

方忠祥副教授、谭洪卓研究员主持“澳大利亚农业、食品及其科教发展”特约专栏文章之二

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2025.01.002

谭洪卓, 方忠祥, 易翠平. 可持续发展理念下澳大利亚食品产业现状与未来趋势[J]. 粮油食品科技, 2025, 33(1):14-24.

TAN H Z, FANG Z X, YI C P. The latest developments and future trends of Australian food industry under the concept of sustainability [J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2025, 33(1):14-24.

可持续发展理念下澳大利亚食品产业现状与未来趋势

谭洪卓^{1,2}, 方忠祥²✉, 易翠平^{2,3}

1. 国家粮食和物资储备局科学研究院, 北京 100037;
2. 墨尔本大学 理学部 农业食品与生态系统科学学院, 澳大利亚, 维多利亚州 墨尔本 3010;
3. 长沙理工大学 食品与生物工程学院, 湖南 长沙 410014)

摘要: 为了解澳大利亚食品产业在可持续发展理念下的最新现状与未来趋势, 综述了澳大利亚食物安全和食物浪费情况, 以及食品产业对温室气体排放和环境的影响, 以促进可持续发展。其战略途径主要是从农场到餐桌整个供应链上采取综合措施, 譬如开发替代蛋白食品来源、学习土著人的适应能力、发展更公平且可持续的价值链、从线性食物链转变为食物网、升级食物废弃物利用等。发挥食品加工在改善食物安全和可持续性方面的作用, 引入数字转型技术、5G技术、人工智能、替代蛋白质和食品安全技术创新, 大力发展植物基食品、太空食品和海洋食品等。在可持续发展的理念下, 澳大利亚政府把生物多样性保护和监管放在重要位置; 食品行业相关协会和研究机构对研究的投入和反食物浪费方面也做出了积极贡献; 食品企业把可持续发展作为一种思维定式和经营方式, 把地球作为关键利益方来考虑, 体现了社会责任; 人们关注食物生产对地球环境的影响, 使得植物性素食方式在澳大利亚很受欢迎。通过各利益相关方共同行动形成合力, 澳大利亚食品产业期待在可持续性发展上有更好的未来, 这为我国食品行业同仁提供了一定的信息参考。

关键词: 澳大利亚; 可持续性; 食品产业; 食物安全; 发展战略; 新兴技术; 未来领域; 各方行动

中图分类号: TS20; F33/37 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2025)01-0014-11

网络首发时间: 2024-12-04 09:53:28

网络首发地址: <https://link.cnki.net/urlid/11.3863.TS.20241203.1333.002>

The Latest Developments and Future Trends of Australian Food Industry under the Concept of Sustainability

TAN Hong-zhuo^{1,2}, FANG Zhong-xiang²✉, YI Cui-ping^{2,3}

1. Academy of National Food and Strategic Reserves Administration, Beijing 100037, China; 2. School of Agriculture, Food and Ecosystem Sciences, Faculty of Science, University of Melbourne, Parkville,

收稿日期: 2024-06-05; 修回日期: 2024-09-09; 录用日期: 2024-09-10

基金项目: 中国国家留学基金2021年国家公派访问学者项目

Supported by: The State Scholarship Fund Project of Visiting Scholar from China Scholarship Council (2021)

第一作者: 谭洪卓, 女, 1976年出生, 博士, 研究员, 研究方向为粮油加工与淀粉科学、科研管理与科技信息传播, E-mail: thz@ags.ac.cn

通信作者: 方忠祥, 男, 1970年出生, 博士, 副教授, 研究方向为食品科学与工程, E-mail: zhongxiang.fang@unimelb.edu.au

本专栏背景及第一作者、通信作者介绍详见PC18-21。

Victoria 3010, Australia; 3. School of Food and Bioengineering, Changsha University of Science and Technology, Changsha, Hunan 410014, China)

Abstract: In order to understand the latest situation and future trends of the Australia food industry under the concept of sustainability development, we have overviewed the circumstances of food safety and waste in Australia, the impact of food industry on greenhouse gas emission and the environment, which promote sustainable development. The strategic approach focuses on comprehensive ways across the entire supply chain from farm to table, such as exploiting alternative protein food resources, learning adaptability from Aboriginal people, developing the fairer and more sustainable value chain, transitioning from a linear food chain to food web, upgrading the usage of food waste, etc. It also plays a role of food processing to improve food safety and sustainability, absorbing digital transformation technology, 5G, Artificial Intelligence, alternative protein and food safety technology innovation. It vigorously develops plant-based foods, space foods and marine foods, etc. Under the concept of sustainable development, the Australian government place great importance on biodiversity protection and supervision. The associations and institutes related to the food industry also make positive contributions on research investment and anti-food-waste efforts. Food enterprises embrace sustainable development as a mind set and operation approach, considering the planet as a key stakeholder, which demonstrates a society responsibility. Australia places more emphasis on the impact of the food industry on the planet's environment, leading to the popularity of plant-based foods. It will be a better future for the sustainable development of food industry in Australia through the joint efforts of stakeholders, which offers certain information references for food sector peers in China.

