

基于学科交叉与产教融合的微生物资源开发与 应用课程教学改革探索

李 强¹, 姚 琴², 彭镰心^{1*}

¹成都大学食品与生物工程学院, 四川 成都

²成都农业科技职业学院农学院园艺学院, 四川 成都

收稿日期: 2026年4月6日; 录用日期: 2026年5月8日; 发布日期: 2026年5月14日

摘 要

微生物资源开发与应用是微生物学、生物技术及药学等专业的核心课程, 其教学内容与产业前沿紧密相关。然而, 传统教学模式存在理论讲授与产业实践脱节、学科交叉融合不足、学生创新应用能力培养欠缺等问题。本文基于当前高等教育改革导向, 提出以“学科交叉融合”与“产教协同育人”为核心的教学改革路径, 通过重构课程体系、创新教学模式、建设虚实结合的实践平台、完善多元化评价机制, 构建适应新时代生物经济发展需求的人才培养体系。教学实践表明, 改革有效提升了学生的知识整合能力、技术创新意识与产业适应能力, 为同类课程的教学改革提供了可借鉴的经验。

关键词

微生物资源, 教学改革, 学科交叉, 产教融合, 实践教学

Exploration of Teaching Reform in Microbial Resource Development and Application Course Based on Interdisciplinary Intersection and Industry Education Integration

Qiang Li¹, Qin Yao², Lianxin Peng^{1*}

¹College of Food and Biological Engineering, Chengdu University, Chengdu Sichuan

²College of Agronomy and Horticulture, Chengdu Agricultural College, Chengdu Sichuan

Received: April 6, 2026; accepted: May 8, 2026; published: May 14, 2026

*通讯作者。

文章引用: 李强, 姚琴, 彭镰心. 基于学科交叉与产教融合的微生物资源开发与应用课程教学改革探索[J]. 教育进展, 2026, 16(5): 710-716. DOI: 10.12677/ae.2026.165911

Abstract

Microbial resource development and application is a core course in microbiology, biotechnology, and pharmacy, and its teaching content is closely related to the forefront of the industry. However, the traditional teaching model has problems such as a disconnect between theoretical lectures and industrial practices, insufficient interdisciplinary integration, and a lack of cultivation of students' innovative application abilities. Based on the current direction of higher education reform, this article proposes a teaching reform path centered on "interdisciplinary integration" and "industry education collaborative education". By reconstructing the curriculum system, innovating teaching models, building practical platforms that combine reality and virtuality, and improving diversified evaluation mechanisms, a talent training system that adapts to the development needs of the new era's bioeconomy is constructed. Teaching practice has shown that the reform effectively enhances students' knowledge integration ability, technological innovation awareness, and industry adaptability, providing valuable experience for the teaching reform of similar courses.

Keywords

Microbial Resources, Reform in Education, Interdisciplinary Intersection, Integration of Industry and Education, Practical Teaching

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

微生物资源作为地球上多样性最为丰富的生物资源，在生物医药、食品工业、环境治理、现代农业等领域发挥着不可替代的作用。据不完全统计，全球微生物相关产业年产值已超过数万亿美元，微生物资源的深度开发正成为各国生物经济竞争的战略制高点。近年来，合成生物学、宏基因组学、人工智能等技术的快速发展，正深刻重塑着微生物资源开发与利用的研究范式，传统的“分离-培养-筛选”模式正逐步向“数据驱动-智能设计-精准调控”的新型范式转变。

面对这一变革，高等院校微生物资源开发与应用课程的教学内容与教学模式亟需做出相应调整[1][2]。该课程作为连接基础微生物学与产业应用的重要纽带，承担着培养学生掌握微生物资源开发核心技能、理解产业化流程、建立工程化思维的重要任务。然而，当前教学中普遍存在三方面矛盾：其一，课程内容更新速度滞后于学科前沿发展，学生对新一代测序技术、微生物组学分析、基因编辑等新兴技术的理解停留在概念层面；其二，实验教学多以验证性实验为主，缺乏对真实产业场景中微生物资源筛选、发酵工艺优化、产品开发全流程的系统训练，学生难以形成完整的研发链条认知；其三，评价方式侧重理论知识记忆，难以反映学生解决复杂工程问题的综合能力。因此，系统推进该课程的教学改革，构建适应新时代需求的人才培养模式，具有重要的现实意义和长远的战略价值[2][3]。

