

## 特约评述

DOI:10.12211/2096-8280.2025-092

## 基于合成生物学的替代蛋白产业专利分析

刘亚男<sup>1,2,3</sup>, 王可<sup>2,3</sup>, 刘书彤<sup>2,3</sup>, 王英<sup>2,3</sup>, 李金娜<sup>2,3</sup>, 王聪<sup>2,3</sup>, 孟宇<sup>2,3</sup>, 吴崇明<sup>1,2</sup>

(<sup>1</sup> 中国科学院天津工业生物技术研究所, 天津 300308; <sup>2</sup> 国家合成生物技术创新中心, 天津 300308; <sup>3</sup> 天津国家合成生物技术创新中心有限公司, 天津 300308)

**摘要:** 替代蛋白产业作为应对全球粮食安全与可持续发展挑战的新路径、新业态, 正迎来快速发展与技术迭代。在全球蛋白危机将至的背景下, 中国如何抓住替代蛋白这一战略机遇, 通过有前瞻性的原始技术创新和高质量的专利布局, 逐步转变为未来的技术和产业领导者, 是我们面临的现实问题。研究显示, 中国在专利申请量与增速上已跃居全球领先地位, 但在基础性与平台型技术储备、创新策源结构方面仍存在挑战。本文首先系统剖析了全球蛋白危机与替代蛋白兴起的时代背景, 继而全景式扫描了全球及中国产业发展与竞争格局, 再通过专利数据分析, 聚焦于单细胞蛋白、细胞培养肉、植物分子农业蛋白, 为中国加速发展替代蛋白产业提出了系统性的技术创新与专利布局建议, 如构建基础专利体系以突破关键平台技术, 强化全球专利布局, 提升国际竞争能力等。随着合成生物学与发酵工程等底层技术的持续突破, 中国有望在替代蛋白领域构建从源头创新到产业落地的完整生态体系, 成为全球替代蛋白技术与产业标准的重要引领者。

**关键词:** 替代蛋白; 单细胞蛋白; 微生物蛋白; 专利分析; 合成生物学

**中图分类号:** Q816; Q819 **文献标志码:** A

## Patent analysis of the alternative protein industry associated with synthetic biology

LIU Ya'nan<sup>1,2,3</sup>, WANG Ke<sup>2,3</sup>, LIU Shutong<sup>2,3</sup>, WANG Ying<sup>2,3</sup>, LI Jinna<sup>2,3</sup>, WANG Cong<sup>2,3</sup>, MENG Yu<sup>2,3</sup>, WU Chongming<sup>1,2</sup>

(<sup>1</sup>Tianjin Institute of Industrial Biotechnology, Chinese Academy of Sciences, Tianjin 300308, China; <sup>2</sup>National Center of Technology Innovation for Synthetic Biology, Tianjin 300308, China; <sup>3</sup>Tianjin National Center of Technology Innovation for Synthetic Biology Co., Ltd., Tianjin 300308, China)

**Abstract:** Driven by an increasing global demand for proteins, the alternative-proteins sector has entered a rapid expansion on production capacity and technological upgrading. China now leads in both the production volume and annual growth of patent applications with alternative-proteins, yet remains under-represented in international patent families and overseas jurisdictions, constraining its competitiveness abroad. This paper first dissects the global protein demand and the

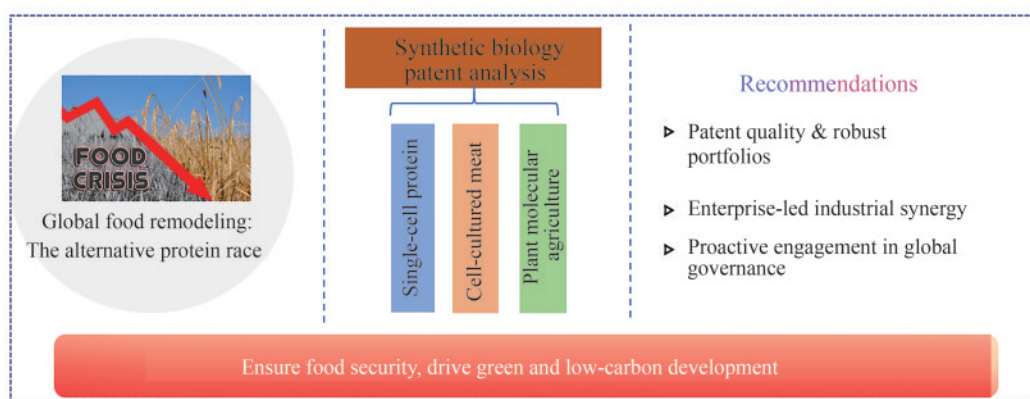
收稿日期: 2025-09-26 修回日期: 2025-11-04

基金项目: 中国科学院发展规划局“重大科技项目专利导航”项目(XD-ZLDH-1-01)

引用本文: 刘亚男, 王可, 刘书彤, 王英, 李金娜, 王聪, 孟宇, 吴崇明. 基于合成生物学的替代蛋白产业专利分析[J]. 合成生物学, 2026, 7(2): 390-407

Citation: LIU Ya'nan, WANG Ke, LIU Shutong, WANG Ying, LI Jinna, WANG Cong, MENG Yu, WU Chongming. Patent analysis of the alternative protein industry associated with synthetic biology[J]. Synthetic Biology Journal, 2026, 7(2): 390-407

consequent rise of alternative proteins. It then provides a panoramic scan of worldwide and domestic industrial landscapes and competitive dynamics. Finally, by applying a big-data patent lens to three technology tracks — single cell proteins, cell-cultured meat, and plant molecular agriculture — the study offers a systematic roadmap for technological innovation and designed patent landscape. Our focus is on analyzing global patent filing trends and mapping the development of specific fields to identify major players. The study includes a detailed breakdown of leading companies' patent portfolios, assessing their production volumes and key technological areas. Based on these analyses, several recommendations are proposed to accelerate the development of China's alternative proteins industry, such as establishing a foundational patent system to breakthrough key platform technologies, strengthening global patent landscape, and enhancing international competitiveness. While a global leader in patent volume, China's alternative proteins sector must navigate a crucial strategic repositioning to evolve from a patent giant into an industrial leader. Future strategy should be built on three pillars: applying international patents for global protection, particularly for critical attributes like safety and efficacy, to ensure regulatory compliance and international market access; fostering an enterprise-driven innovation ecosystem that rapidly translates research and experimental development into market-ready solutions through full collaboration within the industry chain; and actively participating in global governance to transition from a technology adopter to a co-architect of international standards and regulations, which will solidify China's pivotal role in the global alternative proteins landscape, directly contributing to its national food security and low-carbon development goals.



**Keywords:** alternative protein; single-cell protein; microbial protein; patent analysis; synthetic biology

蛋白质是维持生命活动的基础物质，也是人体必需的营养素。人类摄取蛋白主要来源为豆类、谷类等植物性蛋白，以及肉、蛋、奶等动物性蛋白。根据联合国《世界人口展望》报告<sup>[1]</sup>，全球人口预计将在2030年达到86亿，2050年增至98亿，2100年可能突破112亿。人口持续增长对全球粮食系统的可持续性构成严峻挑战，同时导致蛋白质需求面临空前压力。FAO数据显示<sup>[2]</sup>，畜牧业占用全球77%农业用地，却仅贡献了18%的热量和37%的蛋白质，资源利用效率显著偏低。

替代蛋白满足人类蛋白需求的同时，减少了对环境的影响，符合可持续发展目标，根据来源分类主要包括植物蛋白，单细胞蛋白、昆虫蛋白、细胞培养肉等<sup>[3]</sup>。随着合成生物技术发展，以微生物精准发酵生产替代蛋白及其他食品成分已取得显著进展<sup>[4]</sup>，在乳清蛋白<sup>[5]</sup>、酪蛋白<sup>[6]</sup>、血红蛋白<sup>[7-9]</sup>、饲用蛋白<sup>[10]</sup>、重组胶原蛋白<sup>[11]</sup>、工业酶蛋白<sup>[12]</sup>等方面均有突破，广泛应用于食品、医药、化工、农业等行业，被视为替代蛋白核心技术路线。替代蛋白产业随之应运而生并飞速发展。

## 1 时代背景：全球粮食系统重构

### 1.1 全球竞速：北美、欧洲与亚洲的竞争

根据 Euromonitor 统计，2023 年全球替代蛋白市场规模约 290 亿美元。波士顿咨询预计，2035 年全球替代蛋白市场规模将达 2900 亿美元。目前，美国、欧洲以及亚洲是全球替代蛋白发展的领先地区。

#### (1) 美国

通过美国食品药品监督管理局 (U.S. Food and Drug Administration, 简称 FDA) 主导的监管体系为替代蛋白奠定制度基础。FDA 通过制定的食品添加剂安全性评价分类体系 (Generally Recognized as Safe, 简称 GRAS) 认证加速原料商业化进程。2023 年完成全球首例人造肉上市前咨询，为产品商业化铺路；2024 年授予 Nature's Fynd 公司发酵蛋白 GRAS 认证<sup>[13]</sup>。2023 年联邦预算中替代蛋白研发专项拨款增至 1.8 亿美元，重点支持生物制造与细胞培养技术；国家科学基金会 (NSF) 设立合成生物学专项基金，2024 年投入超 3000 万美元用于微生物蛋白优化；与新加坡“30 by 30”计划 (目标是在 2030 年以前，实现在新加坡国内生产三分之一的国内消费所需食品，旨在减少对进口食品的依赖) 联动，共享细胞培养肉监管标准，推动技术出口。

#### (2) 欧洲

自 2020 年以来通过“地平线欧洲”计划已投入约 2.52 亿欧元用于未来食品研发。丹麦以 9600 万欧元的投资额领跑北欧。丹麦、挪威、瑞典和芬兰四国总投资占欧洲五分之一。英国以 9000 万欧元居次，依托英国国家科研与创新署 (UK Research and Innovation) 所构建的研究中心网络推进相关研究。其中，植物蛋白研究获 39% 资金，替代蛋白相关跨领域研究占 31%，发酵技术占 21% (其中 1/10 专门用于培养肉)。2023 年约 65% 的研发资金集中于肉类替代品，乳制品与海鲜替代研究分别占 16% 与 8%。

