

细胞农业展示未来潜力

Cellular agriculture shows future potential

后动物食品的发展将确保日常的食品消费

Post-animal food is going forward to assure every day's food consumption

相对而言，生物技术目前还处于石器时代。其在食品生产的应用还仅仅停留于表面。生物技术、特别是细胞农业最终将能够利用可再生能源，并通过健康食品和其他日用品满足消费者的需求，同时为全球迅速增长的人口提供生态可持续性。这项技术也被称为“后农业食品生产”，具有使食品生产更卫生、更廉价也更灵活的潜力，同时在废物处理、动物健康支持和产业链管理领域会留下较少的“碳排放指纹”。

Biotechnology is presently in the Stone Age, comparatively speaking. Its application to food production has only scratched the surface. Biotechnology and in particular cellular agriculture will eventually be able to utilize renewable energy sources and address consumer needs with wholesome food and other every day's products, as well as provide the world's rapidly growing population with ecological sustainability. The technology is also termed post-agriculture food production has the potential to make cleaner, cheaper as well as more flexible food production, while leaving fewer "fingerprints" in the areas of waste, animal health support and chain management.

作者 Henk Hoogenkamp

历史已经证明，当人们面临突破性技术时，特别是涉及到食品时，都会持怀疑态度，甚至充满敌意。例如，在

引进转基因生物(GMO)的早期，美国公司提出了虚假和误导性的预期，包括作出利己和以自我为中心的预测。

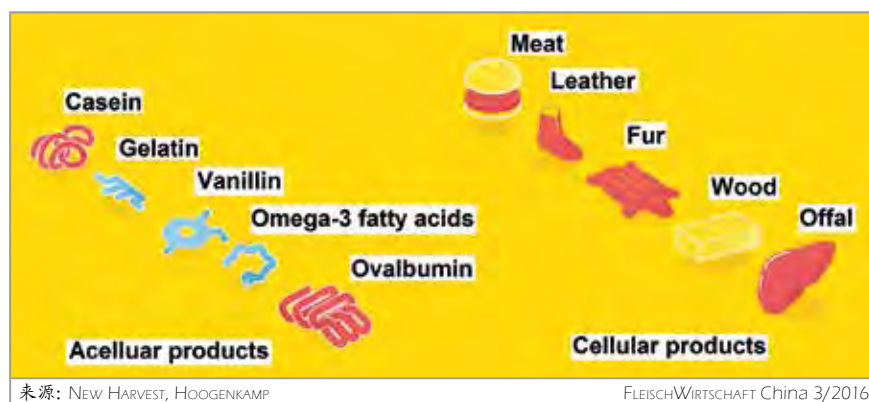


图1: 农业产品可以划分为无细胞(不含细胞)或有细胞(含细胞)产品。

结果，这个问题的极端复杂性使消费者变得更加困惑。细胞农业远离GMO的争议，其技术干净而又纯洁，所有利益相关者应通过公开和坦诚的对话进行沟通交流。

纵观历史，人们选择动物、植物和微生物，人为使其杂交来改善遗传组合，从而丰富了食品供应的健康性。从这个角度来说，细胞和基因技术没有什么新意。人们一直在利用技术使生活更轻松、更安全，而且在21世纪全球加速了变化。有“传统的”或农业驱动的变革，如育种和驯化动物，还有技术推动的变革，像开发创新的可再生能源和可持续细胞农业粮食生产。

