

刘元法教授主持“未来粮油食品”特约专栏文章之一

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2023.01.001

刘元法, 孙彦文, 徐勇将. 未来粮油食品科技的发展与挑战[J]. 粮油食品科技, 2023, 31(1): 1-5.

LIU Y F, SUN Y W, XU Y J. Food science and technology of future cereal and oil: development and challenges[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2023, 31(1): 1-5.

未来粮油食品科技的发展与挑战

刘元法, 孙彦文, 徐勇将

(1. 江南大学 食品科学与技术国家重点实验室, 江苏 无锡 214122;
2. 江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214122)

摘要: 粮油安全保障已成为国家战略, 对维持社会稳定、带动乡村振兴、推动我国国民经济快速、健康发展具有举足轻重的作用。随着全球人口的急剧增加及食品工业的持续发展, 人民对于粮油产品的消费需求日趋多样化、健康化、低碳化。但在我国, 粮油产业发展正因粮油加工资源有限、绿色加工技术较差、适度加工手段匮乏、营养因子机理不明、危害风险控制困难等问题掣肘。随着生命科学、信息技术和材料技术的发展, 以食品组学、合成生物学、营养学和材料学等为基石的未来粮油食品科学与技术有望从技术层面应对上述挑战。概述了粮油食品产业在国民经济中的地位与作用, 归纳了粮油食品产业的发展状况、趋势与市场情况, 介绍了我国粮油食品科学与技术面临的挑战, 以此为基础, 展望未来粮油食品科学与技术的发展趋势, 包括油脂加工适度化、粮食生产绿色化、安全控制智能化和营养供给精准化等。

关键词: 未来粮油; 适度加工; 精准营养; “双碳”战略; 乡村振兴

中图分类号: TS201 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2023)01-0001-05

网络首发时间: 2022-09-16 10:22:49

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3863.TS.20220915.1549.005.html>

Food Science and Technology of Future Cereal and Oil: Development and Challenges

LIU Yuan-fa, SUN Yan-wen, XU Yong-jiang

(1. State Key Laboratory of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China;
2. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China)

Abstract: As an important national strategy, the security of cereal and oil plays a key role in maintaining social stability, promoting the rural revitalization strategy and keeping a sustained, rapid and sound development of national economy. With rapid increase of global population and continuous development of food industry, the more diversified, healthy and low-carbon cereal and oil products have been preferred by

收稿日期: 2022-07-04

基金项目: 国家重点研发计划项目(2021YFD2100300); 山东省重点研发计划(重大科技创新工程)(2021CXGC010808); 江苏省重点科技项目(BE2021306)

Supported by: National Key Research and Development Project of China (No.2021YFD2100300); Key Research and Development Project of Shandong Province (Major Scientific and Technological Innovation Project) (No.2021CXGC010808); Key Science and Technology Program of Jiangsu Province (No.BE2021306)

作者简介: 刘元法, 男, 1974年出生, 博士, 教授, 研究方向为油脂加工与安全营养。E-mail: yfliu@jiangnan.edu.cn. 本专栏背景及作者详细介绍见 PC15-PC16.

consumers. However, in China, the development of cereal and oil industries is constrained by many problems, including limited cereal and oil processing resources, poor green processing technology, lack of moderate processing means, unclear mechanism of nutritional factors, and difficulty in hazard risk control. With the development of life science, information technology and materials technology, future food science and technology of cereal and oil based on food omics, synthetic biology, nutrition and materials science are expected to meet the above challenges from the technical level. This paper outlined the status and role of cereal and oil food industries in the national economy, and summarized the development trend and market conditions of cereal and oil industries. In China, the technical challenges faced by cereal and oil in China, grain, oil and food science and technology were also introduced, and the future development trend of grain, oil and food science and technology will also be prospected, including moderate oil processing, green grain production, intelligent safety control, and precise nutrition supply.