#### (3) 亚洲

以色列采用灵活监管框架推动技术突破，通过毒理学、过敏原及生产过程安全性评估构建审批标

准。2023 年，以政府将替代蛋白列为国家五大优先研发领域，支持非转基因菌种发酵技术快速商业化。于 2024 年批准 Aleph Farms 公司的细胞培养牛排，成为全球首个允许整块培养牛肉销售的国家。新加坡 2025 年 2 月通过的《食品安全与保障法案》将新型食品 (含细胞培养肉、发酵蛋白) 纳入上市前审批体系，建立新型食品评估框架，并通过分层授权制度平衡创新与风险，依托政企合作机制缩短评估周期至 12 个月<sup>[14]</sup>。中国的替代蛋白产业也迎来了快速发展，将在下一节展开叙述。

### 1.2 中国战略：从“大食物观”到国家行动的全面布局

以“大食物观”为指导思想，中国替代蛋白产业发展已提升至国家战略层面，强调“向耕地草原森林海洋、向植物动物微生物要热量、要蛋白，全方位多途径开发食物资源”。《国务院办公厅关于践行大食物观构建多元化食物供给体系的意见》<sup>[15]</sup> 明确将“拓展新型饲用蛋白来源，推广应用微生物菌体蛋白”列为拓展食物来源渠道的关键路径。“十四五”期间，系列规划进一步形成支撑框架：《“十四五”全国农业农村科技发展规划》<sup>[16]</sup> 要求“研究细胞培养肉、合成蛋奶油、功能重组蛋白等营养型食品的培养和制造技术”；《“十四五”生物经济发展规划》<sup>[17]</sup> 提出“探索研发‘人造蛋白’等新型食品”；科技部通过重点研发计划专项支持替代蛋白技术产业化；国家食品安全风险评估中心《关于完善“三新食品”安全性评价资料要求的通知》<sup>[18]</sup> 构建了食品加工用遗传修饰微生物安全性管理框架；农业农村部 2022 年制定公布《农业用基因编辑植物安全评价指南 (试行)》后，2023 年又公布了《农业用基因编辑植物评审细则》 (以下简称《评审细则》)<sup>[19]</sup>，其中对基因编辑产生的新蛋白安全性评价提出了明确要求。

平台建设方面，由中国科学院天津工业生物技术研究所牵头建设的京津冀食品营养健康与安全创新平台于 2023 年 4 月获国家卫健委批复，聚焦合成生物制造的“三新食品”营养健康与安全产业关键核心技术与标准，创新合成生物制造的“三新食品”市场准入的评价与审核机制，替代蛋白是其重

点关注领域。目前已推动了威尼斯镰刀菌TB01菌株发酵菌丝体蛋白作为新食品原料的入市审批。同期,江南大学未来食品科学中心也正式揭牌,该中心重点开展食品合成生物学、食品组学与大数据技术、食品感知科学、食品风险甄别与安全评价等交叉学科领域研究。2024年4月,北京市丰台区设立国内首个新蛋白食品科技创新基地,也是国内首个细胞培育肉工业化生产示范基地。

产业发展方面:智研咨询数据<sup>[20]</sup>显示,2023年中国替代蛋白行业规模约118亿元。富祥药业短柄镰刀菌发酵技术生产的“未冉蛋白”于2025年1月通过美国FDA的Self-GRAS认证,其向国家卫健委提交“新食品原料”申报进入预审阶段,已建成1200吨/年微生物蛋白生产线并投产。安琪自主研发酵母蛋白,成为国内首个获批新食品原料的微生物蛋白,2024年投资建设万吨酵母蛋白生产线,于2025年9月试生产。首钢朗泽为全世界第一个实现以钢铁工业尾气制饲料蛋白和燃料乙醇的企业,2021年8月获得农业农村部颁发的新中国首张新饲料产品证书。CellIX公司与东富龙集团合作建设千升中试工厂,标志着我国细胞培养肉行业进入吨级中试阶段。

## 2 专利透视:替代蛋白技术的全球竞争情况

结合前述与相关研究<sup>[21-23]</sup>,替代蛋白主要分为以下4类:

①单细胞蛋白 也叫微生物蛋白,通过微生物培养获得菌体蛋白或精准发酵蛋白。菌体蛋白主要包括酵母蛋白、细菌蛋白、丝状真菌蛋白、微藻蛋白等(含微生物细胞)。精准发酵蛋白是利用基因工程改造微生物(如细菌、酵母等),生产与动物蛋白结构相似的蛋白质产品(不含微生物细胞),可归于单细胞蛋白范畴。

②细胞培养肉 通过体外培养动物细胞生产可供食用的动物组织,如肌肉、脂肪、皮等。

③植物蛋白 主要包括传统植物蛋白和植物分子农业蛋白。植物分子农业蛋白是指利用经过基因工程改造的植物(或植物细胞/组织)作为

“绿色生物反应器”生产具有特定功能的外源蛋白质。

④昆虫蛋白 以昆虫为原料,从昆虫的各个生长阶段(如卵、幼虫、成虫、蛹、蛾等)提取的蛋白质,是一种新型的、可持续的蛋白资源。

本文的分析范围是涉及合成生物学手段生产替代蛋白的专利,主要包括单细胞蛋白、细胞培养肉、植物分子农业蛋白这3个领域。未采用合成生物技术的昆虫蛋白和传统植物蛋白等不在本文研究范围内。

专利文献数据来自合享数据库(incoPat),文献范围包括数据库收录的173个国家/地区的专利数据,检索时间截止到2024年12月31日。为确保专利数据的全面与准确,本文检索策略上,首先在标题、摘要和关键词中广泛布设中英文同义词以扩大检索范围,同时结合精确的国际专利分类号以限定核心技术领域,再依据去重、剔除无关项等原则,对检索结果通过“NOT”关键词、IPC分类号等自动清洗,并结合人工数据清洗最终形成用于分析的高质量数据集。本文在进行专利分析时,专利的年份均为申请年,技术来源国/地区即专利的申请人所属国别/地区,反映原始创新来源,技术目标国/地区即专利布局的国家/地区,侧重后续权利实施,专利申请人通过标准化名称进行了必要的母子机构合并。

### 2.1 全球专利申请趋势分析

全球专利分析数据显示,自1965年出现首件专利以来,替代蛋白技术的专利申请量虽在个别时期有所波动,但整体保持了强劲的增长势头。近5年的专利申请量从274件增至611件(年均增长15%),但2023—2024年降至300余件,可能受专利公开延迟影响;中国自2010年后加速增长,从2016年的148件升至2023年265件,且占比从2016年前不足20%跃升至2023年54%,成为技术布局核心区域,凸显市场地位提升(图1),未来需关注技术迭代与政策导向以巩固全球竞争力。

### 2.2 目标市场布局分析

近年来,替代蛋白产业专利技术目标市场布

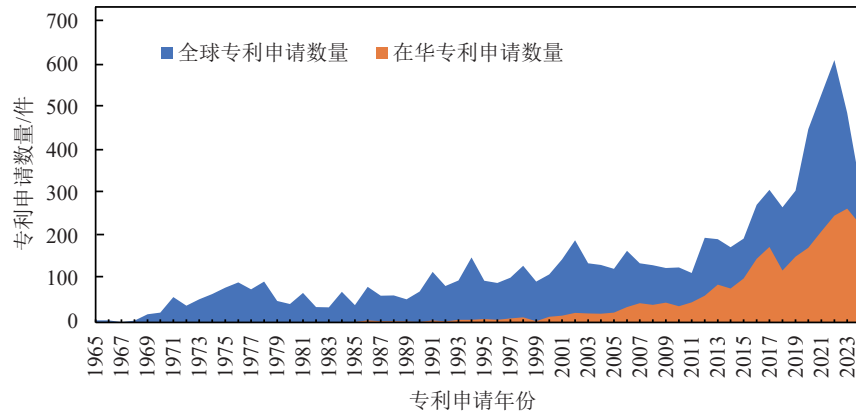


图1 替代蛋白产业全球专利申请趋势和在华专利申请趋势

Fig. 1 Trends for patent applications in the alternative protein industry globally and in China as well

局呈现明显区域分化，布局重心向东亚转移。中国作为目标市场近五年专利数量占全球总量55%，表现出爆发式增长，反映出政策与资本驱动强劲，未来市场控制力有望进一步增强。韩国虽总量不及中国，但增速显著，近五年专利占比达42%，结合其高效的产业转化能力，可能成长为区域性技术枢纽。相比之下，美国虽以历史积累保持总量第二，但近五年专利占比仅31%，增速明显放缓，后劲不足。日本和欧洲市场活跃度偏低，近五年专利占比均不足25%，技术创新动能较弱（图2）。总体而言，中韩凭借数量与增速优势正成为产业布局重点领域，欧美传统优势逐渐弱化，替代蛋白产业进入以东亚为核心的新发展阶段，技术迭代与市场扩张主要依靠中韩协同创新推动。

全球专利技术来源格局呈现“东升西稳”态势，显示出技术创新策源地的转移。中国以2435

件专利居首，近五年占比56.8%，技术爆发力强劲。美国专利总量1922件位列第二，但近五年占比27.2%，增速明显放缓。韩国近五年占比45.5%，活跃度紧随中国，重点聚焦发酵蛋白与功能性成分开发，依托本土食品企业加速产业化进程，有望成为亚洲技术输出重要力量。日本与欧洲国家近五年占比均低于25%，技术发展进入平台期（图3）。中国已成为全球替代蛋白技术的核心来源国，韩国通过持续投入强化区域竞争力，未来产业竞争将围绕高价值专利挖掘、技术合作与专利优化布局展开，东亚地区或将成为全球替代蛋白创新的主要策源地。

