

高校教改纵横

基于应用型人才培养的“食品微生物学实验”课程 教学实践与探索

秦红玉¹, 梁丽琨^{1,2}, 赵玉平^{*1,2}, 林剑^{1,2}, 高娜¹, 姜倩倩¹, 李静¹, 张语澎¹

1 烟台理工学院 食品与生物工程学院, 山东 烟台 264005

2 烟台大学 生命科学学院, 山东 烟台 264005

秦红玉, 梁丽琨, 赵玉平, 林剑, 高娜, 姜倩倩, 李静, 张语澎. 基于应用型人才培养的“食品微生物学实验”课程教学实践与探索[J]. 微生物学通报, 2025, 52(5): 2392-2406.

QIN Hongyu, LIANG Likun, ZHAO Yuping, LIN Jian, GAO Na, JIANG Qianqian, LI Jing, ZHANG Yupeng. Teaching practice and exploration of Food Microbiology Experiment targeting the cultivation of applied talents[J]. Microbiology China, 2025, 52(5): 2392-2406.

摘要: “食品微生物学实验”课程教学在高等学校食品科学与工程类专业中占据核心地位, 是培养学生实践能力、科学思维和创新精神的重要环节。本文以烟台理工学院的“食品微生物学实验”课程教学为例, 针对以前该实验教学存在的安全教育刻板化、实验内容安排不合理、灌输式教学以及教学管理松散、无标准可依等问题, 提出了一系列优化措施, 包括安全教育现场化与可视化、实验内容系统化、教学方法数字化与互动化, 以及教学管理日常化与规范化等。目前通过这些措施, 构建了一个高效、安全、规范的实验教学体系。多轮的实践证明, 这些优化措施提升了学生的实验技能、科学素养和团队协作能力, 显著提高了“食品微生物学实验”课程教学的质量与效果, 为相关专业应用型人才的培养提供了参考。

关键词: 食品微生物学实验; 效果; 应用型; 教学

资助项目: 烟台理工学院 2022 年应用型课程建设项目(2022yyk30); 烟台市特医食品重点实验室; 烟台市校地融合发展项目

This work was supported by the 2022 Application-oriented Curriculum Construction Project of Yantai Institute of Technology (2022yyk30), the Yantai Key Laboratory of Special Medical Foods, and the Yantai University-City Integrated Development Project.

*Corresponding author. E-mail: water168@ytu.edu.cn

Received: 2024-08-19; Accepted: 2024-10-19; Published online: 2024-11-28

Teaching practice and exploration of Food Microbiology Experiment targeting the cultivation of applied talents

QIN Hongyu¹, LIANG Likun^{1,2}, ZHAO Yuping^{*1,2}, LIN Jian^{1,2}, GAO Na¹, JIANG Qianqian¹, LI Jing¹, ZHANG Yupeng¹

1 College of Food and Bioengineering, Yantai Institute of Technology, Yantai 264005, Shandong, China

2 College of Life Sciences, Yantai University, Yantai 264005, Shandong, China

Abstract: The course Food Microbiology Experiments occupies a core position in cultivating the undergraduates majoring in food science and engineering in colleges and universities, and it is an important link to cultivate the practical ability, scientific thinking, and innovative spirit of undergraduates. The teaching of Food Microbiology Experiment in Yantai Institute of Technology has problems including stereotyped safety education, irrational arrangement of experimental contents, indoctrination-based teaching methods, and loose teaching management without clear standards. In view of these problems, this paper proposes optimization measures, including the on-site and visualized safety education, systematic experimental contents, digital and interactive teaching methods, and routine and standardized teaching management. By implementing these measures, we have established an efficient, safe, and standardized experimental teaching system for this course. Multiple rounds of practice have proved that these optimization measures have fostered the experimental skills, scientific literacy, and teamwork ability of undergraduates and significantly improved the teaching quality and performance of Food Microbiology Experiment, providing a reference for the cultivation of applied talents in related majors.

