食品产业全链条技术交叉融合中国创新模式分析

刘英丽[1]，聂少平[2]，张卫文[3]，左 敏[1]，李 斌[4]，王 静[*1]，孙宝国[1]

(1. 北京工商大学 中国-加拿大食品营养与健康联合实验室（北京)/北京食品营养与人类健康高精尖创新中心/北京市食品添加剂工程技术研究中心，北京 100048;2. 食品科学技术国家重点实验室，南昌大学，江西 南昌 330047;3. 天津大学 生物安全战略研究中心，天津 300072;4. 华中农业大学 食品科学技术学院，湖北 武汉 430070)

摘要：当前,食品产业链条上的各环节都面临着重要的机遇和挑战,食品产业需要技术革新,并加大力度的向前发展,全链条技术交叉融合创新正成为食品产业创新发展的新模式。本文作者对国际形势趋势进行了分析,提出突出多学科交叉融合优势,结合高新技术推动食品产业研究系统化、规模化和数字化是国际大势所趋,同时对国内现状与需求进行梳理,进一步阐述我国在全链条技术交叉融合创新领域的重点发展方向。

关键词：食品产业;全链条;前沿交叉;融合创新

中图分类号:TS 201　**文章编号**:1673-1689(2020)06-0010-05　**DOI**:10.3969/j.issn. 1673-1689.2020.06.002

China´s Innovation Mode of Whole Chain Technology Cross Integration in Food Industry

LIU Yingli[1]，*NIE Shaoping*[2]，*ZHANG Weiwen*[3]，*ZUO Min*[1]，*LI Bin*[4]，*WANG Jing*[*1]，*SUN Baoguo*[1]

(1. China-Canada Joint Lab of Food Nutrition and Health (Beijing), Beijing Advanced Innovation Center for Food Nutrition and Human Health, Beijing Engineering and Technology Research Center of Food Additives, Beijing Technology and Business University (BTBU), Beijing 100048, China;2. State Key Laboratory of Food Science and Technology, Nanchang University, Nanchang 330047, China;3. Center for Biosafety Research and Strategy, Tianjin University, Tianjin 300072, China;4. College of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstract: At present, all links of the food industry chain are facing important opportunities and challenges. The food industry needs technological innovation and further development. The cross integration and innovation of the whole chain technology is becoming a new mode of innovation and development of the food industry. This study has analyzed the trend of the international situation and pointed out that it is an international trend to highlight the advantages of interdisciplinary integration and promote the systematization, scale and digitalization of food industry research with high and new

收稿日期：2020-03-18

基金项目：国家重点研发计划项目(2018YFD0401200);中国工程院咨询项目(2019-XZ-67);北京优秀人才培养资助青年拔尖团队项目(2016000026833TD01);北京市属高校高水平教师队伍建设支持计划项目(IDHT20180506)。

作者简介：刘英丽(1981—),女,副教授,博士,硕士研究生导师,主要从事食品品质改良研究。E-mail: liuyingli@th.btbu.edu.cn

* **通信作者**：王　静(1976—),女,教授,博士,博士研究生导师,主要从事功能性食品配料及食品品质改良研究。E-mail:wangjing@th.btbu.edu.cn

technology. The study has also discussed the current situation and demand in China and further expounded the key development direction of China in the field of cross integration and innovation of technology in the whole chain.

Keywords: food industry, whole chain, frontier crossing, integration and innovation

“国以民为本,民以食为天”,食品产业不仅是中国的第一大产业,也是目前世界上的第一大产业。当前,随着我国国力的不断增强,我国居民消费水平和生活水平不断提高,居民的膳食观念和结构更趋合理,对食品的营养保健化、功能化等要求也不断提高。与此同时,随着医疗条件的不断改善与进步,我国老龄人口增多,人口老龄化进程与新兴工业化、城镇化、信息化和农业现代化进程相伴随,与家庭小型化空巢化相交织,食品科学亟待适应及满足新的人口结构带来的更加复杂的问题和矛盾。此外,食物浪费也不容乐观,据世界自然基金会与中科院联合发布的《中国城市餐饮食物浪费报告》保守估算每年全国城市餐饮业仅餐桌上食物浪费量在 1 700 万吨~1 800 万吨,相当于 3 000 万人至 5 000 万人一年的食物量,如何解决食品大量废弃问题,并进行清洁生产,已成为现代食品工业快速健康和可持续发展的重中之重。食品产业链条上的各环节都面临着重要的机遇和挑战,食品产业需要技术革新,并加大力度的向前发展,全链条技术交叉融合创新正成为食品产业创新发展的新模式。