### 2.3 技术构成分析

替代蛋白技术呈现差异化发展态势。单细胞蛋白占全部专利86.47%，近五年占比降至75.35%，表明该领域技术趋于成熟。细胞培养肉

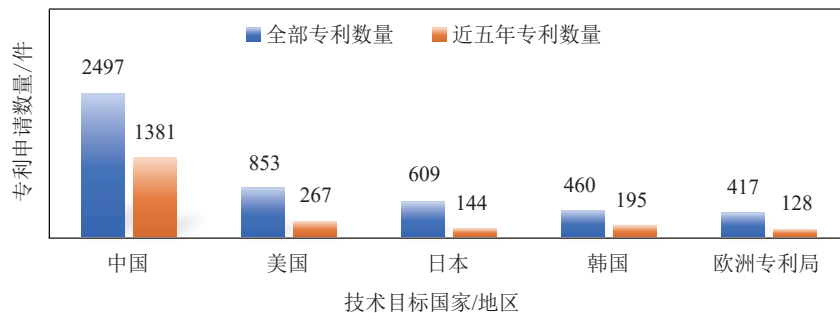


图2 替代蛋白产业全球专利主要技术目标国家/地区和近五年主要技术目标国家/地区

Fig. 2 Key technology target countries/regions for global patent applications in total and within the past five years, respectively, with the alternative protein industry

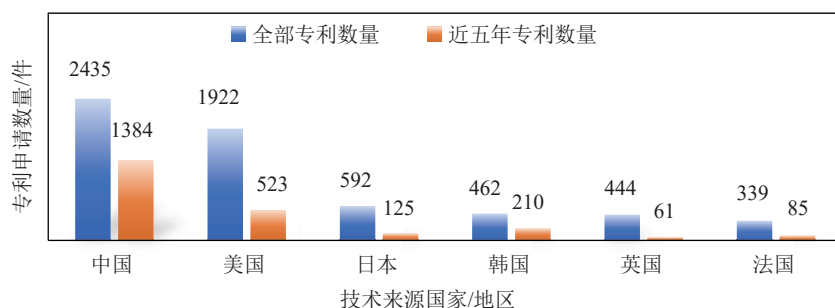


图3 替代蛋白产业全球专利主要技术来源国家/地区和近五年主要技术来源国家/地区

Fig. 3 Major technology source countries/regions for global patents in total and within the past five years, respectively, with the alternative protein industry

近五年专利占比23.72%，远高于历史水平，呈现爆发式增长，反映出该领域技术突破与市场关注度快速提升，吸引大量新兴主体与跨界企业布局。植物分子农业蛋白专利数量最少（占3.48%），近五年进一步降至0.93%，仍处早期探索阶段，可能存在技术瓶颈或商业化障碍（图4）。专利布局主要集中在单细胞蛋白与细胞培养肉领域，植物分子农业蛋白的低专利活跃度或为后来者提供差异化机遇。总体而言，替代蛋白技术发展呈现“传统领域趋稳、新兴领域崛起”特点：单细胞蛋白作为传统方向，保持最高占比，仍是专利布局主体，近五年技术趋于成熟；细胞培养肉异军突起，快速增长，需重点关注其商业化进展；植物分子农业生产替代蛋白分别处于平稳发展和探索阶段，可能成为长期技术储备方向。

### 3 深度挖掘：细分技术领域专利分析

#### 3.1 单细胞蛋白

单细胞蛋白最早于1966年由Carroll L. Wilson教授正式命名，意为“用单细胞微生物大规模生产的可食用蛋白质”。单细胞蛋白是利用丝状真菌、酵母菌或微藻在各种基质上大规模培养而获得的微生物菌体蛋白<sup>[24]</sup>。精准发酵涉及对公认安全的微生物进行代谢通路重构、发酵规模放大及下游处理，从而利用丰富且廉价的底物生产食品配料，包括蛋白、脂类等高价值产物<sup>[25]</sup>。利用微生物生产单细胞蛋白具有细胞底物谱利用广泛、生长速度快和菌体粗蛋白含量高优势<sup>[26-28]</sup>，此外，该生产模式不占用耕地且不受季节和气候影响，是现代食品工业和饲料工业重要的蛋白质来源。近年来，随着国内外逐渐开展利用农副产品

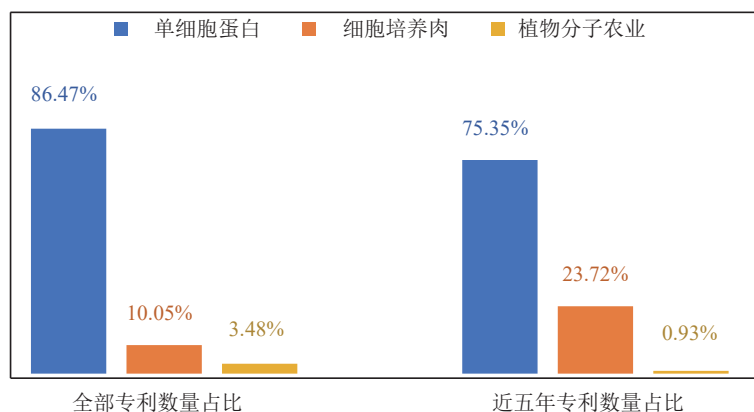


图4 替代蛋白产业全球专利主要技术构成和近五年主要技术构成

Fig. 4 Main technology components of global patents in total and within the past five years, respectively, with the alternative protein industry

废料和工业废液生产单细胞蛋白的研究，该举措不但可以减少环境污染改善生态系统循环，还能促进资源的多层次利用，因此对单细胞蛋白的关注度再次提升<sup>[29]</sup>。

### 3.1.1 菌体蛋白的专利申请趋势分析

全球专利申请呈现长期增长与近期波动特征。全球菌体蛋白产业共计6310件专利，其中中国专利2057件。1965—2021年申请量从5件稳步增长至322件，年均复合增长率约6.3%，2016年后增速显著提升；2022年达峰值341件后，2023年、2024年分别回落至303件和259件，可能与国外专利申请公开延迟有关。

菌体蛋白产业整体呈现“全球长期增长、中国后来居上”格局。中国专利申请则表现出爆发式增长，1985—2000年累计仅9件，2001年后进入加速期，年均增长率约14.5%，远高于全球水平。2016年后中国申请量占全球总量一半以上，2017年全球273件申请中中国占163件（占比59.7%），显示中国在该领域技术创新与市场应用已居主导地位（图5）。

菌体蛋白技术发展脉络是一条清晰的“从粗放到精密、从饲料到食品、从量产到质产”的升级之路。其背后的核心驱动力经历了从解决饥饿到追求可持续，再到创造未来食品的演变。当前，技术竞争已从实验室的菌株设计能力，转向“规模化生产的工程实现能力”与“终极成本控制能力”的比拼。未来挑战的方向是整合生物技术、食品科学和工业工程三大领域能力（图6）。

### (1) 细菌菌体蛋白专利重要申请人分析

Solar Foods（芬兰）与Air Protein（美国）在细菌菌体蛋白领域专利数量领先，技术优势显著；巨鹏生物与首钢朗泽紧随其后，竞争实力强劲；中国科学院的天津工业生物技术研究所、青岛生物能源与过程研究所亦表现活跃（图7）。

Solar Foods专利覆盖微生物细胞培养、发酵优化、产品加工与应用全链条，致力于开发类肉食品，满足高蛋白、低脂肪需求，其专利布局显示出未来将更注重发酵至加工的一体化高效生产与高附加值功能性食品开发；Air Protein侧重于微生物源蛋白质水解物制备方法与用途，可作为食品原料或营养补充剂，其专利布局则预示蛋白质水解与浓缩技术将在食品工业中广泛应用；首钢朗泽着力于气体生物发酵、低碳产品开发、CCUS（碳捕集、利用与封存）技术及专利布局；中国科学院重点开发碳源种类及利用合成生物学、电化学等技术生产单细胞蛋白。

### (2) 微藻菌体蛋白专利重要申请人分析

在微藻菌体蛋白领域，Algama（法国）和Triton Algae Innovations（美国）的专利数量遥遥领先，表明其在核心技术积累与商业化布局处领先地位，可能主导技术标准与市场应用；元育生物、Synthetic Genomics（美国）和Sophie's Bionutrients（新加坡）等企业的专利数量相对较高，反映其在基础研究和应用该领域的探索性投入（图8）。