Key words: Australia; sustainability; food industry; food safety; developing strategies; emerging technologies; future fields; joint efforts

根据联合国粮农组织 (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO) 的定义, 食物安全 (Food security) 指任何人在任何时候都可以在物质、社会和经济层面上获得足够、安全和营养的食品, 以满足他们的饮食需求和食物偏好, 从而过上积极健康生活的一种状态^[1]。FAO 明确食物安全有四个维度: 供应性 (Availability)、获得性 (Access)、利用性 (Utilization) 和稳定性 (Stability), 现在已演变为六个维度, 包括自主性 (Agency) 和可持续性 (Sustainability)^[1]。其中可持续性被定义为食物系统以不损害为子孙后代提供安全营养食物的经济、社会和环境基础的方式来长期提供安全营养食物的能力^[2]。到2050年, 我们需要用日益减少的自然资源养活97亿世界人口^[3], 同时在社会、经济、环境和地缘政治条件发生重大变化、气候变迁、人畜共患疾病出现、城市化程度不断提高 (目前为50%, 到2050年增至65%) 等对粮食安全构成重大威胁的情况下确保人类和地球的健康^[4]。因此, 可持续发展已成

为各国共识。但是, 如何从政府政策贯彻到社会全面实施, 每个国家根据自己的国情、经济发展、科技水平和人们意识等因素, 对可持续发展在各行各业的体现均有不一。

本文以澳大利亚为例, 综述该国可持续发展共识下的食品产业战略实施途径、政府和社会各方采取的具体行动, 以及在此理念下的食品产业最新现状和未来趋势, 以期为我国食品行业同仁提供一些信息参考。

1 可持续发展的理念共识

食物安全是一个世界性挑战, 越来越难以全面实现^[5]。目前全世界约有8.21亿人 (占世界人口的11%) 挨饿, 有20亿人营养不良^[6], 然而这不只是第三世界的问题。澳大利亚食品银行发布的《2023年食品银行饥饿报告》(The Foodbank Hunger Report 2023) 指出, 食物获得的不安全正在影响越来越多的澳大利亚家庭, 2023年澳大利亚食物不安全家庭人口大大增加, 有370万户家庭

(36%) 经历了中度到重度食物不安全状态；300万户家庭从食物安全变成了食物不安全危机，其中270万人后来恢复了食物安全。2023年食物不安全的总人数净增加了383 000人，增长了3%，而长期食物不安全的家庭数量稳定在75万户左右。其中有的家庭其成员处于就业状态、年总收入在中高水平、家庭成员比较年轻（81%的家庭成员年龄<45岁）也首次经历了食物不安全的窘境。这种现象是多种原因造成的，比如食物和住房等生活成本增加、收入降低、政府福利降低、家庭变故或生活变化、自然灾害、储蓄减少等^[7-8]。

与此同时，农业和食品产业越来越意识到其生产过程造成了大量的温室气体排放和对环境的影响。碳足迹是土地用途改变、农业、食品加工和运输等多种因素造成的结果，其中有来自行业产生的直接排放，如化石燃料燃烧和畜牧生产，也有购买电力、热量或蒸汽产生的间接排放，还有整个价值链的其他间接排放，例如原材料生产、运输、产品使用和处置等^[9]。据估计，食物系统的碳排放量占全球总碳排放量的1/3（34%）。随着人口增加，肉类消费在增加，畜牧生产占用了全球近80%的农业用地，而给人类食物提供的能量却不到世界总需要量的20%^[10]。食物浪费也贡献了10%的全球温室气体排放^[11]。发达国家的过度供应和消费以及过度依赖检查而非预防造成了大量食物浪费情况，如食品日期标记被认为是组织的食品浪费^[5]。澳大利亚每年浪费760万t食物，食品损失每年总计360亿澳元。尽管有许多因素会影响食物安全形势，但减少食品浪费以提高安全的食物可获得性必须引起重视^[11]。

澳大利亚食品与饮料孵化中心于2023年12月发布了《开启澳大利亚食品与饮料行业的创新机遇》报告，预测未来食品与饮料的发展趋势：一是**精致需求**：在不牺牲健康的前提下，更加个性化、功能化、便利化的消费需求将会出现，突出消费体验的需求不断增长。二是**健康产品**：更健康、更天然和新鲜、更营养的产品需求增长。三是**关注环境**：可持续性产品和消费的需求增长；消费者在选择食物时，对环境保护意识越来越明

显。四是**技术经济力量**：对信息透明、安全和负责任的产品、以及数字技术、人工智能和生物技术的需求增长。五是**企业韧性**：对极端气候事件、地缘政治和经济动荡的关注增加^[12-13]。

不难看出，消费者对环境和可持续要素会更加关注，从而影响其对食物的选择，这种有利的市场力量将与政府、行业协会、研究机构、企业一起汇聚，使得食品产业的未来在可持续理念下发展。食物的安全和保障，只有在保证全球农业食物系统可持续发展的前提下才能实现，因此可持续性将贯穿整个食品产业链中。

2 可持续发展的战略途径

从传统和替代食物来源发展可持续的食品价值链需要尽量减少能源使用、排放、用水和减少浪费，这要求从农场到餐桌整个供应链上采取综合措施。澳大利亚科学与工业研究院（Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, CSIRO）科学家Mary Ann Augustin（2023）从其本国食品产业角度，阐述了改善食物安全和可持续性的战略和途径^[4]。

2.1 改善食物安全和可持续性的战略

一是**开发替代食物来源**：探索可持续的食物来源，作为动物食品的替代品，如植物蛋白食品、藻类、微生物蛋白、细胞肉、昆虫和发酵衍生食品成分/产品。将这些新成分/产品推向市场需要确保其安全性，同时考虑大规模生产的可行性、可持续加工方法的应用、适用规范、功能功效、相关法规及对消费者的透明度等。二是**学习土著人的适应能力**：可以从澳大利亚土著人那里学到很多关于食物安全和可持续性、关爱地球和保护生物多样性的知识。澳大利亚本土植物一直是澳洲土著人民饮食的一部分，譬如可以开发一些具有潜在商业价值的本地食用植物，如灌木番茄、葡萄干、苏丹娜、卡卡杜李、荆籽、戴维森李子和野生酸橙等^[14]。三是**发展公平的可持续价值链**：为任何一种新的食物资源开发价值链，必须考虑在哪里增加价值，为谁增加价值，以确保产业链的所有环节都能获益。比如农产品采后加工提供