农业文明的到来比技术推动时代要早几千年，但技术推动的发明此后压倒了农业的主导地位。

细胞农业是一个真正的突破性创业领域，目前仍处于早期创意阶段，需要更多的资金支持。

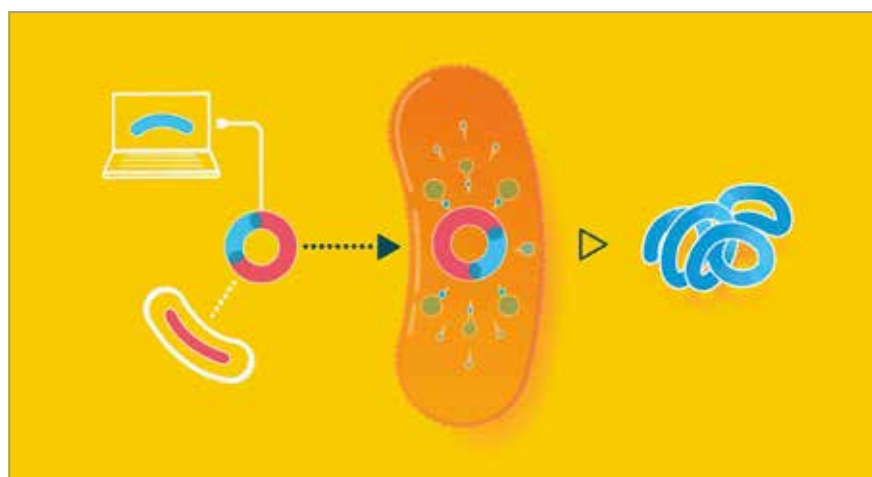
唯一永恒的就是变化

食品科学世界正在快速进军到新的领域，利用后动物生物技术和生物经济学模型，为迅速增长的世界人口提供可持续的和健康的粮食保障和丰富营养。

从基本术语上讲，动物产品都是从细胞培养中而不是动物身上“收获”的。通过将医学组织工程基础和细胞培养结合起来，粮食生产可实现真正的革命。很可能，这些新产品将首先以有限的规模在餐馆供选用，并于2020年进行商业推广。

先进的开创性工作，动物产品——比例如蛋清、牛奶(包括微胶粒酪蛋白)和肉类——都是由生物反应器产生，而不是通过饲养动物来生产。

细胞农业是由细胞培养物生产农产品的“耕作方式”。培养出的动物细胞与传统收获的农业产品几乎完全一样。毫无疑问，这些也被称为“细胞农业”的新技术，最终将脱颖而出，成为生产“素食肉”或“免杀肉”的首要模式。这些产品与从屠宰动物身上获得的肉质几乎完全一样。



来源: NEW HARVEST, HOOGENKAMP

FLEISCHWIRTSCHAFT China 3/2016

图2: 要想制作可以生产动物蛋白的启动因子, 需要将蛋白基因插入到微生物中。这样就能产生所需的蛋白质。只能一次性制作启动因子。

原则上细胞农业(图1)可划分为:

■ 由不含细胞或活物质的有机分子构成的非细胞产品, 如蛋白质和脂肪。

非细胞制品的实例有: 明胶、酪蛋白、 ω -3脂肪酸、椭圆白蛋白、香草醛。

■ 细胞性产品由活细胞或曾经存活的细胞制成。

细胞性产品的例子有: 皮、肉、皮毛、内脏、木材。

非细胞动物产品是用细菌和酵母等微生物直接合成的, 而不需要动物。这种技术生产的食品与从动物身上获得的传统产品完全一样。

通常是将蛋白质基因插入到作为启动因子的微生物(发酵剂)中(图2)。新建的重组DNA产生相同的原始产品, 如奶酪蛋白——牛奶蛋白衍生物。后动物生物技术将会取代动物乳房, 利用生物反应器来完成相同功能。奶牛DNA序列被插入酵母细胞后, 培养物在预设的可控温度和浓度条件下生长。

一旦建立了微生物启动因子环境, 插入微生物的蛋白基因便能繁殖和生长。由一个传统产品转化为非细胞食品的例子是牛奶。该技术利用单糖制造出酪蛋白这样的牛奶蛋白, 无须奶牛就能生产牛奶。