Algama侧重藻源鸡蛋、牛奶替代品、熟动物肉替代物核心技术的研发和应用；Triton Algae Innovations专注于血红素蛋白的研发和应用；元育

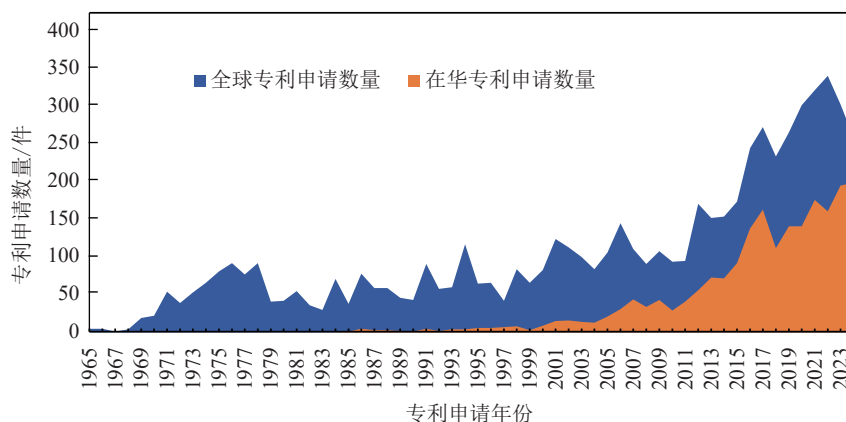


图5 菌体蛋白细分领域全球专利申请趋势和在华专利申请趋势

Fig. 5 Patent filing trends with microbial protein globally and in China as well

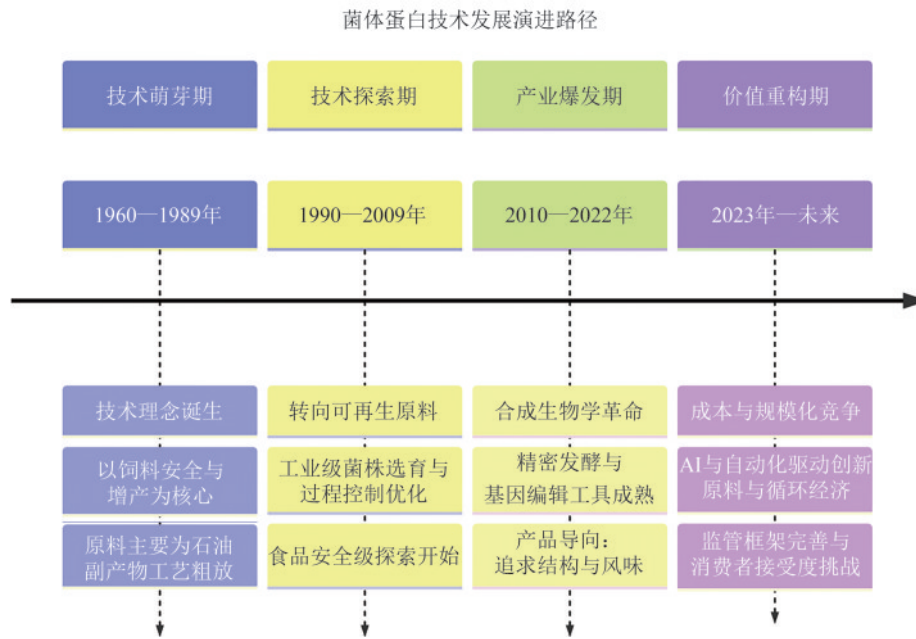


图6 菌体蛋白技术发展演进路径

Fig.6 Evolution path of microbial protein technology

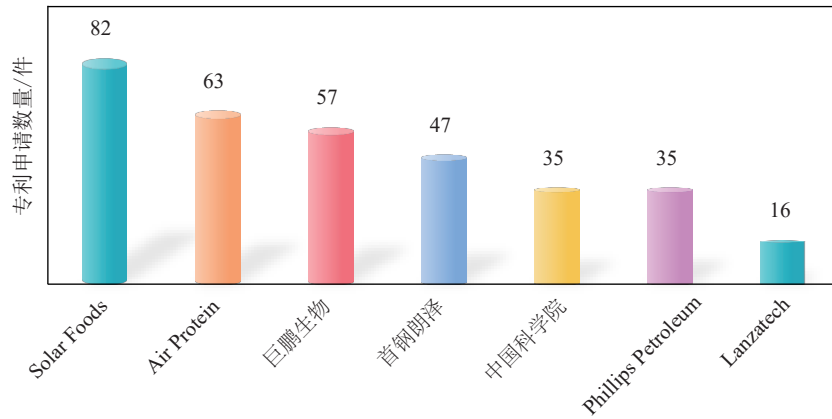


图7 细菌菌体蛋白产业全球专利重要申请人

Fig. 7 Key patent applicants in bacterial single-cell protein industry

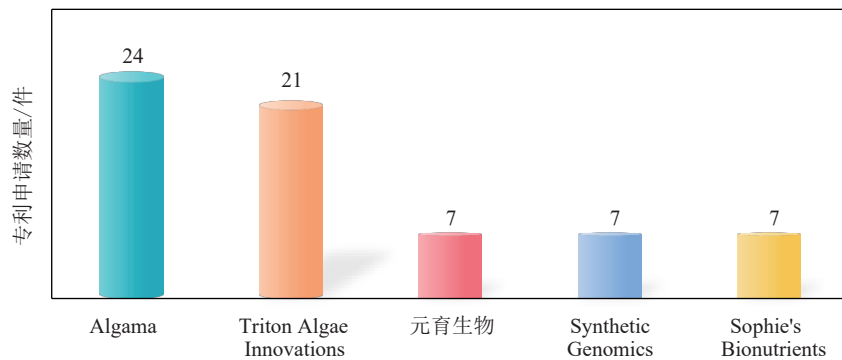


图8 微藻菌体蛋白产业全球专利重要申请人

Fig. 8 Key Patent applicants in the microalgal protein industry

生物核心技术在于小球藻的改造及微藻酸奶等蛋白饮品的开发和应用。

### (3) 真菌菌体蛋白专利重要申请人分析

Fynder Group (美国) 和 Ranks Hovis McDougall (英国) 在真菌菌体蛋白领域的专利数量显著领先, 占据全球领先地位, 主要侧重食品替代蛋白、工业发酵技术。中国科学院、法国国家农业研究所、广东省科学院微生物研究所等机构的专利数量较高, 侧重探索菌种改良等方向 (图9)。

Fynder Group 的专利布局聚焦于高蛋白真菌材料的开发与处理技术和多样化食品应用场景; Ranks Hovis McDougall 的专利布局聚焦于菌种开发和优化、发酵和后处理技术, 以及产品形态与功能拓展; 中国科学院的专利布局聚焦于新型高蛋白真菌菌株的开发与保藏, 高效发酵工艺与培养基优化, 以及多领域应用拓展。

#### 3.1.2 精准发酵蛋白的专利申请趋势分析

全球精准发酵蛋白专利共 871 件, 中国占

203 件。全球申请趋势呈波动性增长: 1978—1992 年萌芽阶段年申请量极低; 1990 年首次爆发至 25 件, 后维持 20~33 件水平, 可能与生物技术阶段性突破相关; 1995—2019 年长期波动, 2002 年达历史峰值 58 件, 该峰值主要源于德国赢创集团下 Evonik Degussa GmbH 公司围绕核心技术进行的密集同族专利布局, 之后未形成持续增长趋势, 反映技术商业化遭遇瓶颈或市场调整; 2020 年后申请量显著回升, 本领域的专利申请进入了一个新的增长阶段 (图10)。

中国申请呈现“后发追赶”特点, 近年增速迅猛, 已成全球产业主导力量。2009 年前起步阶段申请量极少; 2010 年后进入加速期; 2021 年后爆发期表现突出, 申请量激增占全球 50%~60%, 2024 年达 70%。体现中国庞大市场容量对全球创新主体的吸引力, 同时也意味着中国市场的竞争正在加剧, 凸显了本土企业通过持续创新来构建核心竞争力的必要性。该产业处于技术迭代关键阶段, 中国已逐步从跟随者转向引领者, 加强高质量自主知识产权

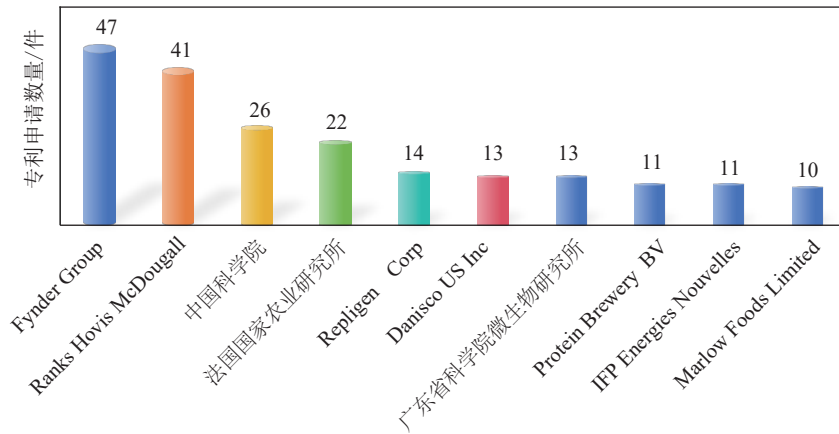


图9 真菌蛋白产业全球专利重要申请人

Fig. 9 Key patent applicants in the fungal protein industry

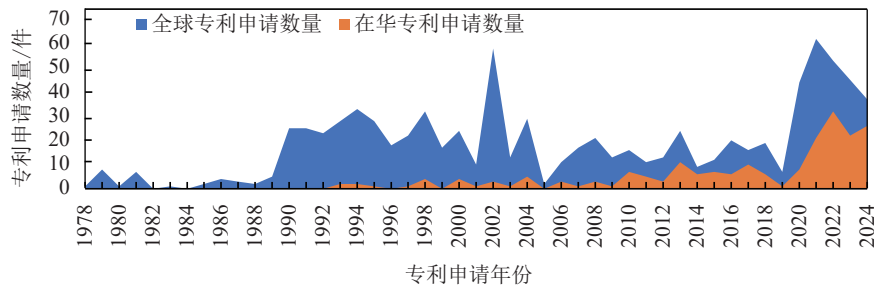


图10 精准发酵蛋白产业全球专利申请趋势和在华专利申请趋势

Fig. 10 Patent application trends globally and in China, respectively, in the precision fermentation protein industry

布局对巩固全球竞争优势至关重要。

### (1) 乳蛋白专利重要申请人分析

Baylor College of Medicine (美国) 拥有 39 项专利排名第一, 显示其研发投入大、创新能力强、技术积累深厚; 江南大学 20 项专利研发成果突出; Agennix Inc (德国) 有 9 项专利; Perfect Day (美国)、北京国科星联科技有限公司各 6 项; 中国农业科学院生物技术研究所、中国科学院各 5 项 (图 11)。

Baylor College of Medicine 涉及多个与乳蛋白相关的专利, 包括重组人乳铁蛋白的生产、乳铁蛋白变体及其用途、使用各种生物体中的 DNA 序列生产重组乳铁蛋白和乳铁蛋白多肽等多个方面; 江南大学专利主要围绕乳铁蛋白 (lactoferrin)、 $\alpha$ -乳白蛋白 ( $\alpha$ -lactalbumin)、 $\kappa$ -酪蛋白 ( $\kappa$ -casein) 等乳蛋白的高效表达与生产, 技术覆盖基因改造、宿主菌优化、分泌效率提升等关键环节; Perfect Day 专注乳蛋白替代品, 利用发酵技术生产非动物

源乳蛋白及其应用。

### (2) 血红素蛋白专利重要申请人分析

血红素蛋白申请人的专利数量, Impossible Foods 以 37 项专利居首, 数量远超其他申请人, 反映其在该领域技术布局密集; Novo Nordisk AS (20 项)、Somatogen Inc (11 项) 分列第二、三位, 专利活动相对活跃; 其余申请人如诺维信、Intron Biotechnology 等专利数量均低于 7 项, 技术积累规模较小 (图 12)。

Impossible Foods 在血红素蛋白产业的专利布局主要围绕血红素蛋白的生产、应用及相关生物体系的构建; Novo Nordisk AS 更多地关注利用基因工程改造丝状真菌 (如曲霉属) 实现异源血红素蛋白的胞外高效生产; Intron Biotechnology 围绕利用大肠杆菌制备不同种类的血红素蛋白展开了专利布局。