2. 课程教学存在的主要问题

2.1. 教学内容与学科前沿之间存在脱节

微生物资源开发与应用涉及菌种选育、代谢调控、发酵工程、分离纯化等多个环节，是一个高度综

合的学科领域。然而, 现有教材体系多以经典微生物学知识为框架, 对近年兴起的合成生物学工具、微生物组学分析、高通量筛选技术、发酵过程在线监测等内容融入不足[4] [5]。以菌种选育为例, 传统教学主要讲授诱变育种、原生质体融合等经典技术, 而对基于 CRISPR 的基因编辑育种、微生物细胞工厂构建等前沿内容涉及较少。学生在课堂所学与企业实际研发所用的技术体系之间存在明显断层, 导致毕业生的知识结构与产业需求之间出现错位[6] [7]。

2.2. 实验教学与产业实践存在分离

传统实验课程多按照课程章节设置独立实验项目, 各项目之间缺乏逻辑关联。学生虽然完成了培养基配制、菌种分离、发酵参数测定等单项技能训练, 但缺乏将这些技能串联起来解决实际问题的机会。更为关键的是, 实验室环境与企业生产环境存在巨大差异。在实验室中, 学生使用的多为摇瓶培养、手动取样、离线检测等方式, 而产业中普遍采用发酵罐自动控制、在线传感、过程分析技术等现代化手段。学生在进入实习单位或就业岗位后, 往往需要较长时间重新适应企业的研发流程、质量控制体系与工程化思维模式[8] [9]。

2.3. 学科交叉融合的深度有待提升

微生物资源的产业化开发本质上是一个多学科交叉的领域, 涉及生物学、化学工程、过程控制、质量分析、环境工程等多个知识模块。但现有教学中, 各学科知识往往分属于不同课程, 由不同院系或专业教师分别讲授, 缺乏在一个统一的教学框架下进行整合。学生在学习微生物学知识时, 往往难以同步理解工程学视角下的反应器设计原理; 在学习发酵工艺时, 又容易忽略微生物生理状态对工艺的影响。这种学科割裂的教学模式, 不利于学生建立系统性的工程生物学思维[10]-[12]。

2.4. 评价方式难以全面反映综合能力

课程考核仍以期末闭卷考试为主, 成绩构成中平时成绩占比偏低, 且平时成绩多来源于出勤率和实验报告完成情况。这种评价方式存在明显局限: 一方面, 闭卷考试侧重考查学生对概念、原理的记忆与简单应用, 难以测量学生在实验设计、数据分析、问题解决等方面的深层能力; 另一方面, 实验报告往往流于形式, 学生对实验结果的反思深度不足, 对实验失败的归因分析欠缺, 难以形成科学探究的严谨态度[13]。

2.5. 学生创新意识与工程思维的培养不足

当前教学多采用“教师讲授 - 学生接收 - 实验验证”的单向传递模式, 学生习惯于按照既定步骤完成实验, 缺乏主动发现问题、提出假设、设计验证方案的机会。微生物资源开发的本质是探索未知, 需要研究者具备从自然界挖掘新菌种、开发新功能的创新意识, 以及将实验室成果转化为规模化生产的工程思维。现有教学模式在这两个方面的培养明显不足[14] [15]。

3. 教学改革的路径与实践

针对上述问题, 本教学团队围绕“夯实基础 - 交叉融合 - 对接产业 - 创新应用”的递进式培养思路, 从课程内容、教学模式、实践平台、评价机制四个维度推进系统改革。