Key words: future cereal and oil; moderate processing; precision nutrition; "Double-Carbon" strategies; the rural revitalization strategy

作为人类赖以生存的生活必需品，粮油产品是一种特殊的商品，关系着国计民生。粮油（Cereal and Oil）是对粮食和油料产品的统称，包括其原料、加工成品和半成品，是人类的主要食物^[1]。根据是否经过加工处理，粮食被分为原粮和成品粮。随着全球人口日益增长，城镇化和工业化程度不断提高，全球性资源约束日益加剧，我国农业长期存在着确保粮油产品充足供应的压力^[2]。

我国粮油行业销售收入占全国 GDP 的 2%，尽管粮油产业的净销售收入及其占国民经济比重相对较低，但在我国这样的农业大国中依然具有不可动摇的地位^[3]。粮食行业相关产业关联度高、涉及面广，在国民经济中起到基础作用，深度关系着国计民生和国民健康保障。习近平总书记强调的“中国人要把饭碗端在自己手里，而且要装自己的粮食”的指导思想，已经将“粮油安全”上升到国家战略高度^[4]。

粮油企业高新技术覆盖率不高，市场化、资本化程度不够。近年来，众多非粮油领域行业巨头都深入粮油领域市场发展。我国粮油业界，龙头企业占有率超过全国粮油加工行业总量的 63.8%^[5]。当前我国社会主要矛盾已经转化为人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分的发展之间的矛盾，我国的经济状态也已经由原来的高速增长阶段向高质量发展方向转变。因此，

粮油产业的新定位，新发展是新时代我国进行社会发展的新方向。

“乡村振兴战略”在党的十九大报告中被提出，而乡村振兴战略的一项重点任务就是保障我国粮油食品安全，保障粮油安全就是保障国家安全以及经济安全的底线^[6]。随着经济社会的发展，人民生活水平不断提高，粮油安全不再仅限于量的提升和质量安全，也面临着提升高质量供给水平，满足人民日益增长美好生活的迫切需要。因此，粮油产业迫切需要转变传统的粮油食品观，树立“大食物观”，践行“健康中国 2030”战略，支撑“双碳”战略，确保粮油安全更稳固、食品营养更全面、生产制造更低碳，牢牢守住人民群众的“舌尖幸福”。

1 粮油食品产业的发展状况与趋势

当下，全球人口正经历着前所未有的快速增长，发展中国家经济水平正持续上升，世界各国对粮油食品的需求以前所未有的速度增长，人们对食物消费的需求也越来越多样化。日新月异的科学技术发展已经成为拉动经济全球化的重要引擎，自主创新能力日益成为全球性竞争的焦点。随着现代分子生物学、细胞生物学和系统生物学等技术的发展，以“单细胞油脂”、“人工合成淀粉”等为代表的颠覆性技术的突破，通过挖掘粮油资源，发展生物产业，实现了粮油资源从传统

农作物向更丰富生物资源的拓展^[7]。

近年来, 纳米材料科学、基因工程与生物合成、人工智能等学科研究进展推进了粮油加工学科的进步^[8]。以膜分离技术、纳米中和技术、亚临界/超临界提取技术为代表的绿色制油技术, 正引领着油脂加工领域内的新一轮技术革新^[9]。关键组分修饰改性技术、健康成分生物高效富集技术、高纤谷物品质提升技术保障了粮食加工产品的安全、营养和美味^[10-13]。

目前世界各国食品质量安全技术发展呈现总体竞争态势, 粮油质量控制和安全保障均已上升为国家战略, 因此不断加强科技和财政投入。新型检测技术和核心检测设备的研发, 智能活性包装与智慧物流的开发, 以及追溯体系的建设, 实现了新型危害物的发现、控制与预防, 强化了粮油食品质量安全保障^[14-15]。

2 我国粮油食品科学技术面临的挑战

我国粮油产业的加工资源相对有限^[16], 以资源充分综合利用为特色的高效生物制造技术的不足, 生物工程水平落后于欧美发达国家, 无法解决未来可能出现的全球性粮油资源供应短缺、单位耕地供养人口比重持续增加等问题。

我国粮油绿色低碳加工前沿技术和智能化装备水平普遍偏低, 加工制造过程存在过度加工, 能耗、水耗、物耗、排放及环境污染等问题, 生产总效率与国际先进水平相比仍然有较大的差距^[17]。

我国粮油精准适度加工与品质提升的技术相对匮乏, 过分推崇“精而纯”^[18], 导致粮油食品过度加工, 加剧了资源浪费和能源消耗, 极大破坏生态环境, 导致食品中有益伴随物严重损失, 食品风险因子伴生等问题^[19]。