1 国际形势趋势分析

21 世纪以来,全球科技创新进入空前密集活跃的时期,新一轮科技革命和产业变革正在重构全球创新版图、重塑全球经济结构[1]。大数据[2-3]、人工智能[4-5]、机器人、5G 通讯[6]等新一代信息技术迅猛发展;基因编辑[7]、全基因组合成、合成生物学[8]等颠覆性生物技术不断涌现;纳米材料[9]、生物基材料[10]、智能材料、石墨烯材料[11]等新型材料正在引领新一轮材料革命;增材制造(3D 打印)[12]、智能无人加工车间等先进制造技术正在引领新的制造革命。欧美等发达国家的最新研究进展表明,新一代信息技术、生物技术、新材料技术和制造技术等在食品领域已展现出优越性能和广阔的应用前景。2018 年,美国国家科学院、国家工程院和国家医学院联合发布了《面向 2030 的农业和食品科学突破》,重点强调了组学技术、传感技术、数据科学技术和新材料技术等在生产高质量营养食品、满足个性化营养需求、保障全球食品供应等方面的应用前景与优势。运用全链条技术交叉融合创新模式,突出多学科交叉融合优势,结合高新技术推动食品产业研究系统化、规模化和数字化是国际大势所趋。

目前,食品产业全链条技术交叉融合创新领域主要集中于食品大数据、营养健康食品精准设计和精准制造、合成生物学、食品加工制造、食品质量安全控制、食品清洁生产等,涉及食品原料学、食品生物化学、食品发酵与酿造、食品贮藏与保鲜、食品加工生物学基础、食品营养、食品安全与质量控制、环境污染与食品安全风险等流程环节。各个国家在这些领域不断加强高新技术的科研投入,建立了专业装置与实验机构,开展跨领域合作,促进物理、化学、生物和环境传统学科的交叉融合,结合生物物理、生物化学与分子生物学等新兴学科,综合利用传感技术、纳米技术、分子识别技术、基因重组技术、生物芯片、大数据技术等高新技术,开展全方位的食品质量检测理论和方法研究。

美国加拿大及欧洲等发达国家的农业生产模式已由机械化转变为数字化、信息化;日本充分利用大数据与物联网等技术提升农业生产效率、效益,此举适用于耕地面积有限且农业人口老龄化严重的国家,可实现精准农业生产体系[13]。此外,大数据为营养健康管理提供良好的环境和创新的路径[3]。例如,美国、加拿大等发达国家的营养调查和监测信息共享已经比较成熟,美国两年进行一次全国健康与营养调查,其调查结果、调查方法、检测手段、趋势分析等信息都可当年在美国疾控中心网站上查询;基于精准营养概念的提出和个性化营养需求,利用数据共享与信息技术,面向老年、糖尿病等特定营养需求人群进行特医食品的开发应用,进行膳食食谱数据库、肠道菌群数据库建设,推动营养健康管理的发展;围绕食品质量安全检测、食品加工过程安全控制、危害因子的毒理学评价等方面展

开食品安全精确检验检测基础研究,实现食品生产加工过程安全控制;食品工业的清洁生产研究从传统的关注生产过程,逐渐向源头供应链延伸,开始关注食品的全生命周期过程,其中的环境污染与食品质量安全评价、清洁生产方法学研究与模型建立、多介质的污染综合系统集成技术研究是热点。