细想一下, 通过细胞培养的非细胞动物产品还真不是什么新鲜事。与人类

分泌的胰岛素相同产品——用于治疗糖尿病——就是用转基因微生物(酵母或细菌)制成。香兰素和凝乳酶也是基因改变细菌、真菌或酵母的例子。

凝乳酶是制奶酪的基本成分(FDA, 1990年3月)。过去, 凝乳酶是从小牛犊第四个胃的黏膜中提取的。自1990年美国FDA批准以来, 凝乳酶被认为是用于食品的第一个转基因产品, 目前在全球范围内被几乎所有的奶酪公司采用。与从动物身上获得的(传统)凝乳酶相比, 细胞培养的凝乳酶更可靠、性能可预测性更佳、更纯净, 也更加便宜得多。

组织工程的科学(图3)——像培育用于人类的功能器官一样——类似于培养食用肌肉组织。或许, 唯一的区别是生产规模和产量。组织工程是一门相对较新的学科, 重点研究移植所用再造器官、人体管道和皮肤的临床应用。因为要用于活人身上, 这些应用需要发挥并维持其生物学功能, 即不会被此人的免疫系统排斥。

医疗应用中的再生生物材料技术和用于培养“试管”肉的技术惊人相似(图4)。实际上, 唯一的区别是, 合成细胞“试管”肉需要复制或模拟传统的感官质量, 例如颜色、风味和质感, 以及诸如蛋白质和矿物质等营养参数。

毫无疑问, 相比于传统农业和动物保健, 细胞农业对生态和环境的不良影响较小。

影响分数概览:

- 地球上无冰的地面大约25%都被用作发展畜牧业。此面积占用于农业所有土地的约70%。
- 淡水排放的大约30%用于生产动物源产品, 包括肉制品、乳制品和蛋类。
- 由畜牧业产生的温室气体排放(18%)高于全球运输的温室气体排放(12%)。
- 给家畜大量使用抗生素导致对人类对抗生素的耐药性有重大影响。
- 大多数——如果不是全部——细菌(如大肠杆菌和沙门氏菌)污染引起的食源性疾病都源自畜禽养殖, 包括播撒其垃圾用于栽种植物, 也包括有机农业。
- 全球对动物性食品的需求大幅增加——2016年屠宰了600亿头, 并将于2050年增加至1000亿——这将会给动物福利造成巨大压力, 包括工厂化养殖场存在的问题、密集关养和不良屠宰条件等问题。

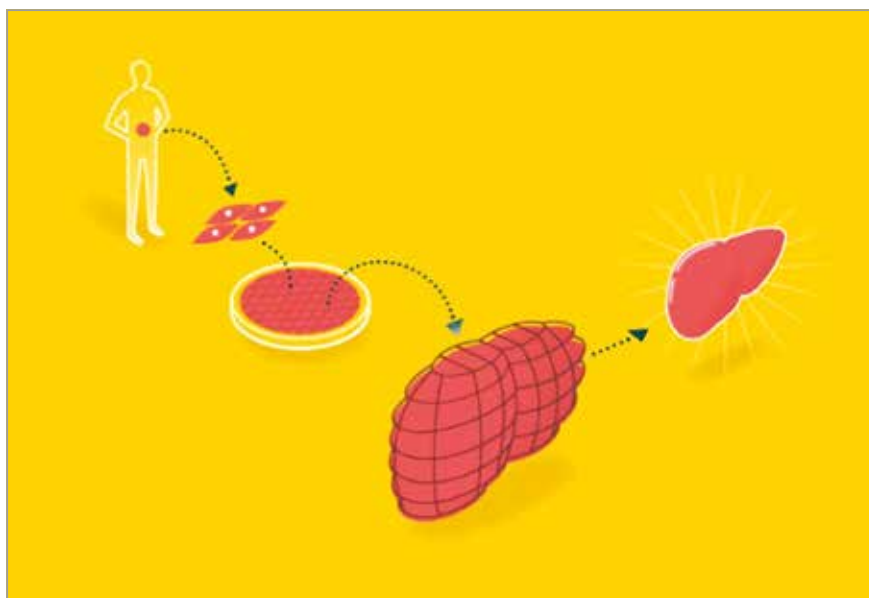
今天的未来食品

通常某种启动因子的细胞汇集于支架上, 与血清一起在促进生长的环境(=生物反应器)中生长。在动物体内, 血管保证营养物质的运输, 并从组织内清除废物。但由于试管肉缺乏血管, 组织也只能达到大约0.5mm的厚度(图5)。这一特征解释了为什么所有初始开创性研究都集中在用于汉堡包肉饼和肉丸子的肉末上, 而不是整块牛排或其他整块肉产品。