我国粮油食品缺乏有效的营养素强化技术, 以及精准营养控制技术, 导致食品成分、功能因子之间的协同作用及其健康效应不清晰^[20], 传统膳食、营养与健康之间的相互关系不明确, 缺少基于居民膳食结构和营养需求特点的优质粮油产品体系。

我国粮油食品危害物主动高效识别和靶向消

减技术仍有待突破, 有害物高通量检测、多目标未知物分析技术等主动防控技术领域还处于跟跑状态, 特别是用于安全检测的抗体研究严重滞后^[21-22]。

3 未来粮油食品科学技术的发展

3.1 油脂加工适度化

过去由于消费者追求粮食的精纯度, 过度加工现象较为严重。事实上, 过度加工不但造成不必要的社会资源浪费, 还导致大量的营养伴随物的损失和危害物的伴生^[23-24]。在系统评价粮油加工过程中能耗、危害物和营养伴随物的变化后, 可以精准选择粮食加工的工艺条件并改进生产设备, 实现粮食加工适度化^[25]。

3.2 粮食生产绿色化

目前世界粮食产能潜力已经接近于理论的上限, 扩大耕地面积等传统增产方式已经不能解决全球人口快速增长带来的粮食需求困境^[26]。在未来, 合成生物学、基因工程、细胞培养和食品增材制造技术的发展有望解决这一问题。人造肉、单细胞油脂、二氧化碳-淀粉从头合成等生动的案例正昭示着该领域的活力^[27-29]。

3.3 安全控制智能化

全球范围内的粮油安全问题不仅造成大量食品资源浪费, 更对人体健康产生较大威胁^[30]。随着信息技术和材料技术的发展, 绿色和效率将成为未来食品安全防护和危险因子控制的两大要素。新型包装材料、智能化加工设备、区块链安全防控、纳米材料检测将持续推动食品生产、管理、运输、消费过程的透明化和可控化^[31-33]。

3.4 营养供给精准化

世卫组织认为膳食营养是仅次于遗传的影响人类健康的第二大因素^[34]。相对而言, 符合中国人群的膳食营养健康大数据资源匮乏, 膳食营养干预基础研究薄弱, 这造成众多膳食成分、营养因子之间的协同作用和健康效应不清晰^[35-36]。食品组学以及食品精准营养技术的快速发展将帮助对营养因子的研究深层化, 进一步指导粮油营养靶向设计和食品精准制造。

4 结论

粮油安全保障已成为国家战略,对维持社会稳定、带动乡村振兴、推动我国国民经济快速、健康发展具有举足轻重的作用。随着全球人口的急剧增加以及世界经济的普遍向好,人民对于粮油产品的消费需求日趋多样化、健康化、低碳化。但在我国,粮油产业发展正为粮油加工资源有限、绿色加工技术较差、适度加工手段匮乏、营养因子机理不明、危害风险控制困难等问题掣肘。随着生命科学、信息技术以及材料技术的发展,以食品组学、合成生物学、营养学和材料学等为基石的未来粮油食品科学与技术有望从技术层面应对上述挑战。

参考文献:

- [1] 王瑞元. 我国粮油加工业在“十三五”期间的发展情况[J]. 中国油脂, 2022, 47(3): 1-4.
WANG R Y. Development of China's cereal and oil processing industry during the 13th Five Year Plan Period[J]. China Oil and Fats, 2022, 47(3): 1-4.
- [2] WANG S T, BAI X M, ZHANG X L, et al. Urbanization can benefit agricultural production with large-scale farming in China[J]. Nature Food, 2021, 2: 183-191.
- [3] 王瑞元. 2021 年我国粮油产销和进出口情况[J]. 中国油脂, 2022, 47(6): 1-7.
WANG R Y. Production, sales, import and export of grain and oil in China in 2021[J]. China Oil and Fats, 2022, 47(6): 1-7.
- [4] 习近平. 习近平谈治国理政(第三卷)[M]. 北京: 外文出版社, 2020: 342-347.
XI J P. Xi Jinping: The governance of China (Volume III)[M]. Beijing: Foreign Languages Press, 2020: 342-347.
- [5] 朱泽洋. 我国粮油产能加工业过剩原因及对策分析[J]. 新农业, 2022(12):14.
ZHU Z Y. Analysis on the causes and countermeasures of excess capacity of grain and oil processing industry in China[J]. New Agriculture, 2022(12):14.
- [6] 习近平. 中国共产党第十九次全国代表大会工作报告[R]. 北京: 中国共产党第十九次全国代表大会, 2017.
XI J P. Work report of the 19th National Congress of the Communist Party of China[J]. Beijing: The 19th National Congress of the Communist Party of China, 2017.
- [7] CAI T, SUN H, QIAO J, et al. Cell-free chemoenzymatic starch synthesis from carbon dioxide[J]. Science. 2021, 373(6562): 1523-1527.
- [8] 王正友, 赵伟. 2050 年全球粮食问题展望[J]. 中国粮食经济, 2010, 3: 37-38.
- WANG L Y, ZHAO W. Prospects for global food issues in 2050[J]. China Grain Economy, 2010, 3: 37-38.
- [9] 陈坚. 中国食品科技: 从 2020 到 2035[J]. 科学观察, 2019, 19: 52-54.
CHEN J. China food science and technology: from 2020 to 2035[J]. Science Focus, 2019, 19:52-54.
- [10] 李宏彪, 张国强, 周景文. 合成生物学在食品领域的应用[J]. 生物产业技术, 2019, 4: 5-10.
LI H B, ZHANG G Q, ZHOU J W. Application of synthetic biology in food field[J]. Biotechnology & Business, 2019, 4: 5-10.
- [11] ZEISEL S H. A conceptual framework for studying and investing in precision nutrition[J]. Front Genet, 2019, 10: 200.
- [12] 宋雯雯. 中国大豆功能性成分地理分布规律及环境影响因素分析[D]. 中国农业科学院, 2018.
SONG W W. Analysis on geographical distribution and environmental factors of soybean functional components in China[D]. Chinese Academy of Agriculture Sciences, 2018.
- [13] SANTEN J, JACOB G, SINGH A L, et al. The natural products atlas: an open access knowledge base for microbial natural products discovery[J]. ACS Central Science, 2019, 5(11): 1824-1833.
- [14] 冯旭, 宋明星, 倪笑宇, 等. 工业机器人发展综述[J]. 科技创新与应用, 2019(24): 3.
FENG X, SONG M X, NI X Y, et al. Overview of industrial robot development[J]. Technology Innovation and Application, 2019(24): 3.
- [15] ATANASOV A G, ZOTCHEV S B, DIRSCH V M, et al. Natural products in drug discovery: advances and opportunities[J]. Nature Reviews Drug Discovery, 2021, 20(3): 200-216.
- [16] 刘亚辉. 毒物与粮油污染的来源及其检验方法研究[J]. 科技资讯, 2010(31): 241.
LIU Y H. Study on the sources and inspection methods of poisons and grain and oil pollution[J]. Science & Technology Information, 2010(31): 241.
- [17] 戴兰. “双碳”目标约束下资源型城市绿色低碳发展路径研究[J]. 中国矿业, 2022, 31(6): 41-49.
DAI L. Research on the green and low-carbon development path of resource-based cities under the constraint of peak carbon dioxide emissions and carbon neutrality goal[J]. China Mining Magazine, 2022, 31(6): 41-49.
- [18] 金增辉. 精度“过碾”与精磨“过度”[J]. 粮食流通技术, 2006(5): 33-35.
JIN Z H. Precision “over grinding” and fine grinding “over grinding”[J]. Grain Distribution Technology, 2006(5): 33-35.
- [19] 董华, 高健, 李洁艳, 等. 精炼玉米油适度加工营养元素保留技术的研究[J]. 现代食品, 2021(9): 56-59.
DONG H, GAO J, LI J Y, et al. Research on nutrient element retention technology in moderate processing of refined corn oil[J]. Modern Food, 2021(9): 56-59.