2 国内现状与需求

与欧美等食品产业强国相比,我国食品产业存在着供给侧结构性失衡、产品竞争力低、质量安全风险高等问题,严重制约食品产业发展,不能满足人民对美好生活日益增长的需求,食品需求从量到质的过渡的同时暴露了许多问题,诸如食品数据与食品安全问题、食品材料和食品加工问题、食品结构和食品营养问题、社会的人口老龄化问题、食物浪费与清洁生产的问题等。

当前,在全链条技术交叉融合创新研究领域原始创新能力不足,在理论方法研究、关键技术攻关、重大产品创制、新兴产业培育等方面大多以跟踪模仿研究为主,缺少颠覆性、超前性、引领性的研究。农业大数据来源与获取复杂,食品数据库建设没有统一的标准,食品安全大数据具有稀疏特征,存在虚假现象,使其应用价值难以体现[14];健康大数据成为了目前国家获取不同种类疾病发病率、死亡率及健康人群率等方面的主要技术工具,但目前低精度、不便携的终端数据采集设备导致了数据收集难、噪声大、处理难等问题[15];特殊医学用途配方食品方面,公众认知度低,生产技术体系落后,产品大多以仿制国外为主,自主知识产权少,国内企业目前还无法突破国外技术壁垒[16];我国生物基材料产业起步较晚[17],培养肉研究还处于初级发展阶段[18],当前产业发展所涉及的工业微生物发酵、生物合成等技术仍处于产业化前端的基础研究阶段;当前广泛应用的纳米化材料对人体健康的风险也缺乏科学全面的评估数据,尤其是基于毒理学研究的对人体生殖毒性研究亟待强化;部分典型食品行业长期以来属于水污染重点控制行业,是部分水体富营养化的主要原因,废水处理后污泥的合理处置也面临较大难题;同时食品发酵工业、畜产加工过程会产生大量恶臭气体,部分行业生产过程中也会产生大量的固体废弃物;如何加强环境质量对食品工业农副原料的风险控制,实现食品工业清洁生产及污染防治综合技术系统集成亦迫在眉睫。

3 全链条技术交叉融合创新领域重点发展方向

当前,面对食品产业链条上的各环节带来的重要机遇和挑战,食品产业亟待技术革新,全链条技术交叉融合创新领域展现出优越性能和广阔的应用前景,同时,也面临高质量、高技术发展的紧迫诉求,亟需迫切推动全链条技术交叉融合创新在各领域重点发展。

3.1 利用新型信息化技术

利用云计算、大数据、人工智能、区块链等新型信息化技术,构建食品安全社会共治大数据平台与食品健康大数据平台,实现多源数据融合创新,提高食品安全治理效能,强化食品营养,提高人民健康水平。

完善以食品大数据为引领的区域科技创新体系,打造食品大数据综合试验区,解决各行业、各部门的数据信息孤岛问题、大数据人才瓶颈问题,通过食品健康大数据平台的建设,形成一批具有核心竞争力的大数据产品,培育一批大数据企业;推动大数据在产业创新、跨行业融合、民生服务等领域的广泛应用,形成一批成熟的行业系统解决方案;建设一批面向政务和公共信息资源的数据整合共享开放平台,大数据支撑政府决策和公共服务能力显著增强,进一步推动全供应链过程中生产者、消费者、政府监管部门和医疗机构等相关者之间的数据的合理流动与深度融合,最终实现食品来源可溯、流向可追、质量可控、责任可查、风险可估、疾病可防的目标。

3.2 开发多组学数据库

开发具有独立自主知识产权的生物信息学分析技术及基于大数据分析技术的多组学数据库,阐明食物功能因子与人体健康关系,并突破健康营养食品精准制造和个性化精准设计关键技术。

成功开发国际先进、具有完全独立自主知识产权的生物信息学分析技术及基于大数据分析技术的各类组学数据库,为阐明食物功能因子与人体健康关系提供强有力的数据支撑,同时提供面向世界范围的商业化数据分析应用服务;全面建成具有我国各种类型特殊人群含有菌群谱库以及“菌群-健康”调节通路的大型数据库,建立硬件、软件设施相