未来到来的速度要比很多人想象的快。细胞农业产品, 如培养的肉、奶制品和蛋类能显著减少环境和生态压力因素, 更何况可以通过剥离不必要的化合物(如饱和脂肪和乳糖)以提高食品品质, 制造无乳糖牛奶或无胆固醇鸡蛋。

另外, 还要考虑公共安全方面的影响。通过降低和消除诸如抗生素耐药性、疾病和病毒爆发和微生物性食品污染等多种风险, 对其加以控制。

细胞农业展示未来潜力



来源: NEW HARVEST, HOOGENKAMP

FLEISCHWIRTSCHAFT China 3/2016

图3: 当今组织工程的一个主要目标是为患者培植功能器官。从患者身上提取活体组织, 并在合适的支架上采用病人的细胞培植器官。目标是培养可以移植到患者体内的器官, 且不会被排斥。

一种新常态?

离商业化生产“试管”肉只有几年的时间, 而世界上第一个大规模(25,000升)的生物反应器可能在2020年成为现实。虽然一些鱼和家禽项目也在进行, 牛肉复制还是最先进的, 而引进试管汉堡包现在也是指日可待。

这种在传统意义上根本就是“素食”的“肉”, 分离具有再生能力并为其提供氧气、营养和矿物质的动物细胞。试管肉除了更健康、更安全、更具可持续性之外, 与传统饲养的动物相比, 用水量、土地消耗、饲料转化、动物卫生服务和劳动力方面的环境效益会大幅减少。

培植细胞肉的优点:

- 无细菌污染
- 改变饱和脂肪含量的替代方法
- 不用饲料/无生长转换率
- 无需动物保健专家
- 不需要牧场
- 无过度生长周期。

建立试管(或人造)牛肉的方法是从动物身上或未出生牛犊的牛血清中提取肌肉细胞, 然后放入生物反应器内的血清营养液中培养, 进而生成小肌肉骨骼组织。据估计, 生产一个100克的汉堡包大约需要有12,000条这样的纤维链, 不

包括在后来制作过程中添加的脂肪。汉堡包脂肪含量通常在18%至26%之间。

不仅需要生产出肉纤维的培养链。开发培养脂肪技术也同样重要。毕竟, 脂肪才能提供消费者所期望的必要风味。试管肉仍然是在其早期创意阶段, 最终生产效率和经济性将起作用, 将产品的成本降低到可与传统牛肉竞争的水平。然而, 这些由“试管”动物细胞制成的产品也可以与传统的动物脂肪源混合和/或利用植物油乳化原料进行强化。

要进一步加强“试管”肉的经济性并改善其可持续性, 这些产品中将很可能会注入能够独特模拟肉质纹理和其他具期望的感官特征结构的植物蛋白成分。要模拟血红蛋白红肉汁及其颜色, 可以利用改性植物提取物, 如藏红花、红甜菜和樱桃等。