3.1. 重构课程内容体系, 强化前沿性与整合性

课程内容采用“核心模块 + 前沿专题 + 案例库”的结构进行重构[16] [17]。核心模块涵盖微生物资源调查与保藏、菌种改良技术、发酵过程优化、产物分离纯化等基础内容, 确保学生掌握扎实的专业核

心知识。前沿专题每学期动态更新,根据学科发展最新动向和学生反馈进行灵活调整,目前已纳入的专题包括微生物组学分析及其在资源挖掘中的应用、基于 CRISPR 的菌种精准改造、人工智能辅助发酵过程调控、单细胞分选技术在微生物资源开发中的应用等。案例库则汇集了来自合作企业的真实开发案例 [18],如某益生菌菌株的产业化开发全过程、某抗生素产生菌的发酵工艺优化实例、某环境修复菌剂的产品化路径等。每个案例均配套详细的背景资料、技术方案、数据支撑及开发过程中遇到的典型问题与解决思路。通过这一结构,学生在掌握核心知识体系的基础上,能够及时接触学科前沿,并在真实案例中理解知识的应用场景与技术决策的逻辑。

3.2. 推进教学模式创新,突出学生主体地位

在理论教学中,采用“对分课堂”与案例教学相结合的方式 [19] [20]。教师讲授关键概念与原理后,留出充足时间引导学生对典型案例进行分组研讨。例如,在讲解菌种选育技术时,教师先系统讲授诱变育种、原生质体融合、基因组重排、基因编辑等技术的基本原理、适用范围、优缺点及操作要点,随后引入“某工业酶高产菌株的选育路径设计”案例。该案例要求学生根据给定的目标产物特性(如酶的比活力、热稳定性、最适反应条件)、生产菌株背景(如遗传背景清晰度、可操作性、安全性等级)、成本约束条件(如原材料成本、设备投入、人力成本)等,提出一套完整的选育策略并论证其可行性。研讨过程中,学生需要综合运用微生物学、生物化学、代谢工程、产业经济学等多学科知识,并尝试从技术可行性、经济合理性、周期可控性等多角度进行权衡。教师在此过程中扮演引导者与追问者的角色,通过层层追问促使学生深入思考技术选择背后的逻辑依据。

此外,教学中引入翻转课堂形式,将部分基础性内容制作成微课视频,供学生课前自主学习。课堂时间则用于开展深度研讨、方案论证、成果汇报等活动,有效提升了课堂教学的互动性与实效性 [21]。

3.3. 构建虚实结合的实践教学平台

实践教学改革的核心理念在于构建从基础技能训练到综合创新实验再到产业项目实践的递进式训练体系,形成“基础-综合-创新”三层递进的实践教学链条 [22]-[24]。

基础技能层保留了经典实验项目,但将各项目串联为完整的流程化训练。具体做法是以一个明确的微生物资源开发任务为主线,将多个分散的实验整合为一个综合性任务。例如,以“土壤中产淀粉酶菌株的分离、鉴定、发酵条件优化与酶活性测定”为主线,学生从野外采样开始,经历菌株分离纯化、形态与分子鉴定、产酶条件单因素与正交试验优化、酶活性测定与动力学分析等完整流程。这一整合使学生不仅掌握了各项操作技能,更理解了各环节之间的逻辑关联。

在综合创新层,建设了微生物发酵工艺虚拟仿真实验平台。该平台涵盖菌种库管理、发酵工艺放大、发酵过程故障诊断、异常工况处理等高风险、高成本或长周期的实验内容。学生可以在虚拟环境中反复尝试不同的工艺参数设置,观察其对发酵效价、产物纯度、溶氧变化、底物消耗速率等关键指标的影响,系统性地理解参数之间的耦合关系。虚拟仿真平台还设置了多种故障情景,如染菌、溶氧不足、pH 失控等,要求学生在模拟环境中进行故障诊断与处理方案制定,有效培养了学生的应急处理能力和系统调控思维。