### (3) 卵清蛋白专利重要申请人分析

在卵清蛋白技术领域, Pasteur Institute 以 11 项

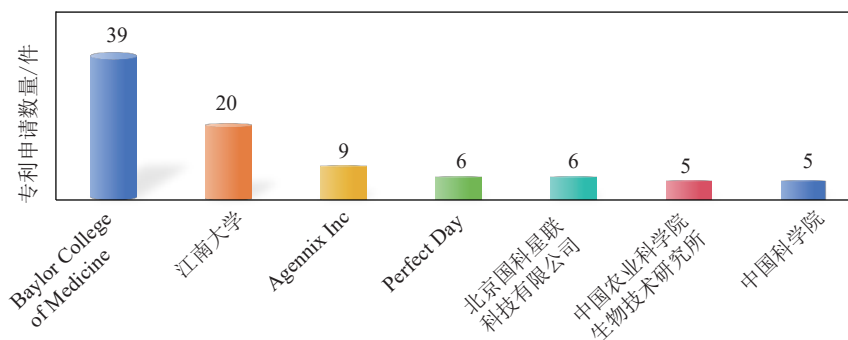


图 11 乳蛋白产业全球专利重要申请人

Fig. 11 Key patent applicants in the dairy protein industry

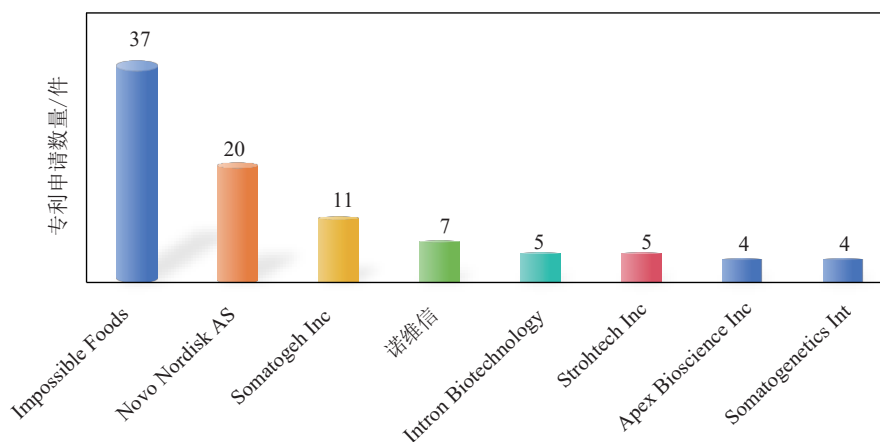


图 12 血红素蛋白产业全球专利重要申请人

Fig. 12 Key patent applicants in the heme protein industry

专利领先，美国的 Clara Foods 以 10 项专利紧随，美国辉瑞公司 6 项专利居中，华威大学与江南大学各 3 项专利，相对较少。Pasteur Institute 作为科研机构侧重基础前沿研究，Clara Foods 作为企业贴近市场应用，江南大学作为高校兼具学术深度与产业结合潜力（图 13）。

Pasteur Institute 在卵清蛋白产业的专利布局聚焦载体构建技术；Clara Foods 公司专利布局主要聚焦于无动物食品组合物及其制备，尤其是围绕卵清蛋白等蛋清蛋白展开技术创新；江南大学专利主要聚焦于利用不同底盘体系，多维度的微生物改造策略，以及无抗生素生产体系等。

### 3.2 细胞培养肉

细胞培养肉技术是一种依据动物肉类生长发育再生机制，通过细胞体外培养来生产肉类的新兴技术，具有生产周期短、资源消耗少、生态环境友好、绿色安全等优势<sup>[30-31]</sup>。2013 年，荷兰 Mark Post 教授制作出世界上第一块细胞培养肉，首次将细胞培养肉从概念变为现实。2019 年，南京农业大学周光宏教授团队通过培养猪肌肉干细胞，创制了中国第一块细胞培养肉，填补了我国细胞培养肉技术研发的空白<sup>[32]</sup>。近年来，国内外细胞培养肉领域基础研究和关键技术飞速发展，相关法律定义和监管体系框架也在逐步明确。截至 2025 年 4 月，已有新加坡、美国、以色列和澳大利亚 4 个国家系统评估了细胞培养肉的安全性，多家公司的细胞培养猪脂肪产品以及细胞培养鹌鹑肉产品相继获得相关国家和地区的监管批准而

走向餐桌<sup>[33]</sup>。

#### 3.2.1 专利申请趋势分析

全球细胞培养肉专利申请趋势呈现出从长期沉寂到近期爆发的波动性增长特征。在 1973 年至 20 世纪 90 年代的漫长初期，年申请量基本处于个位数水平，表明该技术尚处于概念探索与实验室研究阶段。尽管在 1997 年出现一次小高峰（13 件），但随后多年申请量仍低位徘徊，未能形成持续创新势头。真正的结构性转折发生在 2020 年以后，全球专利申请开始迅猛增长，至 2022 年达到 216 件的峰值。这一爆发式增长与全球范围内对可持续食品体系的关注提升、合成生物学与细胞农业技术的关键突破、资本投入的显著增加密切相关，标志着细胞培养肉正成为全球食品科技领域的创新焦点。

中国专利申请则展现出鲜明的“后发追赶”态势。在 2009 年之前的起步阶段，国内相关专利几乎空白，参与度极低。2010 年后开始逐步启动，但整体规模仍有限。真正的加速阶段始于 2020 年，申请量呈现快速爬升，至 2022 年已达 54 件，占全球总量的约 25%，显示出中国在该领域创新布局的迅速增强。尽管 2023—2024 年数据受专利公开延迟影响存在低估，但其在华申请量仍保持较高基数，进一步印证了中国正从技术追随者向全球细胞培养肉专利格局中的重要力量转变（图 14）。

#### 3.2.2 重要申请人分析

在细胞培养肉技术领域，主要申请人的专利数量总体差异不大。全球范围内，Memphis Meats（美国）以 37 项专利位居第一，Aleph Farms（以色

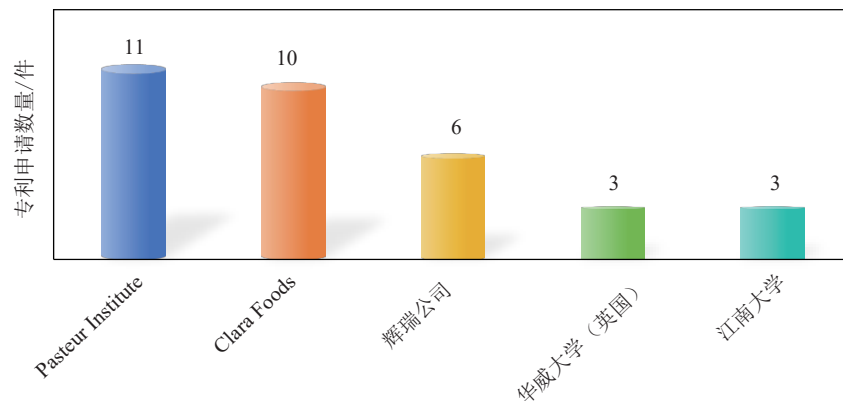


图 13 卵清蛋白产业全球专利重要申请人

Fig. 13 Key patent applicants in the ovalbumin industry

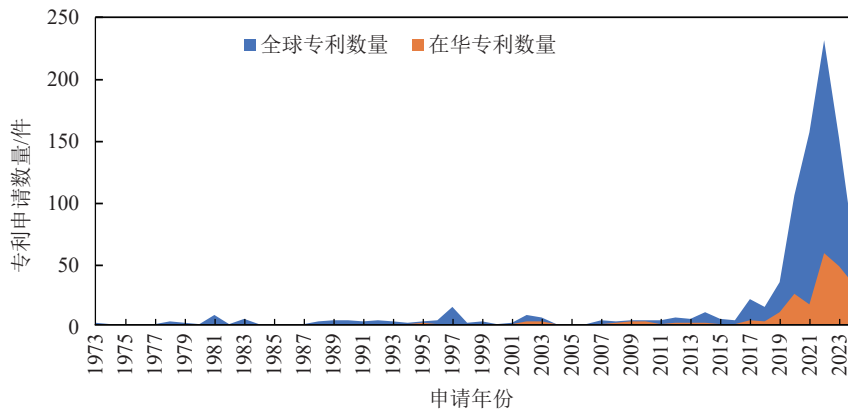


图14 细胞培养肉产业全球专利申请趋势和在华专利申请趋势

Fig. 14 Patent application trends globally and in China, respectively, in the cell-cultured meat industry

列) 以30项专利位居第二, Avant Meats (中国香港) 和 Upside Foods (美国) 均拥有22项专利, 并列第三(图15)。

Memphis Meats 的专利布局主要集中在细胞培养肉的生产方法、用于制备可食用肉制品的基质、用于制备肉制品的设备和系统等; Aleph Farms 的专利布局主要集中在细胞培养肉的生产方法、培养基组合物、多支架系统、可食用蛋白质制品等方面; Avant Meats 专注于鱼类细胞培养技术, 重点关注利用体外细胞培养技术生产肉的方法, 包括细胞悬浮液的制备、细胞培养基的优化、共培养技术等, 以提高细胞生长效率和肉制品的质量; Upside Foods 则致力于多种细胞培养肉开发, 涵盖工程化细胞的制备与应用、生物反应器的灭菌方

法、多孔基质上的组织培养、营养培养基的配制等。

在中国范围内, 江南大学以19项专利数量领先, 浙江大学以18项专利数量位居第二, 南京农业大学以16项专利数量排名第三。江南大学的专利布局主要集中在无血清培养体系、动物细胞来源人造肉的颜色和形态改进、肌肉干细胞的增殖和分化等方面; 浙江大学的专利布局主要集中于猪纤维/脂肪形成祖细胞(FAP)细胞的分离鉴定、永生细胞的构建、低血清培养基的开发、大黄鱼肌卫星细胞的三维培养等; 南京农业大学的专利布局主要集中在高纯度猪肌肉干细胞的分离纯化、多孔网状培养肉生产模具的设计、肌肉干细胞体外分化的培养基开发等方面。