了增值产品，需要考虑农民要充分获益。四是从**线性食物链转变为食物网**：随着食物链中的各项活动变得更加相互关联，需要从线性食物链思维转变为闭环系统思维。食物系统的价值优化需要企业和社区合作，共享资源和知识，建设循环经济。五是**减少食物浪费和食物废弃物的升级利用**：优化供应链管理、升级产品包装运输和回收利用食物废弃物可以增加农产品的价值。由于农产品分批分散生产造成的污染、产品原产地身份认证损失、易腐烂食物因变质等因素造成的浪费，需要通过科学的采后技术和管理来降低。不符合超市规格的食品和加工过程产生的副产品也可通过回收利用，加工成具有附加值的新食品。

2.2 食品加工在改善食物安全和可持续性方面的作用

食品加工将农业生产中的原材料转化为可食用、功能性和文化上可接受的食物，在改善食物安全和可持续性方面发挥着重要作用^[4]。一是**食品安全性的增加**：传统食品加工包括热处理、使用防腐剂、冷藏、干燥或发酵等，可有效地减少病原体，提高食品的安全性、稳定性和便利性，并减少浪费。新兴食品加工技术包括高压加工、脉冲电场、冷等离子体和微波加工等对食物更温和，也更具有可持续性。有学者提出了基于加工程度不同的食品分类，分析了过度加工食品消费与不良健康之间的关系^[15]，认为加工程度并非与食物营养健康正相关，为有关食品加工和消费政策的制定提供信息参考^[16]。二是**食品营养的增强**：合理的食品配方可改善其营养价值。例如：科学的配方食物能减少脂肪、糖或盐的含量，强化所需的宏量和微量营养素，提高营养价值，并保持优良的感官质量、降低产品成本和环境足迹（主要是碳排放）。三是**食品加工产量的提高**：原材料预加工可提高从食品中提取所需成分的产量，或预处理原料能实现更好的售价。譬如在棕榈油加工中，可在棕榈碾磨操作时用超声波技术来提高棕榈油的产量^[17]，将超声处理与酶处理结合用于木质纤维素材料（如麦糠）预处理，增强对难降解基质的破坏，提高对其中生物活性物质的提取

率^[18]。四是**食物废弃物的增值**：包括采用分离技术从食物废弃物中提取生物活性物质，譬如从加工副产品中提取多酚（如橄榄油加工中的橄榄水、榨汁后的水果/蔬菜渣）；用食物废弃物（如从水果和蔬菜中提取果汁后的残渣）生产膳食纤维和营养配方食品（如果蔬挤压零食）^[19]等。

3 可持续发展的新兴食品加工技术

如果说有一种超大型趋势刺激了食品科学和技术的创新，那就是可持续性，这需要新的解决方案来减少农业对水、气候和生态系统的影响，并提高整个食物供应链的效率。全球对可持续食品和食物系统的需求正在推动食品加工技术的进步，数字转型、人工智能、5G、替代蛋白质和食品安全技术等将影响未来可持续发展目标^[20]。

3.1 替代蛋白质技术

根据非盈利机构的数据，澳大利亚大多数植物性食品这些年都经历了两位数的快速增长，这很大程度上是由于消费者对健康和环境双重需求的推动所致。2020年，增长最快的是植物性鸡蛋、植物性乳制品、蘸酱、酸奶油、酱汁及植物性肉类。未来最大的食品趋势之一将是富含蛋白质的食品在运动营养界风行。因此，替代蛋白质将成为新产品开发的主要成分。无论是植物性蛋白、真菌蛋白（Mycoprotein）、细胞培养的肉类和海鲜，还是可食用的昆虫，迫切需要快速开发出一系列可持续的替代蛋白质食品加工技术，包括精准发酵、3D打印、酶和分子生物学方法及CRISPR-Cas9基因组编辑等，并提高这些技术加工的产品在健康、环境和伦理道德方面的透明度。例如，BlueNalu是澳大利亚一家新型细胞水产养殖公司，他们用细胞培养生产了蓝鳍金枪鱼toro，该产品销往全球优质食品市场。据预测，未来全球肉类消费的40%将来自传统动物来源，其他都来自替代蛋白质，而细胞培养蛋白质来源将是增长最快的份额之一^[20]。

3.2 人工智能技术

人工智能（Artificial intelligence, AI）在农业食品领域产生了诸多创新力，它改变了生产方式、

产业发展,促进了加工优化、质量控制和食品安全,增强了消费者互动,减少了食物浪费,主要在两大方面具有良好前景。

一是在食品产业链环节,利用人工智能设计个性化营养计划、开发基于个人膳食需求和偏好的产品,分析消费者数据、食品趋势和为新产品或风味提供前瞻性建议和分析。其优化的加工工艺可使能源和水消耗、废物产生和停机时间最小化。基于AI的自动分级和包装可确保产品质量和安全,加强清洁效率,保持良好的预测性。用数据算法来预测需求,优化投资、设计运输计划和价格战略,可减少浪费,提高供应链效率。AI还能协助多余食物向食品银行和打折卖场重新分配,而不是直接废弃;能更准确地预测食品货架期,帮助零售商优化销售时间来减少食品浪费;与区块链技术结合,能提供更为详细的食品来源、加工和运输的记录,来改善从农田到餐桌的信息透明度和可追溯性^[21]。