在产业实践层,依托校企共建的微生物资源开发联合实验室,引入企业实际研发项目作为课程设题目。联合实验室按照企业研发中心的标准配置,配备了微型发酵罐、高通量筛选设备、在线过程分析仪等产业级装备。学生以小组形式承接“某功能性微生物制剂的配方优化”“某发酵产品的工艺降本增效”“某工业菌株的培养基优化”等真实项目,在企业工程师与校内教师的联合指导下,完成从文献调研、实验方案设计、实验实施、数据分析到结题汇报的全流程训练。项目结束时,企业方对项目成果进

行评审, 优秀成果可进一步纳入企业研发管线。近两年来, 已有三个学生项目成果被企业采纳并进入扩大试验阶段。

3.4. 完善多元化评价机制

课程考核采用“过程性评价 + 终结性评价”相结合的方式[25], 过程性评价占比提升至百分之六十。过程性评价由多个维度构成: 课堂研讨表现(占比百分之十), 评价学生的提问质量、观点阐述逻辑、小组协作情况; 虚拟仿真实验完成度(占比百分之十), 评价学生在模拟实验中参数设置的合理性、故障处理的正确性; 项目研究报告(占比百分之二十五), 从问题定义、方案设计、实验执行、数据分析、结论提炼等维度进行综合评价; 小组互评(占比百分之五), 由小组成员对组内贡献进行相互评价; 实验操作考核(占比百分之十), 随机抽取核心实验技能进行现场操作考核。

终结性评价(占比百分之四十)则以综合性案例分析为主, 不再采用传统的名词解释、简答题等形式。期末考核要求学生针对给定的产业需求, 撰写一份完整的微生物资源开发方案。方案需涵盖菌种来源与筛选策略、工艺路线设计、质量控制要点、成本估算、风险分析与应对措施等内容。这一评价方式更加强调知识的综合运用能力、工程思维能力和产业意识, 有效引导学生在学习过程中注重知识整合与实践应用[26]。

3.5. 加强师资队伍建设与教学团队协作

教学改革的深入推进离不开高水平师资队伍的支持。针对课程交叉融合的需求, 组建了由微生物学、发酵工程、生物信息学、过程控制等方向教师共同参与的跨学科教学团队。团队定期开展集体备课、教学研讨、企业走访等活动, 促进不同学科背景教师之间的交流与协作。同时, 建立了“双师型”教师培养机制, 鼓励校内教师到合作企业进行短期研修, 深入了解产业最新技术与管理模式; 聘请企业技术骨干担任兼职教师, 参与课程讲授、项目指导、成果评审等环节。近两年, 团队中有三名教师完成企业实践研修, 新增企业兼职导师五人, 有效提升了教学团队的工程实践能力与产业视野[27]。

4. 改革成效与反思

经过两轮教学实践, 改革成效初步显现。

在学生发展层面, 课程教学评价数据显示, 学生对课程内容与产业需求匹配度的满意度由改革前的百分之六十七提升至百分之八十九, 对自身工程实践能力提升的自我评价由改革前的百分之五十八提升至百分之八十三。在项目式学习环节, 学生完成的产业项目报告质量明显提高, 项目方案的系统性、数据支撑的完整性、技术论证的严谨性均有显著提升。部分优秀方案被企业采纳并进入小试验证阶段, 其中一项益生菌微胶囊制剂的工艺优化方案已申请国家发明专利。在学科竞赛方面, 参与该课程的学生在全国大学生生命科学竞赛、全国大学生创新创业训练计划等活动中, 以微生物资源开发为主题的项目获奖数量由改革前的年均两项增加至年均六项。

在教师发展层面, 跨学科教学团队的协作机制逐步形成, 团队成员共同开发了三个综合性教学案例, 建设了微生物发酵工艺虚拟仿真实验模块, 编写了《微生物资源开发与应用案例集》教学辅助材料。通过校企合作, 教师对产业需求的把握更加精准, 科研选题的产业相关性也明显增强。