匹配的大型基站,为科学研究提供海量、多元化数据参考,初步建立基于菌群结构特征的各种慢病或者营养不良状态预警机制;逐步实现个性化全生命周期的精准营养服务,推动农产品加工业向工业4.0跨越;基于营养基因组学,以个体基因型为基础,开发个性化的特医食品,从食物中筛选能够降低癌症发生风险的活性成分,通过先进的富集技术和合理的组方设计,实现功能成分稳态化保持及靶向递送的目的,实现对个体的精准营养干预;开发出不少于100种健康产品,产生经济效益超过百亿元规模。

3.3 构建特定合成能力的细胞工厂

利用合成生物学发展技术构建具有特定合成能力的细胞工厂"种子",大量获得人类所需要蛋白质、油脂、淀粉、糖、奶、肉等各类农产品、食品。

利用合成生物学发展技术构建具有特定合成能力的细胞工厂"种子",在一些蛋白质、油脂、淀粉、食品功能组分及添加剂等领域取得重大技术突破,实现80~100种生物合成食品组分在国内乃至全球范围内的推广;搭建成熟、自动化的合成生物学平台,大力拓展AI技术在该领域的应用,实现AI辅助的全自动生物合成的设计及实施;针对重要食品功能产品,通过精确靶向调控,大幅度实现功能产品在异源底盘和原底盘细胞中的合成效率,减少副产物生成,最终实现全细胞利用。

3.4 应用和推广食品加工与制造领域高新技术

拥有自主知识产权的培养肉生物制造工艺,实现实验培养肉生产功能化、定制化和智能化,并用于工业化示范,建立国际一流的培养肉的生物制造和食品化整合平台,健全培养肉生产监管和安全评价体系;结构食品的基础研究水平和产业支撑能力引领国际食品产业发展,形成食品产业创新中国模式,有效支撑食品–环境–健康的良好互动,从食品产业系统角度,初步形成彰显中国智慧的可持续性饮食模式;食品–生物基材料最终下游产品获得千万吨乃至亿吨规模放大,获得市场广泛应用,并广泛取代石化基材料;食物资源信息、人体代谢与营养需求信息、工业化3D智能打印逐渐成熟和普及并深度融合,实现食物生产、食物制造等高度智能化和绿色可持续性发展。

3.5 应用和推广食品质量安全控制领域高新技术

将基于基因回路的检测手段固封在电子芯片中,实现食品安全检测的全芯片化和信息化,解决我国食品源头污染严重、过程控制能力薄弱等问题,从根本上解决我国食品的安全性问题,提高食品安全的可靠性;勾画出完整的我国食物中塑料微粒和环境雌激素的"分布地图",清晰阐明关键因子对人体健康的影响规律,建立有一套行之有效的调控策略。相关监管与控制纳入政府立法文件,建立食物中塑料微粒和环境雌激素预警机制。

3.6 系统集成典型食品行业主要环境问题的清洁生产和污染防治技术

针对生物发酵、酒类、制糖、食品添加剂等典型食品重污染行业,在前期数据库建立及数据挖掘基础上,形成食品行业全生命周期的清洁生产技术标准体系,实现适应不同食品行业特点的清洁生产及污染防治系统集成技术服务,实现环境质量对食品工业生产质量及食品安全的风险预警。

4 结 语

以保障食品安全、改善公众营养健康水平和实现人类社会可持续发展为目标,运用全链条技术交叉融合创新模式,加快推进食品大数据应用革新,突破健康营养食品精准制造和个性化营养健康食品精准设计关键制造技术,促进食品加工制造高新技术研发与应用,增强合成生物学和结构生物学对食品行业发展的支撑力,减少食物浪费及实现清洁生产,保障食品安全、食品结构均衡、食品营养丰富、环境生态的可持续发展等对解决我国食品领域当前存在的问题和应对未来的挑战具有重大意义。

参考文献:

[1] 习近平. 在中国科学院第十九次院士大会、中国工程院第十四次院士大会上的讲话[R]. 2018.