二是在食品加工环节中,AI通过大量数据库包括风味谱、营养物质含量、食品组分对环境的影响等信息,应用先进的筛选识别模式,通过连接消费者偏好、营养需求与食品分子组分和感官特征数据,帮助企业研发更多量身定制的新型产品。对于人工操作复杂或很难观察到的数据模式和工艺流程中的相关关系,AI系统能分析在食品生产线上大量的实时数据。AI算法也有动态调整加工参数条件的潜能,以应对产品环境和原料质量的变化。通过从机器到装备的数据分析,AI算法可预测机器有可能出现故障的时间,让管理者及时维修和减少停机时间,防止生产延误导致的食物腐败和浪费。机器学习模式将以更快速度和更一致性的特点对生产过程中食物损坏或受污染的征兆进行识别,这比人工操作更能确保满足食品安全标准^[21]。

尽管AI发展和应用呈指数级增长,很多企业仍在面临高实施成本、技能要求、伦理或监管方面的挑战。CSIRO食品项目部正在研究AI战略方案,以期AI能给食品领域赋能和获得更多应用,让人们在整个食品系统中能做出更明智、更可持

续的决策^[21]。

3.3 数字化转型技术

多年来,食品加工行业的工业4.0或数字化转型速度较慢,但数字化转型的数据收集和分析、连接、连续监控和流程优化等关键概念为技术开发提供了许多应用点,尤其是实现机器和软件自动化。据澳大利亚包装与机械加工协会最近发布的《自动化时间表:包装和加工4.0互联互通的驱动力》报告显示,大型消费和包装产品公司正继续以比中小型企业更快的速度实施自动化和集成工业4.0解决方案,但小型公司也在以稳定的速度投资于智能制造技术。报告中的受访制造商在过去5年中一直在积极扩大机器和软件自动化,并认为未来十年仍有很大的增长空间。此外,用更有效测量、跟踪和数据收集的工业物联网传感器和设备及更有效分析数据的人工智能和机器学习,将简化和优化加工流程,预计在未来几年会纳入数字化转型技术^[20]。

2021年,世界经济论坛在其行动手册报告《衔接数字与环境目标》(Bridging Digital and Environmental Goals)中指出:对于能够捕捉数据价值以推动更可持续解决方案的企业来说,存在着巨大的发展机会。据估计,到2030年人工智能在帮助设计废弃食物循环利用、保持产品和材料的使用、以及再生自然系统方面所释放的价值每年可高达1 270亿美元。同时,数字化转型技术通过优化资源使用、减少浪费和提高能源效率来减少对环境的影响,因为实时数据共享和跟踪平台的使用提高了可预见性和完善了问责制,从而减少了各种活动可能对环境的影响^[20]。

5G技术能够实现大数据传输和低延迟,给农业食品系统的技术应用带来了诸多受益,如物联网和区块链。目前全球5G生态系统取得了相当大的进展,5G技术在农产品中最成功的应用案例有巴西、荷兰、韩国和英国。不过,5G在农业食品中的未来取决于许多因素,包括互操作性、数据治理和安全、新商业模式、政策变化和创新生态系统等。一个地区或国家的连通性和基础设施等基准条件由5G聚合、网络管理和决策水平来决

定, 这些因素和水平奠定了未来5G在农业食品系统中的应用基础。私营和公共部门的跨界农业技术合作、以及生态系统发展是所有国家大规模采用5G技术在农业食品方面取得进展的第一步^[22]。

3.4 食品安全技术

在食品安全方面, 澳大利亚企业正在寻求各种可靠技术, 使其能够快速、准确、持续地监测食品生产过程中的关键质量控制点。虽然食品、饮料和配料加工商要确保生产的食物安全、健康, 且符合质量规范, 但食品技术在加工层面的进步也受到消费者需求的推动。例如, 低能电子束技术未来可能成为一种新型食品安全干预措施。该技术有非热、无化学物质、无水、不使用放射性物质、在不破坏环境的情况下灭活有害病原体等优点。用于异物检测的X射线技术也是一个很好的例子, 具有速度快、成本低的特点。此外, 采用机器人或其他自动化系统的食品公司越来越多, 用于加快加工和包装操作, 既能更高效地操作, 又能降低劳动力成本。比如业务流程中使用的扫描技术, 像澳大利亚Campbell Soup公司通过其brite堆叠系统采用双扫描, 不仅扫描条形码, 还扫描产品和包装日期代码, 避免罐头食品标签的错误^[20], 更好地保障了食品安全。

4 可持续发展的未来食品

4.1 植物基食品发展

基于人类发展不能以牺牲环境为代价的理念, 推广植物性饮食可以减少与食物相关的土地使用和温室气体排放来助力缓解气候变化, 因此澳大利亚消费者越来越意识到, 饮食选择对个人健康和环境影响同样重要。《Lancet》(柳叶刀) 2023年一份关于澳大利亚疾病负担和趋势的报告指出, 不良饮食习惯是疾病的主要风险因素之一。多年来, 澳大利亚人的饮食偏好已从低脂转向低碳水化合物, 最近又转向高蛋白饮食。在这些变化中, 蛋白质摄入量是充足的, 但超过70%的澳大利亚人摄入膳食纤维不足。因此, 由水果、蔬菜、全谷物、豆类、坚果、种子和香料组成的植物性饮食模式在澳大利亚正在兴起, 以提供充足的膳

食纤维、植物蛋白和其他营养素。在全球增长最快的纯素食市场中, 澳大利亚排在第三位, 1/3的国民有意识地减少肉类消费, 10%的人认为自己是素食主义者或纯素食者。人们转向植物性饮食主要是考虑到身体健康、环境保护和动物福利这三个因素。随着消费者偏好的不断变化, 澳大利亚食品工业正在大力生产植物性产品, 并追求在滋味、香气和质地上与相应的传统产品一致^[23]。