在课程建设层面, 该课程获评校级一流课程, 虚拟仿真实验平台获省级虚拟仿真实验教学项目立项, 相关教学改革经验在两次全国性教学研讨会议上进行交流, 得到兄弟院校同行的认可与借鉴。

在改革推进过程中, 也遇到一些需要持续改进的问题。

其一, 学科交叉融合对教师团队的知识结构提出了更高要求。虽然组建了跨学科团队, 但在具体教学过程中, 如何实现知识的有机融合而非简单拼盘, 仍需要进一步探索。部分模块教学中, 不同学科背

景的教师交替授课,学生反映知识衔接不够顺畅。后续需要通过更深入的集体备课和联合授课加以改进。

其二,产教融合的深度与广度受限于合作企业的资源投入。目前联合实验室的运营主要依赖少数几家合作企业,项目来源相对单一。需要探索更为长效的校企合作机制,如建立产教融合联盟、设立企业奖学金绑定项目制学习、引入更多类型企业参与等,以拓展学生接触不同产业领域的广度。

其三,虚拟仿真实验平台的使用对学生的自主学习能力提出了较高要求。部分学生在虚拟仿真实验中存在盲目试错、缺乏系统分析的现象,未能充分发挥虚拟仿真平台的教学价值。需要在教学过程中加强对学生学习过程的引导与督导,增加虚拟仿真实验前的预备讲解和实验后的总结复盘环节。

其四,过程性评价的实施对教学管理工作量提出了更高要求。多元化的评价维度需要投入更多时间进行过程记录与反馈。下一步拟开发课程信息化管理平台,实现学生过程表现的数据化记录与分析,提升评价效率与精准度。

5. 结语

微生物资源开发与应用是连接基础微生物学与生物产业的重要桥梁课程。面对生物经济时代对复合型创新人才的迫切需求,该课程的教学改革必须超越单纯的知识更新,走向以能力培养为核心的系统重构。通过课程内容的前沿化整合、教学模式的多样化创新、实践平台的全景式构建、评价机制的多元化改革以及师资队伍的同质化建设,可以有效提升学生的知识整合能力、技术创新意识与产业适应能力。

教学改革的实践证明,学科交叉与产教融合是提升工程类课程教学质量的有效路径。未来的改革探索中,应进一步强化多学科教师协同机制、深化校企合作内涵、推进数字化教学资源建设、完善过程性评价体系,为培养适应新时代生物产业需求的高素质人才提供更加有力的支撑。同时,应加强对改革成效的追踪研究,建立长期的毕业生发展跟踪机制,以实证数据反哺教学改革,形成持续改进的良性循环。

基金项目

成都市现代农业产教融合实践中心(2024SJZX)。

参考文献

- [1] 吴斌,侯顺,丁玲,等. 农业微生物资源发掘与利用专业学位研究生教育改革探索与实践[J]. 微生物学通报, 2024, 51(4): 1372-1381.
- [2] 王浩琦,刘兆星,江凌. 新质生产力视域下打造微生物制造产教融合人才培养模式的探索与实践[J]. 微生物学通报, 2025, 52(5): 2359-2367.
- [3] 唐晓峰,陈向东. 新质人才培养: 高校微生物学教学的新航标[J]. 微生物学通报, 2024, 51(4): 1051-1054.
- [4] 陈萍,苏晓波,郭晓兰,等. 多维教学资源下的混合式微生物学实验教学创新[J]. 微生物学通报, 2024, 51(4): 1299-1313.
- [5] 张丹凤,朱秋强,陈凡. OBE理念下地方师范院校“微生物学”课程教学改革与实践[J]. 微生物学通报, 2024, 51(4): 1231-1245.
- [6] 周璇,徐一梦,曾焱,等. 基于项目式学习的高校微生物学实验课教学改革[J]. 微生物学通报, 2024, 51(4): 1281-1289.
- [7] 崔泽林,姚玉峰,刘畅,等. 通过基于功能微生物的项目式学习来提升本科生科研素养[J]. 微生物学通报, 2024, 51(4): 1355-1362.
- [8] 李毅,唐中伟,龙丹丹,等. 微生物学课程“一制二融三环四合”教学模式的改革与实践[J]. 微生物学通报, 2024, 51(4): 1067-1078.
- [9] 王青云,刘小波,李文,等. 混合式教学模式下“食品微生物学”“三环六阶”教学方法的探索与实践[J]. 微生物学通报, 2024, 51(4): 1055-1066.
- [10] 陈雪利,王丽玲,王琳,等. 现代工科微生物学课程数智一体化育人研究及实践[J]. 生物学杂志, 2025, 42(4): 31-37, 108.

