

News & Highlights

工程师的晚餐——人造肉能否拯救环境？

Chris Palmer

Senior Technology Writer

2019年6月的一个温暖的夜晚，在美国俄勒冈州波特兰市的Olympia Oyster Bar餐厅，12个人正坐在一起享用着一顿美味晚餐，晚餐包括酸橘汁腌鲑鱼、风干火腿和鞑靼牛肉（图1）。然而，这些菜肴并不普通。因为其中所用到的500 g鲑鱼肉并非来自海洋，而是由研究人员在实验室生物反应器中精心培育了数周获得的产物[1]。

“品尝了鲑鱼肉的客人告诉我们，人工鲑鱼肉在质地、风味和外观上已经非常接近他们最喜爱的鲑鱼肉料理了”，总部位于美国旧金山的实验室人工培养鲑鱼肉的初创公司Wild Type的联合创始人Justin Kolbeck说。“准备食物的三位厨师认为，我们的鲑鱼肉非常适合用



图1. 这道开胃菜是将鲑鱼肉切成薄片，然后放在紫色玉米饼上，再配上牛油果、腌洋葱和香菜。这道菜是美国俄勒冈州波特兰市一家餐厅在2019年6月举行的品尝晚宴上推出的一道菜。在实验室培育了数周的500 g鲑鱼肉成为了这道菜的亮点。资料来源：Wild Type，经许可。

于烹饪寿司卷、酸橘汁腌鱼等多种传统美食。”

尽管晚餐很成功，但你别想着你能很快在当地的市场上找到这种鲑鱼肉。尽管专家们一致认为，要使纯实验室培养的鱼、鸡肉或牛肉实现商业化还有很长的路要走，但是生产人造肉的步伐却在加快。100多家初创公司和食品行业的拥护者正在运用科技手段来设计更健康、更可持续发展的植物性人造肉来替代农场养殖肉，这些人造肉的外观和味道（但愿还有成本）非常像真肉，可以同时吸引肉食者和素食者。

引领无肉汉堡风潮的是植物汉堡Impossible Burger，这种汉堡是由位于美国加利福尼亚州雷德伍德城的初创公司Impossible Foods推出的。该公司于2019年8月与美国快餐连锁店Burger King合作，在其所有7200家分店推出了“Impossible Whopper”[2]，这使得全球范围内供应Impossible Foods公司的无肉汉堡的餐厅总数超过1.7万家。但是，消费者可以不用外出就餐就能享受Impossible Foods公司的无肉汉堡（图2）。2019年9月，该公司在美国100多家食品零售店以打包的形式向消费者推出了其产品。

到2030年，人工肉市场价值可能达到850亿美元[4]。Beyond Meat这家初创公司也想在这个领域分得一杯羹，其产品供应给了2万家食品零售店和1万家餐厅[5]，并于近期启动了近20年来最成功的首次公开募股（IPO）[6]。雀巢（Nestlé）、家乐氏（Kellogg）等传统肉类生产商最近发布的植物性产品分别叫做“the Awesome Burger”和“the Incogmeato Burger”。

Impossible Foods公司推出的下一个产品是植物猪



图2. 2018年，美国加利福尼亚州推出了植物汉堡Impossible Burger。这种以豆类为基础的“肉类”含有一种名为亚铁血红素的小分子，这种小分子是在装有转基因酵母的巨大容器中发酵产生的。亚铁血红素可以使植物汉堡Impossible Burger在烹饪时保持其中间人造肉肉质的粉红色，并赋予它肉的味道。资料来源：Sarah Stierch, Wikimedia Commons (CC BY 4.0)。

肉。2020年1月推出的[7] Impossible Pork的主要成分与该公司的人造牛肉的主要成分相同。Impossible Pork的蛋白质和铁含量与真正的猪肉的蛋白质和铁含量相似，但是它含有更少的胆固醇、脂肪和卡路里，且钠含量较高。该公司计划在中国大力推广其新“猪肉”产品，因为中国是世界上最大的猪肉生产国，但近年来，非洲猪瘟导致其超过1/3的生猪死亡[7]。