[2] ALONSO-BETANZOS A, BOLON-CANEDO V. Big-Data Analysis, Cluster Analysis, and Machine-Learning Approaches [M]. Sex-Specific Analysis of Cardiovascular Function, 2018.

[3] MOONEY S J , PEJAVER V . Big data in public health: terminology, machine learning, and privacy[J]. **Annual Review of**

Public Health, 2018, 39(1) : 95-112.

[4] MILLER D D, BROWN E W. Artificial intelligence in medical practice: the question to the answer?[J]. **Am J Med**, 2018, 131(2): 129-133.

[5] HAMET P, TREMBLAY J. Artificial intelligence in medicine[J]. **Metabolism**, 2017, 69S: S36-S40.

[6] CHIH-LIN I , HAN S , XU Z , et al. 5G: rethink mobile communications for 2020+[J]. **Philosophical Transactions of the Royal Society A Mathematical Physical & Engineering Sciences**, 2016, 374(2062):20140432.

[7] KABOLI S, BABAZADA H. CRISPR mediated genome engineering and its application in industry[J]. **Current Issues in Molecular Biology**, 2017, 26:81-92.

[8] CAMERON D E, BASHOR C J, COLLINS J J. A brief history of synthetic biology[J]. **Nature Reviews Microbiology**, 2014, 12 (5):381-390.

[9] NI B, SHI Y, WANG X. The sub-nanometer scale as a new focus in nanoscience [J]. **Advanced Materials**, 2018, 30 (43): 1802031.1-1802031.24.

[10] UDENNI G T M S, CHING Y C, CHING K Y, et al. Biomedical and microbiological applications of bio-based porous materials: a review[J]. **Polymers (Basel)**, 2017, 9(160):1-16.

[11] GHUGE A D, SHIRODE A R, KADAM V J. Graphene: a comprehensive review[J]. **Curr Drug Targets**, 2017, 18(6):724-733.

[12] TACK P, VICTOR J, GEMMEL P, et al. 3D-printing techniques in a medical setting: a systematic literature review [J]. **Biomedical Engineering Online**, 2016, 15(1):115.

[13] GOTA M, VENTURA R V, SILVA F F, et al. Big data analytics and precision animal agriculture symposium: machine learning and data mining advance predictive big data analysis in precision animal agriculture1 [J]. **Journal of Animal Science**, 2018, 96 (4):1540-1550.

[14] 潘晓晓,王冀宁,陈庭强,等. 基于大数据挖掘的食品安全管理研究[J]. 中国调味品,2018,43(9):184-188.

[15] 陈敏,刘宁,肖树发,等. 医疗健康大数据应用关键问题及对策研究[J]. 中国数字医学,2016,11(8):2-5.

[16] 邱斌,徐同成,刘丽娜,等. 我国特殊医学用途配方食品产业现状[J]. 中国食物与营养,2015,21(2):32-33.

[17] 刁晓倩,翁云宣,黄志刚,等. 国内生物基材料产业发展现状[J]. 生物工程学报,2016,32(6):715-725.

[18] 我国第 1 块肌肉干细胞培养肉面世[J]. 中国食品学报,2019,19(11):185.

科　技　信　息

美国修订氟啶酮在多种食品中的残留限量

据美国联邦公报消息,2020 年 5 月 18 日,美国环保署发布 2020-08963 号条例,修订氟啶酮(fluridone)在多种食品中的残留限量。

美国环保署就其毒理性、饮食暴露量以及对婴幼儿的影响等方面进行了风险评估,最终得出结论认为,氟啶酮在鳄梨、柑橘、开心果、石榴和核果类水果,组 12-12 中的最大残留限量为 0.01 ppm 是安全的。

据了解本规定于 2020 年 5 月 18 日起生效,反对或听证要求需在 2020 年 7 月 17 日前提交。

[信息来源] 食品伙伴网. 美国修订氟啶酮在多种食品中的残留限量 [EB/OL]. (2020-05-19).http://news.foodmate.net/2020/05/560462.html