新现实

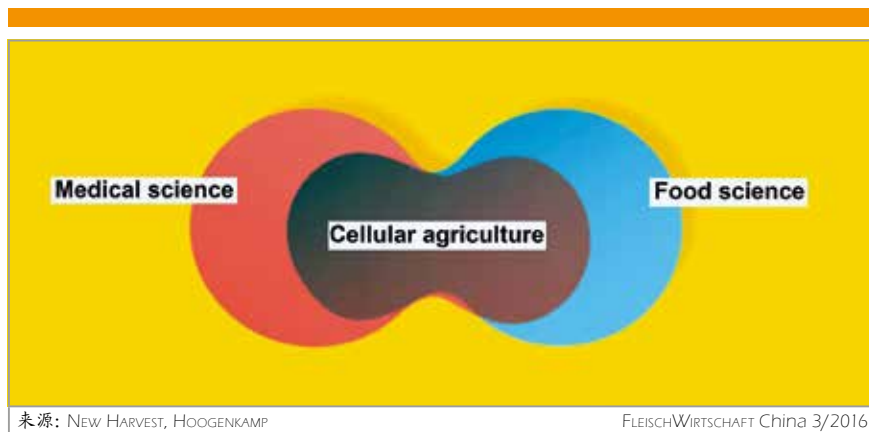
很明显, 世界不能仅仅依靠耕地的增加。相反, 需要应用新技术以满足未来的食品需求。在过去的几十年间, 在增加动物和植物蛋白生产方面取得了重大进展。然而, 需要更多的创新以便在2050年之前大幅增加当前食品生产。

后农业生物学将成为食品科技的下一个新名词。细胞生物学所涉及的技术, 就是将植物基因在酵母环境进行处理, 通过发酵产生新化合物。最终, 细胞生物技术将发展成为一个具有成本效益和生态可持续性的模式平台。

一种新常态?

下一阶段的基因工程可比自然界更高效地生产, 不用土地, 并且不依赖于天气条件。

计算机算法现在常常用于分析植物物种, 一旦确定, 可以进行重组, 以创造具有特别设计的蛋白质特性, 包括营养价值、味道、香味和功能性能。按当今的说法, 分离和重组食品组成成分将进一步扩大食品科学的范畴。



来源: NEW HARVEST, HOOGENKAMP

FLEISCHWIRTSCHAFT China 3/2016

图4: 细胞农业是一个新兴研究领域, 处在医学科学和食品科学的交叉点。其中用到组织工程中的专业知识和医学中的细胞培养技术, 而其应用则属于食品科学范畴。

原则上，细胞培养成分——主要利用DNA序列获得——在化学性质方面，与其天然成分相同。细胞培养的成分和食品的未来制受我们想象力的局限。生物学的这些新形式可以制造植物和动物蛋白。例如，利用发酵制成无动物牛奶就可以绕过奶牛生产。

靠饲养动物获得奶制品的生产方式很可能成为一种历史传奇。无动物牛奶（或无奶牛牛奶）主要利用相同的生物技术原理：在通过调整酵母和酶以进一步精制之前，将糖发酵成酒精可以生成所设计的奶或者奶酪，包括蛋白质、脂肪酸在内的成分、风味和粘度可以多种多样，以获得所需的感官和营养特性。对于越来越多的积极探索的未来科学家来说，畜牧是一个过时的技术。

虽然这些新时代的受超级创业鼓舞的企业喜欢描绘这一创新技术的“全天然”状态，但最终将由消费者决定他们是否愿意接受这些基因调整食品。同时，像“传统的”转基因生物一样，监管机构都面临着在充分评估健康和环境安全性以及相关法规制定以及标示方面达成一致的艰巨任务。

后动物时代细胞农业？

农业用地和可用净水有限，加上资源日益枯竭，这将共同迫使决策者采用更多植物源食品，以平衡饮食供应。换言之，他们将接受如下需要：即降低对环境影响大的食品的消费——如肉和乳制品，增加对环境影响小的食物，如源自谷物、豆类、马铃薯、蔬菜、水果等的植物蛋白，并考虑新兴动物蛋白来源，如试管肉、昆虫蛋白，还要考虑被称为细胞农业的其他后动物生物技术和生物经济学。

人们应尽量减少对一个低效率肉类蛋白质供应系统依赖，同时应利用世界五大作物的营养价值——水稻、玉米、小麦、大豆、马铃薯以及细胞农业，可对后者进一步探索，以生产肉类替代品，这可能从根本上重塑我们的食品供应。