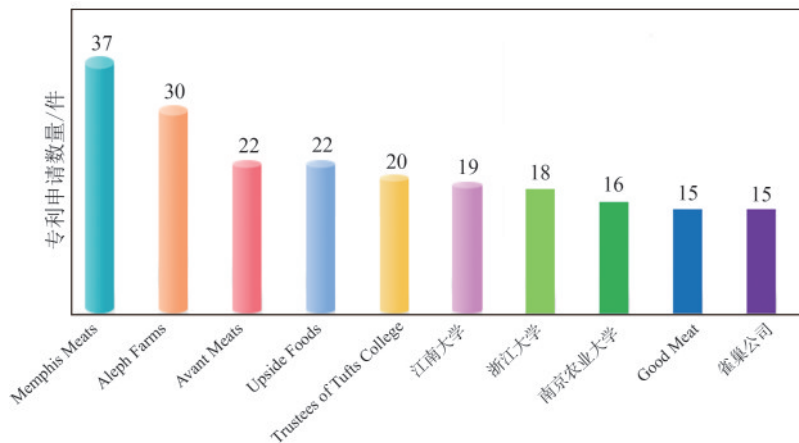


图15 细胞培养肉产业全球专利重要申请人

Fig. 15 Key patent applicants in the cell-cultured meat industry

### 3.3 植物分子农业蛋白

植物分子农业的技术发展正从基础概念验证迈向产业化应用攻坚阶段，其核心趋势是构建高效、精准的“光驱动生物反应器”系统。技术路径呈现多元化与精细化特征：在平台选择上，从传统作物向浮萍等生长快、易封闭生产的新型宿主拓展，以兼顾效率与生物安全。技术深化的关键在于利用合成生物学工具对植物进行系统重编程，不再满足于单一基因的表达，而是通过基因编辑优化整合位点、敲除干扰因子，并尝试设计复杂代谢网络，使植物能协同产出蛋白质、风味脂质等复合成分，直接生成更接近终产品的原料。与之并行的是下游加工技术的创新挑战，目标是开发低能耗、温和的提取纯化工艺，并与上游的品种设计协同，例如使目标蛋白更易于分离。整体技术发展正聚焦于解决从“能生产”到“低成本高效生产”的商业化瓶颈，其终极愿景是通过驾驭光合作用，创建一个分布式、可持续的精准蛋白质生产新模式，从而深刻重构全球食品供应链的底层逻辑<sup>[34]</sup>。

#### 3.3.1 专利申请趋势分析

发达国家植物蛋白技术研发起步早投入大，已形成较为完善的技术体系，在植物蛋白纤维化加工、大豆血红蛋白生产、风味物质合成与应用及营养强化与功能化等方面进展显著<sup>[35]</sup>。相比之下，我国企业在植物肉研发上尽管也取得一定成果，但在技术创新、专利布局、品牌建设、市场拓展、知识

产权保护等方面与国际先进水平有一定差距。

植物分子农业领域共累计申请290件专利，其中中国专利46件（图16）。从全球与中国的年度专利申请趋势来看，自1986年起该技术领域陆续有专利布局，全球申请量整体呈波动上升趋势，尤其在1996年后增长显著，于2003年达到峰值（11件）。中国专利申请活动启动相对较晚，但自2002年以来也呈现稳步增长，正逐步缩小与全球先进水平的差距，显示出国内创新主体积极参与技术布局并不断增强技术储备。

#### 3.3.2 重要申请人分析

在植物分子农业产业中，重要申请人排名前三的分别为 Ventria Bioscience（美国）、Dow DuPont（美国）和 Moolec Science（卢森堡）。Ventria Bioscience 共布局了5个简单专利同族，其研究重点集中于利用转基因水稻和大豆表达人乳蛋白，部分产品已获得美国FDA的GRAS安全认证；Dow DuPont 布局了4个简单专利同族，主要致力于实现血红蛋白基因在大豆中的高效表达；Moolec Science 则布局了3个简单专利同族，研究方向聚焦于使植物表达血红素蛋白及动物肌原纤维蛋白，目前正积极推动相关产品在2025年前后获得监管批准并实现商业化生产。这三家企业的技术战略清晰地勾勒出植物分子农业产业发展的主流方向：以提升蛋白表达效率为主要目标，整合多种生物技术优化产品性能，最终实现利用植物体系直接生产复杂的动物蛋白。

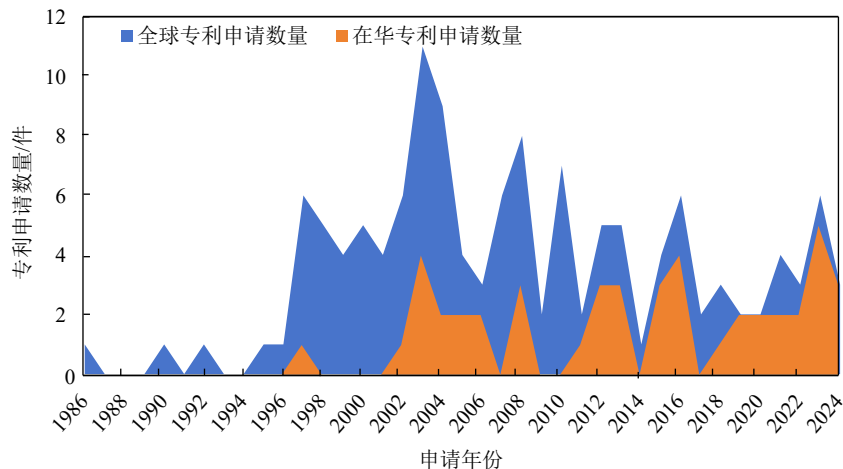


图16 植物分子农业产业全球专利申请趋势和在华专利申请趋势

Fig. 16 Patent application trends globally and in China, respectively, in the plant molecular agriculture industry

## 4 问题及建议

基于前文对替代蛋白产业全球及中国专利布局的系统分析,本章将深入剖析中国在该领域知识产权发展过程中面临的3个核心问题,并提出具有针对性的发展建议,以助力中国实现从专利数量领先向技术与产业领先的跨越。

### 4.1 存在的主要问题

(1) 专利布局起步较晚,基础性与平台型技术储备不足

尽管中国在替代蛋白领域的专利总量已跃居全球首位,展现出强大的后续创新动能,但从历史维度审视,我国在该领域的专利布局启动时间显著晚于国际先进国家。专利分析数据显示,在精准发酵蛋白领域,美国、德国等国家早在20世纪90年代甚至更早便开始了系统性的专利布局,形成了覆盖核心蛋白表达系统、基因改造方法、发酵工艺等的基础专利簇。例如,如图10所示,全球精准发酵蛋白专利申请在1990年及2002年已出现阶段性高峰,主要由欧美企业推动,而中国相关申请在2010年后才逐步兴起。这种时间上的滞后导致我国在部分关键技术路线上不可避免地面临已有的专利壁垒,制约了技术开发的自由度和后续产业化的主动权。

(2) 全球竞争者争先布局中国市场,国内竞争加剧

分析表明,中国已成为全球替代蛋白专利布局最集中的目标市场(图2),近五年占比高达55%,这预示着未来中国市场的竞争将空前激烈,本土创新主体将直接面对来自全球巨头的专利挑战,标志着中国市场已从过去的“潜力市场”转变为全球巨头的“必争之地”。大量海外专利的涌入,意味着在单细胞蛋白、细胞培养肉等核心技术领域,可能已形成由国际先行者构建的“专利壁垒”。本土创新主体在实施技术研发与产业化时,将不可避免地进入这些现有专利的权利要求范围,面临更高的侵权风险与更复杂的创新空间,竞争环境日趋严峻。

(3) 专利申请人结构呈现高校院所主导特征,企业创新主体作用有待进一步提升

从专利申请人构成分析(如图9、图11、图15

所示),我国在替代蛋白领域的专利产出呈现出以高等院校和科研院所为主体的结构特征。江南大学、中国科学院、南京农业大学等机构在多个技术细分领域表现活跃,展现出较强的科研创新能力。这种结构特点一方面保障了基础研究的深度和广度,但另一方面也反映出企业在技术创新体系中的参与度和主导性缺位。高校院所的专利布局往往侧重于技术原理的实现和实验室层面的验证,而在针对产业化需求的工艺放大、成本控制、产品稳定性等工程化技术方案方面相对涉及较少。相比之下,全球范围内的领先企业,如美国的Perfect Day在乳蛋白领域(图11)、Impossible Foods在血红素蛋白领域(图12),其专利组合呈现出鲜明的市场导向特征,权利要求的保护范围紧密围绕最终产品特性、生产工艺和商业应用场景构建,具有较高的技术覆盖度和市场控制力。这种创新主体结构的差异,在一定程度上影响了我国专利组合的整体竞争力。当前的结构特点可能导致部分专利技术在向产业化转化过程中面临挑战,同时也影响了我国在全球替代蛋白专利格局中的话语权。

### 4.2 发展建议

(1) 构建基础专利体系,突破关键平台技术

针对我国在部分替代蛋白关键技术领域专利布局起步较晚、基础性技术储备相对薄弱的问题,建议系统性构建自主基础专利体系<sup>[36]</sup>,主要包括下述几个建议举措:

①制定基础技术发展路线图 建议由国家相关部门牵头,联合产业联盟和创新主体,制定替代蛋白产业基础技术发展路线图,聚焦于新型底盘微生物、高效蛋白表达系统、无血清培养基以及细胞大规模培养技术等平台型技术。通过定向支持,引导资源向前瞻性和基础性研究倾斜,弥补在技术源头创新上的不足<sup>[37]</sup>。例如,在精准发酵蛋白领域,可重点支持具有自主知识产权的高效表达体系的构建,减少对国外已有核心专利的路径依赖。

②实施专利导航与前瞻布局 鼓励创新主体建立健全常态化的专利导航工作机制。通过绘制精细化的产业专利地图,明确技术发展路径、竞

争格局和空白领域,为研发决策和专利布局提供支撑<sup>[38]</sup>。特别是在细胞培养肉、植物分子农业等新兴领域,应引导科研机构和企业进行前瞻性专利卡位,在尊重现有知识产权的基础上,寻求差异化创新路径,规避潜在的专利风险<sup>[39-40]</sup>。