自2015年以来, 澳大利亚的植物肉替代物产量增加了五倍, 而2022年比2020年增加了33%。v2food公司开发的植物肉糜产品现在是澳大利亚的市场主流产品, 市场份额约为40%, 而且还开发有汉堡、香肠、涂层鸡肉系列和即食食品等。该公司还通过与全球网络汉堡王Hungry Jack's合作, 向亚洲市场拓展^[10]。此外, 植物奶是所有植物基制品中发展最成熟的产品, 据澳大利亚统计局数据, 植物奶消费量增长速度与乳制品消费量下降速度有高度相关性^[24]。从2020年到2022年, 受坚果和谷物奶品种的流行推动, 植物奶产量增长了近60%。该类产品因其含纤维素, 且大部分添加了钙, 从而减少了与动物乳制品的营养差距。植物酸奶、奶酪和奶油也是重要的无乳制品替代品, 满足了许多消费者的需求, 包括对乳制品过敏或注重动物福利伦理的消费者^[23]。虽然澳大利亚是一个较小的市场, 但CSIRO 2022年的《蛋白质》报告称, 到2030年, 澳大利亚的植物性产品市场价值将达到30~90亿澳元^[25]。

澳大利亚植物性饮食的兴起并不是短暂的趋势, 它反映了人们对动物性食品消费相关的伦理、环境和可持续性问题的认识, 对饮食价值观的重大转变, 以及将人类和地球的协同发展放在同样重要的地位; 在膳食结构中增加更多植物性食品同时为人们提供了一条增进健康的途径, 降低了国民的医疗成本和疾病负担^[23]。

4.2 太空食品发展

新成立的澳大利亚研究委员会(Australian Research Council, ARC)太空卓越中心通过专注于太空食品, 建立国际太空合作, 计划在2031年前加快推进澳大利亚的太空能力建设^[26]。ARC空

间植物卓越中心是一项由阿德莱德大学、墨尔本大学、弗林德斯大学、西澳大利亚大学和拉筹伯大学等5所大学参与的联合研究机构，通过植物和食品的重新设计为将来的人类太空探索提供支持。其研究工作以多节点方法和广泛国际合作为基础，合作机构包括尤里（Yuri）、Axiom 太空、德国航空航天中心、美国国家航空航天局、加州大学伯克利分校和戴维斯分校、威斯康星大学、莱斯大学、亚利桑那大学、剑桥大学、诺丁汉大学、法国国家农业食品与环境研究院、苏黎世联邦理工学院和 Jülich 研究中心的实验室^[27]。

该中心的主要任务是解决执行长期太空任务时的食物挑战，特别考虑太空食品补给任务的限制、稳定、营养和心理接受度，重点开发植物性食品，并探索利用火星等外星资源。研究团队有植物科学家、工程师、心理学家、营养学家、感官专家、教育工作者和法律专家，联合应对太空食品生产的多方面难题。无论是在地球上还是在太空中，植物性食物在滋味、质地和水溶性方面的问题都是相似的。研究团队将开发一系列食品加工技术，采用冷冻、浓缩、发酵、干燥、分级、3D 打印等各种方法，以确保太空食品的长期稳定性。他们将浮萍（Duckweed）作为研究目标作物之一，因为其具有快速生长和高蛋白质含量的优点。他们还将运用生物识别、人工智能等创新技术模拟太空生活环境，评估太空食品生产和消费的心理和感官体验，包括在太空环境中种植植物对太空工作者身心健康的益处，以及改善太空食品的感官性状特征^[27]。太空种植植物的法律、伦理和生物安全问题也有待研究，以支持载人火星任务、为国际空间站实现作物生产的愿景提供前瞻性准备^[28]。

澳大利亚政府为航天技术发展制定了一个宏伟目标，预期将创造3万个新的就业机会，建设成为一个价值120亿澳元的产业。该研究计划将短期目标（到2030年协助登月任务）和长期目标（如支持2040年的火星任务）协调一致，为澳大利亚在航天工业、农业食品可持续性产业、生物分子和食品制造业创造就业机会，以促进各行业专业

人员的成长，是一项多学科的开创性举措，以期对太空探索和地球的可持续性发展做出重大贡献^[27]。

4.3 海洋食品发展

海洋水产养殖在未来食物生产中对全球食物和营养安全的重要性是巨大的。海洋水产养殖动物和水生植物规模庞大，产量和种类都不断增加。蓝色经济合作研究中心（Blue Economy Cooperative Research Centre, BECRC）汇集了来自10个国家的40多个合作伙伴，以发展海鲜和可再生能源生产的蓝色经济，开发海上水产养殖系统，提供切实可行且可持续性的增长机会。他们在不同层面进行整合，包括同区域多种水产养殖物种和系统、与近海结构相关的野生渔业，以实现营养循环^[29]。澳大利亚地理位置优越，拥有世界第三大专属经济区、近60 000 km的海岸线、多种气候特征、潜力巨大的水产养殖近海区域^[30]、多样的海洋生物物种和成熟的市场。澳大利亚消费者海鲜菜单上最主要的是大西洋三文鱼、牡蛎、黄尾王鱼、盲曹和对虾。每个州都有水产养殖，其中塔斯马尼亚州是最大的海鲜生产州，主要养殖大西洋三文鱼^[31]。而北部热带地区的贻贝、奇努克三文鱼（帝王鲑）和牡蛎养殖都有不错的前景^[29, 31]。

