the-future/>.
- [35] Yahoo! Lifestyle. You asked: should I be nervous about lab-grown meat?[EB/OL]. (2016-09-14)[2020-03-25]. <https://www.yahoo.com/lifestyle/asked-nervous-lab-grown-meat-120000235.html>.
- [36] O'RIORDAN K, FOTOPOULOU A, STEPHENS N. The first bite: imaginaries, promotional publics and the laboratory grown burger[J]. *Public Understanding of Science*, 2016, 26(2): 148-163. DOI:10.1177/0963662516639001.
- [37] BHAT Z F, BHAT H. Animal-free meat biofabrication[J]. *American Journal of Food Technology*, 2011, 6(6): 441-459. DOI:10.3923/ajft.2011.441.459.
- [38] GREIG K. "Clean" meat or "cultured" meat: a randomized trial evaluating the impact on self-reported purchasing preferences[R]. Berkeley: Animal Charity Evaluators, 2017.

- [39] EDELMAN P D, MCFARLAND D C, MIRONOV V A, et al. Commentary: *in vitro*-cultured meat production[J]. Tissue Engineering, 2005, 11 (5/6): 659-662. DOI:10.1089/ten.2005.11.659.
- [40] DATAR I, BETTI M. Possibilities for an *in vitro* meat production system[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2010, 11(1): 13-22. DOI:10.1016/j.ifset.2009.10.007.
- [41] MARCU A, GASPAR R, RUTSAERT P, et al. Analogies, metaphors, and wondering about the future: lay sense-making around synthetic meat[J]. Public Understanding of Science, 2015, 24(5): 547-562. DOI:10.1177/0963662514521106.
- [42] VERBEKE W, MARCU A, RUTSAERT P, et al. 'Would you eat cultured meat?': consumers' reactions and attitude formation in Belgium, Portugal and the United Kingdom[J]. Meat Science, 2015, 102: 49-58. DOI:10.1016/j.meatsci.2014.11.013.
- [43] DAHLGREEN W. No British demand for fake meat[EB/OL]. (2013-08-05)[2020-03-11]. <https://yougov.co.uk/topics/politics/articles-reports/2013/08/05/no-demand-fake-meat>.
- [44] ZIMMERMAN E. What should we call lab-grown meat?[EB/OL]. (2018-11-09)[2020-02-15]. <https://www.thecut.com/2018/11/what-should-we-call-lab-grown-meat.html>.
- [45] FOX J L. Test tube meat on the menu?[J]. Nature Biotechnology, 2009, 27(10): 873. DOI:10.1038/nbt1009-873.
- [46] GRRIGGS B. How test-tube meat could be the future of food[EB/OL]. (2014-05-05)[2020-03-20]. <https://edition.cnn.com/2014/04/30/tech/innovation/cultured-meat/>.
- [47] 徐德芳. 科学家制造出“人造肉”[J]. 农村工作通讯, 2010(14): 30-31.
- [48] 吕静. 体外合成肉,你敢吃吗?[J]. 中国新闻周刊, 2011(36): 73.
- [49] 李彦虎. 未来二十年我们吃什么[J]. 课外阅读, 2012(21): 54-55.
- [50] 凤凰网. ‘细胞培养肉’即将摆放在大家的餐盘里[EB/OL]. (2018-08-15)[2020-03-25]. <https://tech.ifeng.com/c/7fNnuL8UxnI>.
- [51] 凤凰网. 疯狂的人造肉: 比养猪快几万倍,你敢吃吗?[EB/OL]. (2020-03-25)[2020-03-25]. <http://finance.ifeng.com/c/7lrnhcxf8>.
- [52] 人民网. 人造肉来了,你想吃吗?[EB/OL]. (2019-09-06)[2020-03-25]. <http://society.people.com.cn/n1/2019/0906/c1008-31339382.html>.
- [53] 赵鑫锐, 张国强, 李雪良, 等. 人造肉大规模生产的商品化技术[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(11): 248-253. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.020859.
- [54] 董桂灵. “培育肉”的研究进展及相关专利申请[J]. 中国发明与专利, 2019, 16(7): 71-75. DOI:10.3969/j.issn.1672-6081.2019.07.012.
- [55] 王廷玮, 周景文, 赵鑫锐, 等. 培养肉风险防范与安全管理规范[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(11): 254-258. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.021100.
- [56] 界面新闻. 未来我们吃的肉,可能都是“种”出来的[EB/OL]. (2018-04-25)[2020-03-25]. https://www.sohu.com/a/229373629_313745.
- [57] U.S. Department of Agriculture (USDA), Food and Drug Administration (FDA). Formal agreement between the U.S. department of health and human services food and drug administration and U.S. department of agriculture office of food safety[EB/OL]. (2019-03-07)[2020-03-25]. <https://www.fsis.usda.gov/wps/wcm/connect/0d2d644a-9a65-43c6-944f-ea598aacdec1/Formal-Agreement-FSIS-FDA.pdf?MOD=AJPERES>.