③鼓励构建产业专利池 支持行业领军企业联合高校、科研院所,围绕替代蛋白关键共性技术构建“专利池”。通过构建内部交叉许可和对外联合许可的运营机制,整合产业链核心专利资源,降低创新主体的整体专利许可与交易成本,形成合力参与国际竞争,提升产业整体应对知识产权风险的能力<sup>[41-43]</sup>。

(2) 强化全球专利布局,提升国际竞争能力

为应对国内市场国际化竞争加剧的态势,并助力中国创新主体“走出去”,须将全球专利布局提升至战略高度。建议举措包括:

①大力支持国际专利申请 建议实施PCT国际申请专项资助,重点支持企业在美国、欧洲、亚洲等替代蛋白关键消费市场和目标生产地进行系统性的专利布局。此举旨在帮助创新主体,特别是中小企业,降低海外布局的初始成本,鼓励其采取“产品未动,专利先行”的全球化策略,为核心技术和产品在海外市场构筑知识产权保护网<sup>[44]</sup>。

②建立海外知识产权公共服务体系 由政府引导,依托行业协会或专业服务机构,建立替代蛋白产业海外知识产权信息服务平台。该平台应提供主要目标市场的知识产权环境分析、政策法规解读、风险预警及纠纷应对指导等一站式服务。通过收集并分享海外知识产权纠纷信息和典型案例,帮助企业提升风险防控能力和纠纷应对水平,为其顺利开拓国际市场保驾护航<sup>[45]</sup>。

③开展国际化人才培养 面向重点企业,开展针对性的海外知识产权管理与风险防控能力培训。培训内容应涵盖国际知识产权规则、目标国家/地区的专利申请策略、自由实施(FTO)调查以及海外诉讼应对等,加快培养一批具备全球视野和实战能力的复合型知识产权人才,从根本上提升产业的国际竞争力<sup>[46]</sup>。

(3) 深化产学研融合,促进科技成果高效转化

针对我国替代蛋白领域专利产出以高校院所

为主,企业创新主体地位有待强化的问题,需着力打通科技成果向现实生产力转化的通道。建议举措包括:

①推行以需求为导向的研发模式 大力推广“企业出题、协同解题”的产学研合作机制。鼓励由龙头企业牵头,联合高校和科研机构组建创新联合体,共同开展关键技术攻关和专利布局。确保研发活动始于市场需求,终于市场应用,从而显著提高专利技术的产业契合度和商业化潜力<sup>[47-48]</sup>。

②加强中试熟化与概念验证平台建设 支持在替代蛋白产业集聚区建设专业的概念验证中心和中试熟化基地。这些平台旨在填补实验室研发与规模化生产之间的“死亡之谷”,为早期科技成果提供工艺放大、成本控制、稳定性测试等关键支撑<sup>[49-50]</sup>。

③完善技术转移与激励机制 深化高校和科研院所的技术转移体系建设,完善职务发明披露制度和知识产权运营管理制度。通过专利许可、转让、作价入股等多种方式,积极推动存量专利技术向中小企业转移转化。

## 5 结论与展望

替代蛋白产业正处于技术突破与产业化加速的关键时期。中国凭借强大的政策支持、市场规模和创新能力,已在专利数量上实现全球领先,但在高质量专利布局、核心技术突破和国际竞争力方面仍面临挑战。

未来,中国替代蛋白产业要实现从专利大国向产业强国的转变,建议采取以下战略路径:一是加强核心技术攻关,重点突破菌种效率、培养基成本、仿生结构等产业化瓶颈;二是构建完善的知识产权体系,加强高价值专利挖掘与布局,建立专利风险预警和应对机制;三是推动产学研深度融合,加速科技成果转化,形成良好的产业创新生态;四是积极参与国际规则制定,加强国际合作,提升我国在全球替代蛋白产业的话语权和影响力。

基于当前发展态势,未来中国替代蛋白产业的知识产权发展将呈现三大趋势:竞争焦点将从

专利数量扩张转向高价值专利培育与全球化布局,其中特别重视对替代蛋白产品的安全性、功效性评价等关键环节的专利质量提升,以支撑全球化市场的合规准入;创新模式将强化以企业为主导的产业链协同,以市场需求为牵引加速科技成果转化;随着产业成熟度提升,中国相关监管制度将逐渐完善,同时中国创新主体将更积极参与国际标准与规则制定,从而在全球替代蛋白产业格局中从技术追随者向规则共建者演进。以期中国在全球替代蛋白产业中占据主导地位,为实现粮食安全、推动绿色低碳发展做出重要贡献。

### 参 考 文 献

- [1] 世界人口展望 2024[EB/OL]. [2025-11-01]. <https://www.un.org/zh/desa/UN-projects-world-population-to-peak-within-this-century-zh>.  
World population prospects 2024. [EB/OL]. [2025-11-01]. <https://www.un.org/zh/desa/UN-projects-world-population-to-peak-within-this-century-zh>.
- [2] 联合国粮食及农业组织. 2025年世界粮食安全和营养状况: 应对食品价格高通胀,保障粮食安全和营养 [EB/OL]. [2025-11-01]. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cd6008zh>.  
FAO. The state of food security and nutrition in the world 2025-addressing high food price inflation for food security and nutrition [EB/OL]. [2025-11-01]. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cd6008en>.
- [3] NIRMAL N, ANYIMADU C F, KHANASHYAM A C, et al. Alternative protein sources: addressing global food security and environmental sustainability[J]. Sustainable Development, 2025, 33(3): 3958-3969.
- [4] MIRSALAMI S M, MIRSALAMI M. Advances in genetically engineered microorganisms: transforming food production through precision fermentation and synthetic biology[J]. Future Foods, 2025, 11: 100601.
- [5] DENG M T, LV X Q, LIU L, et al. Cell factory-based milk protein biomanufacturing: advances and perspectives[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2023, 244: 125335.
- [6] BIERMANN L, TADELE L R, BENATTO PERINO E H, et al. Recombinant production of bovine  $\alpha_{s1}$ -casein in genome-reduced *Bacillus subtilis* strain IIG-bs-20-5-1[J]. Microorganisms, 2025, 13(1): 60.
- [7] BAE H N, KIM G H, SEO S O. Secretory production of plant heme-containing globins by recombinant yeast via precision fermentation[J]. Foods, 2025, 14(8): 1422.
- [8] SHAO Y R, XUE C L, LIU W Q, et al. High-level secretory production of leghemoglobin in *Pichia pastoris* through enhanced globin expression and heme biosynthesis[J]. Bioresource Technology, 2022, 363: 127884.
- [9] WANG M M, SHI Z, GAO N, et al. Sustainable and high-level microbial production of plant hemoglobin in *Corynebacterium glutamicum*[J]. Biotechnology for Biofuels and Bioproducts, 2023, 16(1): 80.
- [10] 姚斌, 徐欣欣, 张杰, 等. 饲用氨基酸的生物合成与产业化应用[J]. 动物营养学报, 2025, 37(1): 1-14.  
YAO B, XU X X, ZHANG J, et al. Biosynthesis and industrial application of feed amino acids[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2025, 37(1): 1-14.
- [11] 朱永真. 重组胶原蛋白的生物制造及其应用[J]. 中外食品工业, 2024(16): 30-32.  
ZHU Y Z. Biomanufacturing and applications of recombinant collagen[J]. Global Food Industry, 2024(16): 30-32.
- [12] SHUAIBU A, GAO Y P. Precision fermentation: a tool revolutionizing the food industry a review[J]. International Journal of Research and Scientific Innovation, 2024, 11(5): 520-530.
- [13] 张馥, 孙一文, 王晓红, 等. 美国细胞培养肉生产及监管路径分析[J]. 中国食物与营养, 2024, 30(8): 13-20.  
ZHANG F, SUN Y W, WANG X H, et al. Analysis of production and regulatory pathways of cell cultured meat in the United States[J]. Food and Nutrition in China, 2024, 30(8): 13-20.
- [14] 陈方, 王可, 丁陈君. 中国工业生物技术产业发展白皮书 2024[R]. 2024.  
CHEN F, WANG K, DING C J. China Industrial Biotechnology Development White Paper 2024[R]. 2024.
- [15] 国务院办公厅. 国务院办公厅关于践行大食物观构建多元化食物供给体系的意见[EB/OL]. [2025-11-01]. [https://www.gov.cn/zhengce/content/202409/content\\_6974838.htm](https://www.gov.cn/zhengce/content/202409/content_6974838.htm).  
The General Office of the State Council. Opinions on practicing the broader food approach and building a diversified food supply system[EB/OL]. [2025-11-01]. [https://www.gov.cn/zhengce/content/202409/content\\_6974838.htm](https://www.gov.cn/zhengce/content/202409/content_6974838.htm).
- [16] 农业农村部. 全国农业农村科技发展规划[EB/OL]. [2025-11-01]. [https://www.moa.gov.cn/nybgb/2022/202201/202203/t20220302\\_6390249.htm](https://www.moa.gov.cn/nybgb/2022/202201/202203/t20220302_6390249.htm).  
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. National agricultural and rural science and technology development plan[EB/OL]. [2025-11-01]. [https://www.moa.gov.cn/nybgb/2022/202201/202203/t20220302\\_6390249.htm](https://www.moa.gov.cn/nybgb/2022/202201/202203/t20220302_6390249.htm).
- [17] 国家发展改革委. 生物经济发展规划[EB/OL]. [2025-11-01]. [https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/ghwb/202205/t20220510\\_1324436\\_ext.html](https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/ghwb/202205/t20220510_1324436_ext.html).  
National Development and Reform Commission. Bioeconomy development plan[EB/OL]. [2025-11-01]. [https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/ghwb/202205/t20220510\\_1324436\\_ext.html](https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/ghwb/202205/t20220510_1324436_ext.html).