资本公司的推动

更多生活方式的选择（素食或弹性素食主义）和保障性畜福利正助长对无肉或含肉混合食品的需求。新一代

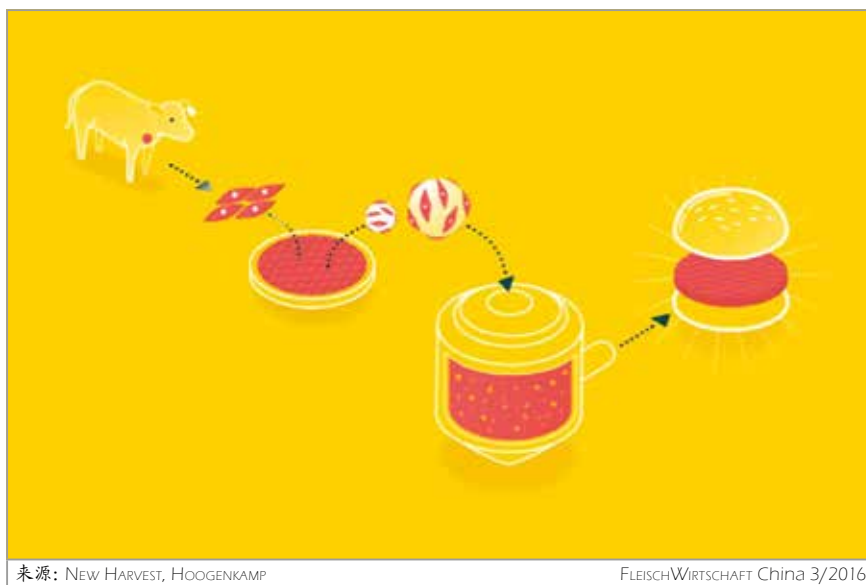


图5: 由于细胞在培养中只能长到约0.5mm厚，所以培养绞肉比培养牛排更厚的东西更容易。肌肉细胞可以在生物反应器内的珠子上生长，珠子可提供大量的表面积。当移取肌肉细胞时，就有了汉堡包那样的粘稠度。

食品科技企业旨在改变人们的饮食方式。风险投资公司以及社交媒体的亿万富翁，如谷歌联合创始人谢尔盖·布林(Sergei Brin)和微软的比尔·盖茨资助那些努力寻找植物性替代品来取代肉、家禽和鸡蛋的初创公司。这种趋势现在正在扩大，并吸引了其他大名鼎鼎的“投资者”，包括推特创始人比兹·斯通(Biz Stone)和埃文·威廉姆斯(Evan Williams)，更不用说KPCB 凯鹏华盈公司(Kleiner Perkins Caufield & Byers)，即支持谷歌和亚马逊的风险投资公司。这些个人和公司从略微不同的视角看待无肉食品：将世界的生态健康与巨大财务回报的难得机会结合起来。2013年3月比尔·盖茨说：“全球健康是全球繁荣的基石。随着数十亿人将更多的动物蛋白加入他们的饮食，肉类消费量预计到2050年将翻一番。似乎很清楚的是，用于畜牧业的耕地无法跟上这种需求。”(www.gatesnotes.com)

（部分）取代这些动物性蛋白质来源可显著减少土地、水和喂养动物所需的作物，并在同时惠及人民群众的健康，减少疾病的爆发。对于下一代人来说，粮食安全的可持续保障将成为一个重大的挑战。除了基本的经济和技术挑战之外，最大的障碍是如

何说服消费者去尝试植物性等价食品和从“真实或原生”食品的细胞培养中“收获”的食物。当技术以指数级大幅度进步时，消费者倾向于对其产生怀疑。问题是，消费者是否会接受通过后农业加工制成的食品？这个问题很难回答，但事实仍然是世界人口正以前所未有的速度增长，创新将是让大家在现在和未来吃到美味的健康食品的必不可少的关键。

作者地址

hoogenkamp1@aol.com，细胞农业展示未来潜力——全文包括图示



作者简介:

Henk Hoogenkamp是一位蛋白质专家、时事评论家和作家。他原来担任过DMV（美国）（现为FrieslandCampina）的总裁以及杜邦蛋白战略技术部资深总监。