BECRC也在探索海藻、三文鱼和牡蛎的近海水产养殖系统和可再生能源发电系统的环境足迹，以减少对环境的影响和环境对水产养殖的影响，实现可持续性生产。环境监测自主系统是管理远程海上位置的重要手段，包括正在开发的传感器网络，并与自主水下水面航行器和无人机的连接将自然资源、运营物流和环境风险纳入海上决策支持系统的海洋空间规划工具等其他海上技术项目，如将海藻生产、其他水产养殖与可再生能源生产相结合，都在相继开发中^[29]。BECRC在多个层面投资环境可持续性的水产养殖研究，实现白肉海鱼（比如鳕鱼、鲷鱼、比目鱼、黑线鳕、大比目鱼和石斑鱼）的大规模水产养殖将是未来澳大利亚海鲜产业的一个重大发展目标。海藻养殖是澳大利亚最近出现的一个潜在产业。海藻可以

被开发成优质的人类食物，也可作为高价值活性成分提取物（如海藻多糖）的来源，用于储藏海洋营养，并可能用于让高能和近海场地的水动力衰减。

澳大利亚 SafeFish 公司正在执行一项由渔业研究与投资公司资助的计划，确定了国家海鲜开发的最高风险物质，提出了32种风险种类，分为关键类、高类、中类和低类风险，并开发了可操作的风险登记册和行动工具箱，设定了风险管理模板，帮助海鲜行业积极有效地识别和管理相关风险，支持行业发展和对未来的适应性，应对其食品安全和市场准入的挑战，为澳大利亚海鲜行业的长期发展提供抵御各类风险的能力^[32]。

5 可持续发展理念下的各方行动

5.1 政府行动

我们的食物系统高度依赖生物多样性，与食品生产相关的活动对全球生物多样性的健康共存有重大影响，其造成的生物多样性丧失主要有以下几种方式：生物栖息地破坏、土壤侵蚀、水污染、温室气体排放、作物和牲畜遗传多样性丧失^[9]。因此澳大利亚政府在考虑食品生产对环境的影响时，把生物多样性放在了重要位置。

澳大利亚第一个为期10年的国家生物安全战略实施计划于2022年8月发布，是一项由各州政府农业部长支持的保护澳大利亚免受外来病虫害的国家战略，认为生物安全是共同的国家责任，影响着全体国民。随着地区贸易、旅行模式变化和生物安全风险的增加，管理生物安全越来越复杂，任何违反管理制度的行为都可能对澳大利亚独特的动植物群、生活方式、农业产业和本国产品进入国际市场产生重大影响。该战略将指导国家行动计划的制定，并监测其进展，确保建立一个相互连接、有弹性和共享的国家生物安全系统，从而长期保护国家的生物安全。2023年成立了该战略计划执行委员会和工作组，以推动计划的实际实施^[33-34]。

《2021—2025年国家气候复原力和适应战略》为澳大利亚制定了跨生态系统、农业用地、动植

物等多个领域的协调适应方法^[35]。2023年以来，澳大利亚消费者对其食品供应的来源、真实性、安全性和可持续性表现出极大的兴趣，他们要求健康安全的食品、知晓食品的来源和完整性、并寻求加工工艺最少的食品，因此加强对新技术和产品的审查很有必要。澳大利亚国家残留调查局（The National Residue Survey, NRS）严格监管和定期评估食品中是否存在农用化学品、兽药和污染物。2021—2022年，NRS监测的各种农产品中，符合澳大利亚相关标准的比例超过99%^[36]。NRS对于确保澳大利亚作为清洁和绿色农产品生产国地位以及促进在国内和进出口市场发挥了关键作用^[37]。2022年2月，澳大利亚农村和地区事务及运输立法委员会向澳大利亚议会提交了对肉类类别品牌调查的报告，提出了9项建议，包括：制定植物蛋白标签的强制性监管框架、澳大利亚竞争与消费者委员会审查零售店和在线平台中植物蛋白的相关情况、澳大利亚新西兰食品标准局与各相关行业的工作协调机制对豁免命名植物肉类、海鲜和乳制品类别产品获得《食品法典》标准1.1.1-13（4）的许可展开审查等^[25]，体现了负责任的监管工作。当然，在整个食品供应链上，生产商、包装商、运输商、加工商、零售商和消费者都有责任确保食品的安全营养。

5.2 行业协会行动

食品安全对所有国家都面临严峻挑战，研究和创新是建立一个有韧性和可持续性的澳大利亚食品产业的基础，确保其继续在国内外市场上提供高质量的产品。澳大利亚研究委员会每年投资超过800万澳元来支助食品研究项目。从这两年最新支持的科研项目可以看出，用可替代蛋白资源生产肉类、蛋白质绿色制造、未来蛋白质食品的监管、澳大利牛肉价值链减碳、未来食品供应的气候风险、食品政策和健康影响、将加工附产物转化成营养膳食、为生物制造业设计真菌细胞工厂、重塑可堆肥包装等可持续发展类项目占主流^[38]。

澳大利亚研究数据共享中心（Australian Research Data Commons, ARDC）作为国家的研

究数据基础设施，在政府合作研究基础设施战略的支持下，通过建立世界级的先进数据系统为本国研究人员提供竞争优势。2022年1月，ARDC启动了食品安全数据挑战计划，与主要利益相关方合作，创建数字基础设施，保障澳大利亚食品安全。来自130个组织（包括政府、研究和行业）的利益相关方商定了数字基础设施的优先领域，以提高本国的食品安全研究能力。目前正在进行的食品安全数据挑战项目涵盖了多个领域，包括农业、渔业、食物公平配置、营养、食物来源和可追溯性、数据聚合和可视化、数据治理和安全数据共享等跨领域主题^[39]。