Keywords: Food Microbiology Experiment; effect; applied; teaching

在食品科学与工程类专业的教学体系中，“食品微生物学实验”课程具有承前启后的作用，占据了专业学习的核心地位^[1]，是培养适应21世纪社会需求的应用型人才的重要环节^[2]。该课程在培养学生实践能力和科学素养方面发挥着不可替代的作用。然而，随着社会的快速发展与科技的日新月异，人才培养质量要求日益提高，“满堂灌”式的实验教学模式^[3-4]已难以培养高素质、应用型人才。尤其是在2020年至2023年的疫情期间，新型冠状病毒的传播途径涉及食品，更加显示出微生物学知识普及与应用的重要性，进一步凸显了优化“食品微生物学实验”课程教学的紧迫性

和重要性。

针对以往实验教学存在的安全教育刻板化、实验内容安排不合理、灌输式教学以及教学管理松散、无标准可依等问题，以及社会需求的变化，本校通过对文献的深入调研，并与资深教师共同探索与实践，从教学内容、教学方法和教学管理等多维度对“食品微生物学实验”课程进行了全面优化，成功构建了一个高效、安全、规范的实验教学体系。这一体系以培养应用型人才、促进学生全面发展为目标，进一步提升了学生的实验技能、科学素养和团队协作能力，为培养适应未来社会需求的应用型人才提供了坚实支撑。

1 优化实验教学内容

1.1 安全教育现场化, 安全问题可视化

该实验以往的安全教育主要通过教师在教室以 PPT 形式讲解, 学生难以将理论知识与实际场景相联系, 导致理解不深且缺乏兴趣。因此, 改革措施是将安全教育安排在实验室, 将安全问题可视化。

在实验教学开始前, 进行全面的生物、物理、化学及其组合的安全教育, 重点强调微生物菌种, 如金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)等的无菌操作及使用后的灭菌与菌种保存的安全问题; 关键设备, 如超净工作台、显微镜、高压灭菌器等的安全使用; 化学试剂, 如醇、醛、酸、重金属盐等的安全使用规则^[5]。同时, 对学生的着装、女生的束发形式、指甲等严格要求, 以避免安全事故发生及对人体的二次伤害。

实验室环境为学生提供了更多的互动机

会, 教师可以引导学生进行讨论、提问与实际操作, 这样可以激发学生的学习兴趣 and 积极性。学生可以直观地看到并亲手操作相关设备, 模拟各种紧急情况。学生在安全的环境下进行实战演练, 安全操作要点记忆会更加深刻, 能够在需要时迅速回忆并应用。现场安全教育流程见图 1。同时, 设立安全责任人制度, 详细工作流程见图 2, 确保实验室安全管理的有效实施。

2023–2024 学年第一学期, 本校通过全面而细致的现场化安全教育, 使 8 个实验班级的学生深刻理解了着装规范、个人卫生、仪表等对于实验安全的重要性, 这些细节构筑起了实验安全的第一道防线。在关键设备的使用上, 学生不仅掌握了规范化的操作流程, 还通过安全实操训练学会了如何在紧急情况下迅速而准确地采取应对措施, 有效避免了安全事故的发生。针对危险化学试剂, 学生通过严格的安全训练, 了解了这些物质的性质与危害, 并掌握了正确的取用、储存及废弃处理方法, 确保了