- [20] 麻春阳, 高世珏, 蒋丽婷, 等. 建立多重实时荧光串联 PCR 技术高通量检测生蚝中 9 种致病菌[J/OL]. 食品与发酵工业, 2022: 1-9.
 MA C Y, GAO S Y, JIANG L T, et al. Establishment of multiple real-time fluorescent tandem PCR for high-throughput detection of 9 pathogenic bacteria in oysters[J/OL]. Food and Fermentation Industries, 2022: 1-9.
- [21] 孙树兵. 微生物检测技术在食品安全检测中的应用[J]. 化工管理, 2020(28): 161-162.
 SUN S B. Application of microbial detection technology in food safety detection[J]. Chemical Enterprise Management, 2020(28): 161-162.
- [22] HELMI O, ELSHISHINY F, MAMDOUH W. Targeted doxorubicin delivery and release within breast cancer environment using PEGylated chitosan nanoparticles labeled with monoclonal antibodies-ScienceDirect[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2021, 184: 325-338.
- [23] 朱云. 植物油中角鲨烯含量及其在油脂加工与使用过程中的变化[J]. 中国油脂, 2019, 44(12): 136-138.
 ZHU Y. Squalene content in vegetable oil and its changes during oil processing and use[J]. China Oils and Fats, 2019, 44(12): 136-138.
- [24] 王兴国, 金青哲, 白长军, 等. 大豆油精准适度加工关键新技术开发与示范[J]. 中国油脂, 2015, 40(9): 7-12.
 WANG X G, JIN Q Z, BAI C J, et al. Development and demonstration of key new technologies for precise and moderate processing of soybean oil[J]. China Oil and Fats, 2015, 40(9): 7-12.
- [25] 刘玉兰, 王璐阳, 马宇翔, 等. 不同油脂精炼过程中氯离子、3-氯丙醇酯和缩水甘油酯含量的变化[J]. 中国油脂, 2020, 45(10): 10-15.
 LIU Y L, WANG L Y, MA Y X, et al. Changes of chloride ion, 3-chloropropanol ester and glycidyl ester content in different oil refining processes[J]. China Oils and Fats, 2020, 45(10): 10-15.
- [26] LABORDE D, MARTIN W, SWINNEN J, et al. COVID-19 risks to global food security[J]. Science, 2020, 369(6503): 500-502.
- [27] WANG H, KONG L, ZIEGLER G R. Aligned wet-electrospun starch fiber mats[J]. Food Hydrocolloids, 2019, 90(MAY): 113-117.
- [28] ZHANG Y, LIU L, SUN D Z, et al. DHA protects against monosodium urate-induced inflammation through modulation of oxidative stress[J]. Food & function, 10(7): 4010-4021.
- [29] HUMPENÖDER F, BODIRSKY B L, WEINDL I. Projected environmental benefits of replacing beef with microbial protein [J]. Nature, 2022(605): 90-96.
- [30] GUO X, SUN X T, LIANG L, et al. Physical stability, oxidative stability, and bioactivity of nanoemulsion delivery systems incorporating lipophilic ingredients: impact of oil saturation degree[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2021, 69(18): 5405-5415.
- [31] CHEN S, SHI R, REN Z, et al. A blockchain-based supply chain quality management framework[C]. The Fourteenth IEEE International Conference on e-Business Engineering. IEEE, 2017.
- [32] BROSAN T, SUN D W. Improving quality inspection of food products by computer vision—a review[J]. Journal of Food Engineering, 2004, 61(1): 3-16.
- [33] 李佳明, 汪登, 曾小珊, 等. 基于区块链的食品安全溯源体系设计[J]. 食品科学, 2019, 40(3): 288-294.
 LI J M, WANG D, ZENG X S, et al. Design of food safety traceability system based on blockchain[J]. Food Science, 2019, 40(3): 288-294.
- [34] FARHUD D D. Impact of lifestyle on health[J]. Iran J Public Health, 2015, 44(11): 1442-1444.
- [35] SCHWINGSHACKL L, SCHWEDHELM C, HOFFMANN G, et al. Food groups and risk of all-cause mortality: A systematic review and meta-analysis of prospective studies[J]. American Journal of Clinical Nutrition, 2017, 105(6): ajcn153148.
- [36] LIU F, LI M, WANG Q, et al. Future foods: Alternative proteins, food architecture, sustainable packaging, and precision nutrition[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2022, 25: 1-22. 