在反食物浪费方面，澳大利亚食品银行（Foodbank Australia）是其国内最大的饥饿救济组织，其职责是将剩余食品和相关物品给有需要的人。在食品行业和慈善机构的合作下，该组织专注于解决该国面临饥饿危机的人们。譬如2023年Foodbank就为慈善合作伙伴采购了8 800万份餐食给有需要的国民进行食物救急，将食品行业生产过剩的食品提供给面临临时饥饿的人群，也减少了垃圾场填埋，防止了大量温室气体排放^[7-8]。澳大利亚食品科技协会（Australian Institute of Food Science and Technology, AIFST）自2018年起设置了AIFST Foodbank Hunger Hero奖，以表彰在解决食物不安全问题做出卓越贡献的团队或个人，鼓励合作解决澳大利亚食物浪费和日益严重的食物不安全问题。此外，该国还成立了“反食物浪费”组织^[40]，在防止食物损失和浪费方面发挥了重要作用。

5.3 企业行动

目前已有100多个国家设定了在未来几十年实现碳中和的目标，全球有超过4 838家公司通过基于科学的方法，制定了符合气候变化的减排目标。对企业来说，可持续发展是创造长期价值和在全球经济中竞争的关键，而不仅仅是营销红利^[41]。近5年来，在澳大利亚，可持续产品的营销一直主导着包装消费品的增长。从最近超过140亿澳元销售额的数据显示，消费者愿意为可持续性食物产品付费。与其他健康产品类别相比，提供可持续

性的品牌在通货膨胀市场中将更有弹性。

消费者品牌协会报告称，全球前50大品牌企业都在包装、气候变化和用水领域做出了可持续发展的承诺。9/10的商业领袖表示，消费者要求他们对环境的影响负责，其重要性甚至超过股东、员工和监管机构。因此需要更多的智慧、科研、数据和行动来支撑实现可持续性优势的策略方法，以推动整个食品供应链的全面系统变革^[41]。Woolworths和Coles是澳大利亚两家最大的零售超市集团，经过上百年的发展，现均为世界500强企业，而可持续发展是其核心理念。在Woolworths 2025年可持续发展规划中，其5个理念，14个目标40项承诺均围绕人类、地球和产品三大要素展开^[41]；Coles可持续发展战略规划中提出的目标是“零排放”“零浪费”^[42]，可持续性、可追溯性、动物福利、碳排放等，这些均体现在其产品严苛的品质标准中。

对于企业来说，可持续发展不是能买卖的一次性商品，而是一种思维定式（A mind set）和经营方式，包括把地球作为企业的关键利益相关方来考虑^[41]。澳大利亚Rocket Seeder投资公司自2021年以来启动了应对全球最紧迫的环境挑战之一——食物浪费的新计划，向任何有解决食物损失和浪费的企业、团队或个人开放，助力支持新兴企业，旨在将全球人均粮食损失和浪费减半，以实现联合国倡导的可持续发展目标。在过去几年里，Rocket Seeder支持了70多家澳大利亚初创公司，其中80%以上是投资可持续性发展的企业。他们聚焦于符合联合国可持续发展目标的创新，特别是负责任地消费和生产、零饥饿、负担得起的清洁能源、气候行动和野生生命保护，通过提高农场效率和自动化、创新供应链、扩充未来食品资源、高值利用废弃物和减少食品浪费等措施，对可持续发展产业产生了积极影响^[43]。

6 结论

澳大利亚的食物系统正处于一个分水岭，他们更重视食品供应与生态系统的联系，向可持续的食物系统过渡。该系统要求公平地获得健康和可持续的饮食、改善资源的循环性和实现零碳排

放、将人类未来的适应力与社会经济和环境稳定联系起来、提高产业价值和生产力，同时采取实际行动遏制食物浪费和食物不安全的趋势，实现更公平的资源分配。他们对食物系统开展了多方面的改革，利用科技创新和社会综合措施来促进食物供应系统更好地运转。在传统上，食品科学被视为一门建立在化学、生物学、微生物学和工程基础上的多学科科学，主要研究将农业采后的原料转化为食品。然而在解决澳大利亚食品产业可持续性和食物安全问题时，他们把目标和行动转向了更多学科和更多利益相关方，引入了健康卫生、社会科学、能源、水资源、太空、海洋、生物安全、信息技术、经济学、商业和政府政策等众多学科，从政府、行业、企业、个人和环境的角度，制定了包括消费者在内的不同层面都可实施的解决方案，以强化和实现该国的食物安全和持续性发展。