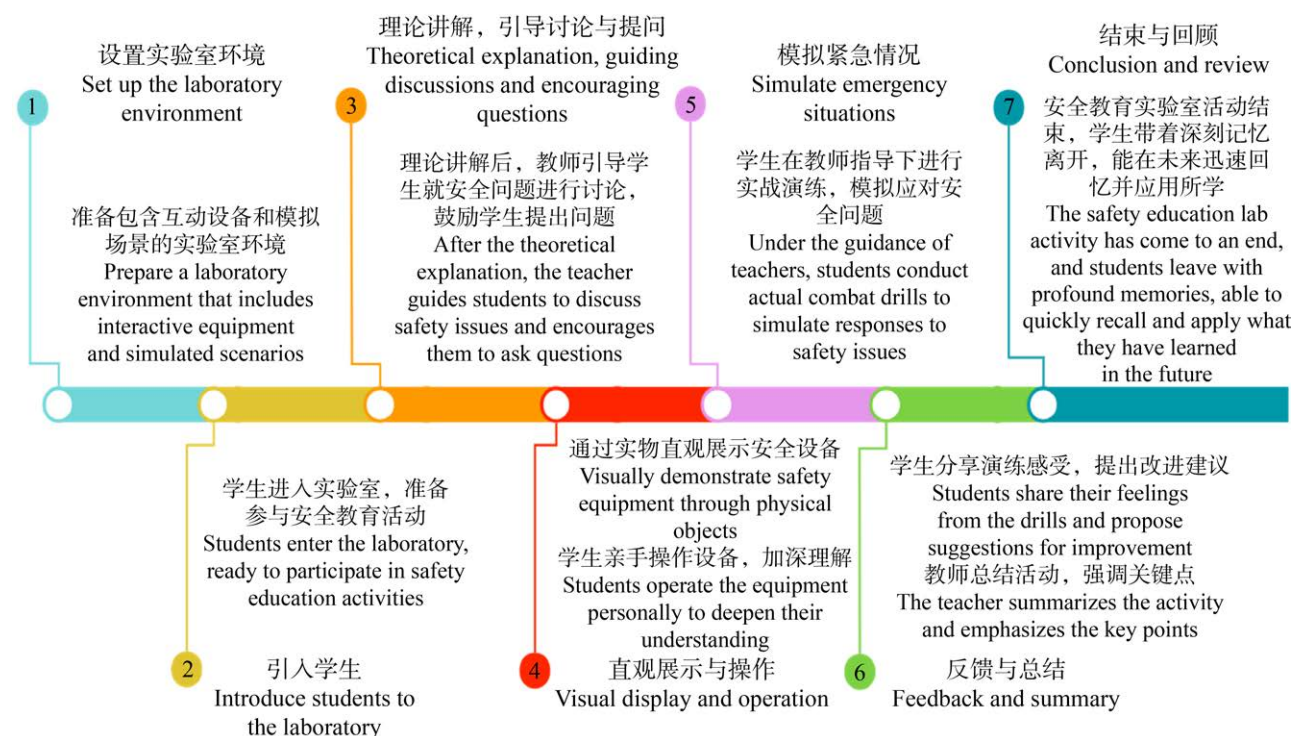


图 1 现场安全教育流程图

Figure 1 On-site safety education flowchart.

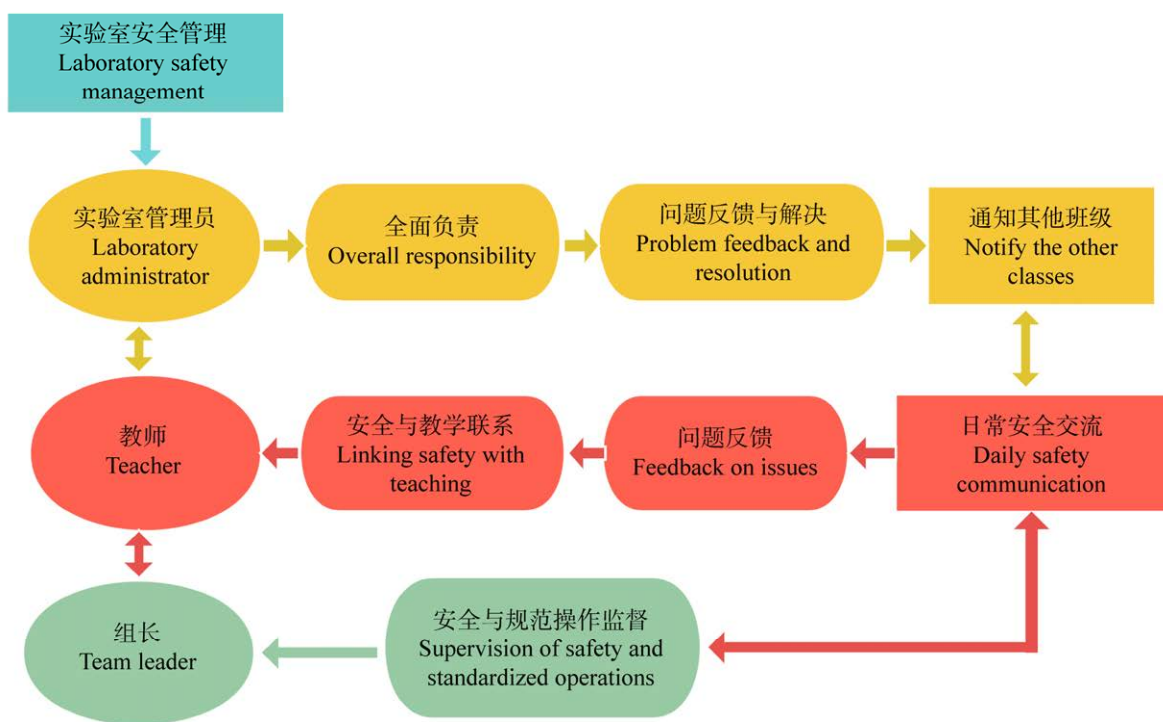


图2 安全责任人工作流程

Figure 2 Workflow of safety responsible person.