与之前的“植物汉堡”(veggie burger)不同，这种新的科技产品不一定针对的是纯素食者和素食者。相反，目前该类产品的的主要目标是解决人们对肉类给健康和环境带来影响的担忧。

“这些产品的消费群体是肉食者，主要是千禧一代，他们喜欢肉的味道，但又渴望以更健康、可持续和合乎道德的方式进行消费”，Good Food Institute的科学和技术总监David Welch说。Good Food Institute是一家位于美国华盛顿特区的非营利性组织，该组织是肉类替代品行业的支持者。

吃肉会增加人类患心血管疾病、2型糖尿病和某些癌症的风险[8]。越来越多的养殖者在动物饲料中使用抗生素，这种已知的增加抗生素耐药性的做法，预计到2050年每年将导致1000万人死亡[9]。同时禽流感 and 猪流感病毒很容易通过屠宰场中广泛存在的粪便传播给人类。但是，关于人造肉健康的消息并不完全属实，因为大多数无肉汉堡比牛肉汉堡含有更多的钠，而且植物汉堡Impossible Burger含有较高的亚铁血红素，这会增加人类患2型糖尿病的风险[10]。

潜在的环境影响可能更能直接地引起人们的注意。当前，畜牧业排放的温室气体总量占人类温室气体排放总量的14.5%，其超过了整个运输行业的温室气体排放总量[11]。一份由Beyond Meat公司委托撰写的2018年的报告指出，与利用美国牛肉制作汉堡相比，制作Beyond Burger产生的温室气体排放量减少了90%，并且生产所需的能源减少了46%、水消耗量减少了99%、土地使用量减少了93% [12]。

虽然无肉肉类潜在的健康和环境益处很吸引消费者，但让他们放下鱼片、火鸡三明治和鸡翅的关键因素是，要创造一种可以完全还原食物味道和质地的产品。Impossible Foods公司花费超过100万美元，研发了一种名为亚铁血红素的小分子，这种小分子是在装有转基因酵母的巨大容器中发酵产生的[2]。亚铁血红素可以使植物汉堡Impossible Burger在烹饪时保持其中间人造肉肉质的粉红色，并赋予它肉的味道。

Beyond Meat公司的研发工作同样令人印象深刻。在美国加利福尼亚州的一个改装后的飞机库内，该公司的数十名食品科学家利用“电子舌头”(E-tongue)来测试新产品。E-tongue是一个两英尺高的压碎机，它可以将汉堡捣碎以评估其咀嚼性和弹性，同时“电子鼻”(E-nose)可以隔离1000多个动物和植物分子，以便更好地理解每个分子如何构成气味和味道[5]。

Welch说：“这些新公司试图做的基本上是分解牛肉，以追求恰到好处的口味、合适的质地、恰如其分的口感，甚至是相宜的香气和烹饪时的外观。”

对于那些不太愿意放弃肉食，但仍希望在饮食中加入更多植物成分的消费群体，他们也可以进行混合选择，如将鸡肉与花椰菜和鹰嘴豆混合在一起的Perdue公司生产的“Chicken Plus”鸡块，以及将牛肉与豌豆蛋白混合在一起的Tyson Foods公司生产的汉堡。

也许肉类的终极替代品是所谓的“人工养殖”肉或“实验室培养”肉，就像位于美国波特兰市的那家餐厅提供的Wild Type公司的鲑鱼肉。生物工程师按照以下四个主要步骤来培育“实验室培养”肉：① 获取动物肌肉组织的样本；② 利用物理和化学方式分解肌肉，从肌肉中分离出一种名为卫星细胞的干细胞；③ 在充满动物血清和其他营养物质的生物反应器中培养卫星细胞，使这些细胞繁殖成数百万个名为成肌细胞的特殊肌肉细胞；④ 将成肌细胞的细纤维加工成“肉”[13]。