参考文献：

- [1] FAO, IFAD, UNICEF, WFP, & WHO. The State of Food Security and Nutrition in the World 2022: Repurposing food and agricultural policies to make healthy diets more affordable[EB/OL]. Rome, 2022, <https://openknowledge.fao.org/items/c0239a36-7f34-4170-87f7-2fcc179ef064>.
- [2] HLPE. Food security and nutrition: building a global narrative towards 2030[R]. Report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security, HLPE Report 18, Rome, 2020.
- [3] World Health Organization (2022). WHO global strategy for food safety 2022—2030: towards stronger food safety systems and global cooperation. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- [4] AUGUSTIN M A. The science of food security and sustainability [J]. Food Australia 2023(4): 14-17.
- [5] MCBRIDE B. Food safety, security and sustainability are one continuum[J]. Food Australia, 2023(1): 26-27. <https://www.linkedin.com/in/billmcbride-2018221b/>.
- [6] SCHULZ C. World hunger statistics, facts and figures 2020/2021[J]. CareElite, 2020, <https://www.careelite.de/welthungerstatistiken-fakten>.
- [7] Foodbank. Hunger Report 2023[R]. Foodbank Reports (Australia).
- [8] PENNELL S. Young, employed high earners going hungry[J]. Food Australia 2024(1): 5.
- [9] BRANSON L. Is saving the planet the strongest commercial decision a company can make? [J]. Food Australia, 2023(4): 30-31.
- [10] RONQUEST-ROSS L. Designing delicious plantbased meats to make a positive impact[J]. Food Australia, 2023(4): 32-34.
- [11] GOODMAN-SMITH F. From waste to resource: transforming wine waste into high-value nutrient product[J]. Food Australia, 2024(1): 25-26.
- [12] BREA E, & MCCOLL-KENNEDY J. Global Trends in the food and beverage sector: implications for Australian businesses[J]. Food Australia 2024(1): 14-15.
- [13] BREA E, MCCOLL-KENNEDY J R, HINE D C, et al. Global Food and Beverage Trends Report: Opportunities to unlock innovation in the Australian food and beverage sector[R]. Australia's Food and Beverage Accelerator (AFBA), 56.
- [14] SOMMANN S, CAFFIN N, MCDONALD J, et al. Food safety and standard of Australian native plants[J]. Quality Assurance and Safety of Crops & Foods 3, 2011, 176-184.
- [15] MONTEIRO A, CANNONG, MOUBARACJ C, et al. The UN Decade of Nutrition, the NOVA food classification and the trouble with ultra-processing[J]. Public Health Nutrition, 2018, 21(1): 5-17.
- [16] GIBNEY M J. Ultra-processed foods: definitions and policy issues[J]. Current Developments in Nutrition, 2019.
- [17] JULIANO P, SWIERGON P, MAWSON R, et al. Application of ultrasound for oil separation and recovery of palm oil[J]. Journal of the American Oil Chemists Society, 2013, 90(4): 579-588.
- [18] OLIVER C M, MAWSON R, MELTON L D, et al. Sequential low and medium frequency ultrasound assists biodegradation of wheat chaff by white rot fungal enzymes[J]. Carbohydrate Polymers, 2014, 111: 183-190.
- [19] YING D, SANGUANSRIL, CHENGL, et al. Nutrient-dense shelf-stable vegetable powders and extruded snacks made from carrots and broccoli[J]. Foods 2021, 10(10).
- [20] BRICHER J L. Technology forecast[J]. Food Australia, 2023(2): 14-17.
- [21] PENNELLS J, WATKINS P, YING D, et al. AI in the food industry: the next industrial revolution from farm to fork[J]. Food Australia, 2024(1): 10-13.
- [22] HILTEN M P, WOLFERT S. 5G in agri-food - A review on current status, opportunities and challenges[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2022, 201: 107291.
- [23] MACCHIA K L. Australia's growing appetite for plant-based foods[J]. Food Australia, 2023, 75(4): 28-29.
- [24] Australian Bureau of Statistics. (2020-2021). Apparent Consumption of Selected Foodstuffs, Australia. ABS. <https://www.abs.gov.au/statistics/health/health-conditions-and-risks/apparent-consumption-selected-foodstuffsaustralia/2020-21>.
- [25] RIJK C D. What's the beef? An overview of the regulation of

- plant-based 'meat' and 'dairy' claims in Australia. *Food Australia*, 2023(3): 26-27. Australia, 2023(2): 20-22. 完
- [26] Australian Government (2024). Australia signs NASA's Artemis Accords[EB/OL]. <https://www.industry.gov.au/news/australiasigns-nasas-artemis-accords>.
- [27] GRAS S, GILLHAM M. Plants for space and sustainability on earth, *Food Australia*, 2023(4): 20-22.
- [28] Smelly tablets survive better in space[EB/OL]. 2022, <https://www.adelaide.edu.au/newsroom/news/list/2022/07/01/smelly-tablets-survive-better-inspace>.
- [29] CARTER C G. New offshore horizons for future seafood production[J]. *Food Australia*, 2023(1): 44-46.
- [30] GENTRY R R, FROEHLICH H E, GRIMM D, et al. Mapping the global potential for marine aquaculture[J]. *Nature Ecology & Evolution*, 2017(1): 1317-1324.
- [31] STEVEN A H, DYLEWSKI M, CURTOTTI R. Australian Fisheries and Aquaculture Statistics 2020[J]. Canberra, Australia, 2021.
- [32] LESSEUR C, TURNBULL A, DOWSETT N. Building food safety and market access resilience in the Australian seafood industry: A blueprint for industry collaboration? [J]. *Food Australia*, 2023(3): 20-22.
- [33] Biosecurity and trade: Lowering biosecurity risks to Australia, and assisting industry to accelerate growth towards a \$100 billion agricultural sector by 2030[EB/OL]. <https://www.agriculture.gov.au/biosecurity-trade>.
- [34] Implementing Australia's National Biosecurity Strategy, <https://www.agriculture.gov.au/about/news/implementing-nbs>, February 8, 2024.
- [35] Australian Government (2021). National Climate Resilience and Adaptation Strategy 2021—2025[EB/OL]. <https://www.dceew.gov.au/climate-change/policy/adaptation/strategy/ncras-2021-25>.
- [36] Government Australian (2022). Department of Agriculture, Water and Environment Annual report 2021—2022. <https://www.transparency.gov.au/annual-reports/departmentagriculture-water-and-environment/reportingyear/2021-22-11>.
- [37] MAHONEY D. Food safety trends - 2023 and beyond[J]. *Food Australia*, 2023(1): 34-36.
- [38] PALMER M. ARC food research roundup[J]. *Food Australia*, 2024(1): 18-20.
- [39] KETHERSS, & SAVILLJ. Tackling Australia's food security data challenges[J]. *Food Australia*, 2023(4): 14-17.
- [40] AIFST. 2022 Annual Report[R]. 2023-05-07.
- [41] GroupWoolworths. Sustainability[EB/OL]. <https://www.woolworthsgroup.com.au/au/en/sustainability.html>.
- [42] GroupColes. Sustainability[EB/OL]. <https://www.colesgroup.com.au/sustainability/?page=sustainability>.
- [43] WARD N. Planting the seed for a positive food future[J]. *Food*