- [11] 张仕颖, 刘弟, 刘鲁峰, 等. 数智赋能微生物学课程教学改革与实践[J]. 生物学杂志, 2025, 42(4): 23-26.
- [12] 张美玲, 谭红岩. 能力图谱在微生物学及实验教学评价中的应用及实践反思[J]. 生物学杂志, 2025, 42(4): 1-4, 44.
- [13] 陈献忠, 周丽, 夏媛媛, 等. 微生物遗传育种学课程教学探索与实践[J]. 生物学杂志, 2025, 42(4): 5-8.
- [14] 张霞, 李鲍. 应用 AI“识菌”模型, 重塑微生物实验教学[J]. 生物学杂志, 2025, 42(4): 9-14.
- [15] 张伟, 王明钰, 陈冬花, 等. 以项目式实训为核心的生物科学拔尖学生培养模式探索[J]. 生物学杂志, 2025, 42(4): 15-18.
- [16] 丁文桥, 谢莹, 李飞, 等. 基于对“发酵工程”课程的改革对生物工程专业人才培养路径的思考[J]. 吉林化工学院学报, 2025, 42(2): 45-49.
- [17] 柯薇, 陈雪松. 新工科背景下“生物化学”课程教学改革探索[J]. 浙江树人学院学报, 2025, 25(2): 88-92.
- [18] 刘丽艳, 徐振波. 微生物 VBNC 状态诱导及检测实验教学设计与[J]. 农业工程, 2025, 15(3): 144-148.
- [19] 汤海峰, 谢志雄, 李臣亮, 等. “微生物学实验”课程教学改革现状分析: 以国内 11 所高校为例[J]. 微生物学通报, 2024, 51(4): 1321-1328.
- [20] 倪海燕, 邹龙, 黄运红, 等. “微生物学”课程劳动教育资源的挖掘与运用[J]. 微生物学通报, 2024, 51(4): 1246-1260.
- [21] 程波, 靳晓芸, 卢洋, 等. 地方工科特色本科院校“发酵工程”一流课程的建设探索[J]. 微生物学通报, 2024, 51(4): 1340-1354.
- [22] 宋文琛, 李崴. 以创新力为导向的“土壤微生物学”教学改革与实践[J]. 微生物学通报, 2024, 51(4): 1175-1189.
- [23] 胡霞, 钱晓莉, 牛阿萍. 生态文明建设背景下“环境工程微生物学”混合式教学创新与实践[J]. 微生物学通报, 2024, 51(4): 1144-1155.
- [24] 高志鹏, 戴荣四, 肖调义, 等. 基于“翻转课堂”的“双创融合”混合式教学模式: 以“水产微生物学”课程为例[J]. 微生物学通报, 2024, 51(4): 1329-1339.
- [25] 靳永新, 魏东盛, 陈容容, 等. “翻转课堂”在微生物学实验“细菌鉴定中常用的生理生化反应”教学中的应用与体会[J]. 微生物学通报, 2024, 51(4): 1314-1320.
- [26] 吴卫辉, 靳永新, 李明春, 等. 在“微生物遗传学”课程全英文教学中提升教学效果的探索[J]. 微生物学通报, 2024, 51(4): 1088-1100.
- [27] 张海龙, 张帆, 高玲美, 等. 基于师范类专业认证的“微生物学”课程教学改革[J]. 微生物学通报, 2024, 51(4): 1209-1218.