美国马萨诸塞州伍斯特理工学院(Worcester Polytechnic Institute)的生物医学工程教授，Glenn Gaudette

表示：“第一批将要投放于市场的培养肉是被磨碎的肉，如汉堡、鱼饼、鸡块、香肠等。”

要培育出更复杂的“实验室培养”肉，如牛排和鸡胸肉，肌肉纤维只是第一步。肉的独特风味和质地需要由脂肪和结缔组织共同构成。Gaudette说：“大多数人可能不太喜欢纯肌肉牛排的味道，我们还需要在其中放一些脂肪细胞。”

尽管肌肉、脂肪和结缔组织都可以在实验室里被培养出来，但每种组织都需要有适合它自己的、极为特殊的生长环境，这让人们将不同组织培育成一块肉变得困难。生物工程师正在尝试以最有效的方式将不同类型的细胞培育在一起，并以一种近似于肉类质地的方式进行培育。

一种可能的解决方案是借用植物，如菠菜，我们要剥除其细胞结构以外的所有叶子[14]。然后，纤维状的叶片骨架就变成了一个支架，在这个支架中，牛肉、猪肉或鸡肉中的各种细胞类型可以以特定的模式生长。其他研究人员正在尝试利用去细胞的菠萝蜜、苹果片、朝鲜蓟和蘑菇来制作支架。Gaudette说：“最后，你会得到一个完全可食用的支架，而且你可以直接将其拿去食用。”他的实验室目前正在研发一种以菠菜为基础的支架用于牛肉的培育。

除了口味和质地外，人造肉行业还面临着另一个更大的困难。分子生物学家和心脏病学家Arye Elfenbein说：“摆在我们所有人面前的问题是，怎样才能以最好方式扩大这个行业的规模，并以合理的成本让尽可能多的人使用相关产品。”他与Kolbeck共同创立了Wild Type公司。这里关键的问题是“合理的成本”。目前，还没有一家公司能够在不使用昂贵的动物血清的情况下培育出人工牛肉[14,15]（但是，Wild Type公司声称他们能够在不使用血清的情况下培育出鲑鱼肉）。1 L血清的价格为400~900美元。2013年，生物工程师用50 L血清制作出了世界上第一个人造肉汉堡（图3）[16]。

美国加利福尼亚州大学伯克利分校（University of California at Berkeley）替代肉类项目的研究室主任Ricardo San Martin说，科学家们也正在努力开发一种合成血清，但即使有了一种便宜的替代品，“实验室培养”肉的价格也不太可能下降到具有竞争力的水平。他提醒道，即使是工厂规模，运行这些生物反应器和其他设备的成本也会很高，由传统方式养殖获取的肉类和素食替代品在成本上将总是比人工培育的肉类至少节省90%。



图3. 2013年8月5日，在伦敦举行的新闻发布会上，世界上第一个人造牛肉汉堡被制作完成。该人造肉产品是由荷兰马斯特里赫特大学（Maastricht University）的一组科学家团队培育，成本为32.5万美元[16]。资料来源：World Economic Forum, Wikimedia Commons (CC BY-SA 3.0)。