实验过程中化学品使用的绝对安全。这一系列举措从根本上消除了常见的酒精灯灼烧头发、实验器具划伤皮肤等安全隐患，实现了实验过程零事故、零伤害的佳绩。

同时，安全责任人制度的实施，为实验室安全管理提供了坚实的制度保障。每位师生都明确了自己的安全职责，形成了人人讲安全、事事为安全、时时想安全、处处要安全的良好氛围。这种自上而下的安全管理体系，不仅促进了实验教学的顺利进行，更为学生的健康成长与发展奠定了基础。

1.2 实验内容系统化，教学安排合理化

实验内容设计系统化，体现在既要涵盖微生物学的基本原理和实验技术，还要涉及实际应用。鉴于以前验证性实验项目较多、综合应用型实验项目较少的问题^[6]，精心设计了12项实验内容(表1)，并将这些内容项目化，以便后续实施项目式教学。整体实验内容安排系统地

从各个维度培养学生的相应能力，实验内容系统性与合理性分析见表1。

同时，每个实验项目都明确考核目标，包括知识掌握、技能提升、安全意识、综合素质、应用实践能力等5个方面，学生完成每个实验项目都会在这5个方面获得相应能力的提升，可通过效益分数来体现。如项目六具体开展了“土壤微生物的分离纯化和平板计数法”的综合性实验，该实验不仅设计了实际应用环节，还旨在让学生充分掌握微生物多样性、微生物培养技术、淀粉酶的作用机制及酶活力测定等知识，让学生能够灵活运用无菌操作技术、培养基配制技术、微生物分离与纯化技术，进而培养和训练学生的知识掌握、技能提升、应用实践等能力。图3展示了学生通过每个实验项目在5个考核目标上可获得的最大效益分数，这是通过主观评估实验对考核目标的直接关联度及预期的学生能力提升效果来确定的。每个考核目标的评分范围设定为满分5分。

表 1 实验内容系统性与合理性分析

Table 1 Analysis of systematicness and rationality of experimental content

编号	实验内容	主要目的	培养能力
No.	Experiment project	Cultivation purpose	Cultivation ability
1	项目一 实验室安全教育 Project 1 Laboratory safety education	作为首要实验, 强调实验室安全至关重要, 为后续实验打下安全基础 Emphasizing laboratory safety as the primary experiment is crucial, laying a solid foundation for subsequent experiments in terms of safety	安全意识培养 Safety awareness cultivation
2	项目二 培养基的配制及灭菌 Project 2 Preparation and sterilization of culture medium	作为微生物学实验的基础, 让学生掌握培养基的准备和无菌操作技术, 为微生物学实验提供基础条件 As a fundamental aspect of microbiology experiments, it is imperative for students to master the preparation of culture medium and aseptic techniques, providing essential conditions for conducting microbiological experiments	微生物学实验基础 Fundamentals of microbiology experiments
3	项目三 环境中微生物的检验及油镜的使用 Project 3 Microbial examination in the environment and the use of oil immersion lens	证明微生物存在的广泛性, 让学生体会无菌操作的重要性, 同时让学生学习并掌握油镜的原理和使用方法, 为后续微生物的培养与观察打好基础 To demonstrate the ubiquitous presence of microorganisms, enable students to appreciate the importance of aseptic techniques, and concurrently allow them to learn and master the principles and usage of oil immersion lenses, thereby laying a solid foundation for subsequent microbial culturing and observation	无菌操作与显微技术应用 Aseptic manipulation and microscopy techniques application
4-7	项目四系列 实验 4 细菌的形态学观察 实验 5 酵母菌的形态学观察 实验 6 放线菌的插片培养及形态学观察 实验 7 霉菌的小室培养及形态学观察 Project 4 Experiment 4 Morphological observation of bacteria Experiment 5 Morphological observation of yeast Experiment 6 Slide culture and morphological observation of actinomycetes Experiment 7 Chamber culture and morphological observation of molds	掌握细菌、酵母菌、放线菌、霉菌的基本形态特征和识别方法 Master the basic morphological characteristics and identification methods of bacteria, yeast, actinomycetes, and molds	微生物形态学观察与识别 Observation and identification of microbial morphology
8	项目五 微生物血球计数板直接计数法及测微技术 Project 5 Direct counting method and micrometry technique using hemocytometer for microorganisms	理解并掌握微生物的数量估计技术, 学习测微技术 Understanding and grasping microbial quantification techniques, including the direct counting method using a hemocytometer and micrometry skills, is essential	微生物计数与定量分析 Microbial counting and quantitative analysis
9	项目六 土壤微生物的分离纯化和平板计数法 Project 6 Isolation, purification, and plate counting of soil microorganisms	掌握微生物的分离纯化和平板计数法, 理解微生物的群落结构 Grasping the principles of microbial isolation, purification, and plate counting methods is crucial for comprehending microbial community structures	微生物分离纯化与定量分析应用实践 Microbial isolation, purification, and quantitative analysis in applied practice