- gov.cn/xxgk/zcfb/ghwb/202205/t20220510\_1324436\_ext.html.
- [18] 国家食品安全风险评估中心. 关于完善“三新食品”安全性评价资料要求的通知[EB/OL]. [2025-11-01]. <https://www.cfsa.net.cn/wap/zxdt/tzgg/2024/14077.shtml>.  
China National Center for Food Safety Risk Assessment. Notice on improving the data requirements for safety assessment of “Three Novel Foods” [EB/OL]. [2025-11-01]. <https://www.cfsa.net.cn/wap/zxdt/tzgg/2024/14077.shtml>.
- [19] 农业农村部. 农业用基因编辑植物评审细则(试行)[EB/OL]. [2025-11-01]. [https://www.moa.gov.cn/ztl/zjyqwgz/sbzn/202304/t20230428\\_6426461.htm](https://www.moa.gov.cn/ztl/zjyqwgz/sbzn/202304/t20230428_6426461.htm).  
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Review Guidelines for Gene-Edited Plants in Agriculture (Interim) [EB/OL]. [2025-11-01]. [https://www.moa.gov.cn/ztl/zjyqwgz/sbzn/202304/t20230428\\_6426461.htm](https://www.moa.gov.cn/ztl/zjyqwgz/sbzn/202304/t20230428_6426461.htm).
- [20] 智研咨询产业研究. 2025—2031年中国替代蛋白行业市场供需态势及发展趋向研判报告[R/OL]. [2025-11-01]. <https://caifuhao.eastmoney.com/news/20241224104642962227060>.  
Zhiyan Consulting Industrial Research. China alternative protein industry market supply-demand situation and development trend insight report, 2025—2031[R/OL]. [2025-11-01]. <https://caifuhao.eastmoney.com/news/20241224104642962227060>.
- [21] 李兆丰, 孔昊存, 刘潇, 等. 新质蛋白: 机遇与挑战[J]. 生物工程学报, 2025, 41(5): 1691-1704.  
LI Z F, KONG H C, LIU X, et al. NeoProtein: opportunity and challenge[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2025, 41(5): 1691-1704.
- [22] 王国坤, 蔺玉萍, 王钦宏, 等. 微生物蛋白制造的发展趋势与挑战[J]. 科学通报, 2023, 68(21): 2779-2789.  
WANG G K, LIN Y P, WANG Q H, et al. Microbial protein manufacturing: the developing trend and challenge[J]. Chinese Science Bulletin, 2023, 68(21): 2779-2789.
- [23] FISCHER R, SCHILLBERG S. Molecular farming: plant-made pharmaceuticals and technical proteins[M]. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2004.
- [24] PEREIRA A G, FRAGA-CORRAL M, GARCIA-OLIVEIRA P, et al. Single-cell proteins obtained by circular economy intended as a feed ingredient in aquaculture[J]. Foods, 2022, 11(18): 2831.
- [25] HILGENDORF K, WANG Y R, MILLER M J, et al. Precision fermentation for improving the quality, flavor, safety, and sustainability of foods[J]. Current Opinion in Biotechnology, 2024, 86: 103084.
- [26] LAPEÑA D, KOSA G, HANSEN L D, et al. Production and characterization of yeasts grown on media composed of spruce-derived sugars and protein hydrolysates from chicken by-products[J]. Microbial Cell Factories, 2020, 19: 19.
- [27] MENG J, LIU S F, GAO L, et al. Economical production of *Pichia pastoris* single cell protein from methanol at industrial pilot scale[J]. Microbial Cell Factories, 2023, 22(1): 198.
- [28] LIU K Y, HUANG S Y, ZHANG L, et al. Efficient production of single cell protein from biogas slurry using screened alkali-salt-tolerant *Debaryomyces hansenii*[J]. Bioresource Technology, 2024, 393: 130119.
- [29] 白帆, 周雍进. 酵母单细胞蛋白助力食品工业发展与应用[J]. 生物技术通报, 2025, 41(11): 14-21.  
BAI F, ZHOU Y J. Yeast single-cell proteins promote the development and application of food industry[J]. Biotechnology Bulletin, 2025, 41(11): 14-21.
- [30] 周光宏, 丁世杰, 徐幸莲. 培养肉的研究进展与挑战[J]. 中国食品学报, 2020, 20(5): 1-11.  
ZHOU G H, DING S J, XU X L. Progress and challenges in cultured meat[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2020, 20(5): 1-11.
- [31] 丁世杰, 李春保, 周光宏. 细胞培养肉技术及产业化进展与挑战[J]. 中国食品学报, 2022, 22(12): 33-41.  
DING S J, LI C B, ZHOU G H. Progress and challenge of cultured meat technology and industrialization[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2022, 22(12): 33-41.
- [32] ZHU H Z, WU Z Y, DING X, et al. Production of cultured meat from pig muscle stem cells[J]. Biomaterials, 2022, 287: 121650.
- [33] 郑欧阳, 孙钦秀, 刘书成, 等. 细胞培养肉的挑战与发展前景[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(9): 314-320.  
ZHENG O Y, SUN Q X, LIU S C, et al. Challenges and development prospects of cultured meat from cells[J]. Food and Fermentation Industries, 2021, 47(9): 314-320.
- [34] 孙莹, 王龙, 朱秀清, 等. 植物基蛋白肉的研究现状与挑战[J]. 食品工业科技, 2023, 44(17): 438-446.  
SUN Y, WANG L, ZHU X Q, et al. Research status and challenge on plant-based protein meat[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(17): 438-446.
- [35] 张月, 王洁, 丁世杰, 等. 细胞培养肉的生物工程学基础与技术进展[J]. 中国食品学报, 2025, 25(5): 77-85.  
ZHANG Y, WANG J, DING S J, et al. Bioengineering basis and technological progress of cultured meat[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2025, 25(5): 77-85.
- [36] OTERO D M, DA ROCHA LEMOS MENDES G, DA SILVA LUCAS A J, et al. Exploring alternative protein sources: Evidence from patents and articles focusing on food markets[J]. Food Chemistry, 2022, 394: 133486.
- [37] 关欣, 汪丹丹, 方佳华, 等. 细胞培养肉技术: 研究进展与未来展望[J]. 中国食品学报, 2022, 22(12): 1-13.  
GUAN X, WANG D D, FANG J H, et al. Cultured meat technology: advances and future perspectives[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2022, 22(12): 1-13.
- [38] 关欣, 周景文, 堵国成, 等. 细胞培养肉产业技术发展态势及建议[J]. 中国工程科学, 2023, 25(3): 251-262.  
GUAN X, ZHOU J W, DU G C, et al. Technological trend and suggestions for cultured meat industry[J]. Strategic Study of

- CAE, 2023, 25(3): 251-262.
- [39] MARTINS B, BISTER A, DOHMEN R G J, et al. Advances and challenges in cell biology for cultured meat[J]. Annual Review of Animal Biosciences, 2024, 12: 345-368.
- [40] ZHANG G Q, ZHAO X R, LI X L, et al. Challenges and possibilities for bio-manufacturing cultured meat[J]. Trends in Food Science & Technology, 2020, 97: 443-450.
- [41] MALSHE D. Patent pools, competition law and biotechnology [M]. London: Routledge, 2018.
- [42] OSIPCHUK E. Working competition and biotechnology patent pools[J]. Stockholm Intellectual Property Law Review, 2026, 1 (1): 28-43.
- [43] WUNSCH-VINCENT S, KASHCHEEVA M, ZHOU H. International patenting by Chinese residents: constructing a database of Chinese foreign-oriented patent families[J]. China Economic Review, 2015, 36: 198-219.
- [44] NG E T, SINGH S, YAP W S, et al. Cultured meat-a patentometric analysis[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2023, 63(16): 2738-2748.
- [45] 黄俊杰, 王洋. 中国企业海外知识产权维权问题及对策研究 [J]. 中国发明与专利, 2025, 22(9): 89-96.  
HUANG J J, WANG Y. Research on the issues and countermeasures of overseas intellectual property rights protection for Chinese enterprises[J]. China Invention & Patent, 2025, 22(9): 89-96.
- [46] 崔立红, 李昶彬. 新时代中国知识产权人才培养厘革的底层逻辑与未来面向[J]. 法学论坛, 2025, 40(5): 130-141.  
CUI L H, LI C C. The underlying logic and future orientation of reforms in cultivating intellectual property talents in China's new era[J]. Legal Forum, 2025, 40(5): 130-141.
- [47] 姚潇颖. 中国战略性新兴产业产学研合作机制与绩效研究 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2017.  
YAO X Y. Chinese strategic emerging industry's industry-university-institute cooperation mechanism and performance [D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2017.
- [48] 陈伟超, 戴丽琼, 潘长沛, 等. 通过产学研结合模式培养应用型生物技术人才探析[J]. 企业科技与发展, 2018(11): 13-15.  
CHEN W C, DAI L Q, PAN C P, et al. Exploring the cultivation of applied biotech professionals through university-industry collaboration [J]. Sci-Tech & Development of Enterprise, 2018(11): 13-15.
- [49] 侯小星, 曾乐民, 罗军, 等. 科技成果转化中试基地建设机制、路径及对策研究[J]. 科技管理研究, 2022, 42(21): 112-119.  
HOU X X, ZENG L M, LUO J, et al. Research on the

construction mechanism, path and countermeasures of the pilot base for the transformation of scientific and technological achievements[J]. Science and Technology Management Research, 2022, 42(21): 112-119.

- [50] 陈围. 以成果转化为导向的概念验证中心建设模式研究[J]. 中国信息界, 2025(6): 144-146.

CHEN W. Research on the construction mode of proof-of-concept center oriented by achievement transformation[J]. Information China, 2025(6): 144-146.



**通讯作者:** 吴崇明(1984—),女,硕士,高级工程师,信息情报中心负责人。研究方向为生物制造领域科技战略与信息情报研究。

E-mail: wu\_cm@tib.cas.cn



**共同通讯作者:** 孟宇(1985—),男,硕士,副总经理。研究方向为合成生物技术转移转化战略研究。

E-mail: mengyu@ncsynbio.com



**共同通讯作者:** 王聪(1991—),男,硕士,高级知识产权师。研究方向为合成生物领域知识产权导航、布局、运营、保护等。

E-mail: wangcong@ncsynbio.com



**第一作者:** 刘亚男(1988—),女,硕士,知识产权师。研究方向为合成生物领域专利布局、知识产权导航、运营、保护等。

E-mail: liuyan@ncsynbio.com