“这不是一个能用热情、智慧，甚至金钱可以解决的问题”，San Martin说，“我们可能会看到，人造肉市场最终会成为一个非常小众的市场”。

References

- [1] Yaffe-Bellany D. The fish is boneless. (Fishless, too) [Internet]. New York: New York Times; 2019 Jul 10 [cited 2019 Nov 27]. Available from <https://www.nytimes.com/2019/07/10/business/fake-fish-impossible-foods.html>.
- [2] Friend T. Can a burger help solve climate change? [Internet]. New York: The New Yorker; 2019 Sep 23 [cited 2019 Dec 3]. Available from: <https://www.newyorker.com/magazine/2019/09/30/can-a-burger-help-solve-climate-change>.
- [3] Tyko K. Impossible Burger goes on sale at all Wegmans and two Fairway Market stores Thursday [Internet]. McLean: USA Today; 2019 Sep 25 [cited 2019 Dec 3]. Available from: <https://www.usatoday.com/story/money/food/2019/09/25/impossible-burger-plant-based-meat-launches-wegmans-sept-26/2435503001/>.
- [4] The food revolution [Internet]. Zurich: UBS; [cited 2019 Nov 26]. Available from <https://secure.ubs.com/public/api/v2/investment-content/documents/tuudVgdJfUwT-j7iB67MCg?apikey=Y8VdAx8vhk1P9YXDIEoO2Eoco1fqKwDk&Accept-Language=de-CH>.
- [5] Raphael R. Exclusive: Inside Beyond Meat's innovative future food lab [Internet]. New York: Fast Company; 2018 Jul 19 [cited 2019 Dec 3]. Available from: <https://www.fastcompany.com/90202590/exclusive-inside-beyond-meats-innovative-future-food-lab>.
- [6] Zhang N. How Beyond Meat's stock surged 500% in 2019 [Internet]. Englewood Cliffs: CNBC; 2019 Sep 14 [cited 2019 Dec 3]. Available from: <https://www.cnbc.com/2019/09/14/beyond-meat-stock-how-the-alternative-meat-company-surged-500-percent.html>.
- [7] Bitker J. Move over, Impossible Burger. Impossible Pork is coming to Burger King [Internet]. San Francisco: San Francisco Chronicle; 2020 Jan 7 [cited 2020 Jan 8]. Available from: <https://www.sfchronicle.com/food/article/Move-over-Impossible-Burger-Impossible-Pork-is-14953558>.
- [8] Zheng Y, Li Y, Satija A, Pan A, Sotos-Prieto M, Rimm E, et al. Association of changes in red meat consumption with total and cause specific mortality among US women and men: two prospective cohort studies. *BMJ* 2019; 365:12110.
- [9] Humphreys G, Fleck F. United Nations meeting on antimicrobial resistance. *Bull World Health Organ* 2016;94:638-9.
- [10] Bao W, Rong Y, Rong S, Liu L. Dietary iron intake, body iron stores, and the risk of type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *BMC Med* 2012;10:119.
- [11] Gerber PJ, Steinfeld H, Henderson B, Mottet A, Opio C, Dijkman J, et al. Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities [Internet]. FAO; c2013 [cited 2019 Dec 3]. Available from: <http://www.fao.org/3/a-i3437e.pdf>.
- [12] Heller MC, Keoleian GA. Beyond Meat's beyond burger life cycle assessment: a detailed comparison between a plant-based and an animal-based protein source [Internet]. Ann Arbor: University of Michigan; 2018 Sep 14 [cited 2019 Nov 26]. Available from: <http://css.umich.edu/publication/beyond-meats>

beyond-burger-life-cycle-assessment-detailed-comparison-between-plant-based.

- [13] Touloumes G. Making steak out of spinach: how bioengineering could change meat production [Internet]. Cambridge: Harvard University Science; 2018 Feb 27 [cited 2019 Nov 26]. Available from: <http://sitn.hms.harvard.edu/flash/2018/making-steak-spinach-bioengineering-change-meat-production/>.
- [14] Sprecht EA, Welch DR, Clayton, EMR, Lagally CD. Opportunities for applying biomedical production and manufacturing methods to the development of the clean meat industry. *Biomed Engineering J* 2018; 132:161–8.
- [15] Reynolds M. The clean meat industry is racing to ditch its reliance on foetal blood [Internet]. London: WIRED UK; 2018 Mar 20 [cited 2019 Nov 26]. Available from: <https://www.wired.co.uk/article/scaling-clean-meat-serum-just-finless-foods-mosa-meat>.
- [16] Fountain H. A lab-grown burger gets a taste test [Internet]. New York: New York Times; 2013 Aug 5 [cited 2019 Nov 27]. Available from: <https://www.nytimes.com/2013/08/06/science/a-lab-grown-burger-gets-a-taste-test.html>.