(待续)

(续表 1)

编号	实验内容	主要目的	培养能力
No.	Experiment project	Cultivation purpose	Cultivation ability
10	项目七 微生物的生理生化反应 Project 7 Physiological and biochemical reactions of microorganisms	深入理解微生物的代谢特性和生化反应, 对微生物鉴定和分类有重要意义 Delving into the metabolic properties and biochemical reactions of microorganisms holds significant importance for microbial identification and classification	微生物生理生化特性研究 Study of microbial physiological and biochemical characteristics
11	项目八 环境因素对微生物的影响 Project 8 Influence of environmental factors on microorganisms	理解微生物与环境因素的相互作用, 对生态学和工业应用有重要意义 Comprehending the interplay between microorganisms and environmental factors is pivotal for insights into ecology and industrial applications	微生物学应用实践 Microbiology application practice
12	项目九 牛乳及饮料中细菌的卫生学检查 Project 9 Hygienic examination of bacteria in milk and beverages	将理论知识应用于实际生活中, 增强实践能力和问题解决能力 Applying theoretical knowledge to practical scenarios enhances students' practical abilities and problem-solving skills	微生物学应用实践 Microbiology application practice
13	项目十 实验技能测试 Project 10 Experimental skills testing	评估学生的实验技能和综合能力, 检验学习成果 Assessing students' experimental skills and comprehensive abilities serves as a valuable means to validate their learning outcomes	综合评估与检验 Comprehensive evaluation and testing

通过实施系统化的实验内容与合理化的教学安排, 该校学生在最终的实验技能考核中表现优异, 整体技能考核成绩比上一次实验提高了 5% 左右。学生不仅掌握了基本技能, 还学会了如何将理论知识应用于实际问题解决中。以“项目九: 牛乳及饮料中细菌的卫生学检查”为例, 学生成功地将所学理论转化为实践能力, 准确执行了各项操作步骤, 在此过程中, 学生的数据分析能力与问题解决能力显著提升, 使他们能够更加自信地面对复杂多变的微生物学问题。例如, 学生能够灵活地将实验中所学知识应用于考研题目的分析, 无论是实验设计的合理性探讨、结果数据的深度剖析, 还是微生物数量评估的精确计算, 都显得游刃有余。一个直观且鼓舞人心的效果是, 学生咨询此类研究生考题的比例相比往年有了显著下降, 这充分说明他们已经具备了较强的解决实际问题的能力, 为他们在考研道路上取得优异成绩提供了帮助。这一积极变化直接反映了改革措施的有

效性, 证明系统化的实验设计及合理化的实验安排有助于学生在多个维度上均衡发展。

2 改进实验教学方法

2.1 实验预习数字化, 效果可评价

人工智能时代的到来, 手机越来越多地成为学生获取各种信息的主要手段, 但学生在课堂上用手机做与学习无关的事情也是令教师很棘手的事情, 与其想方设法不让学生玩手机, 不如设法让学生从预习到实验课整个过程将手机利用起来。目前有很多数字化学习平台, 其中超星学习通是利用智慧教学系统打造辅助教学、服务师生互动, 令教与学双方都满意的学习移动平台^[7]。在每一个实验正式开始之前, 下发与本次实验项目紧密相关的预习材料, 并给学生提供目前使用较好的 AI 软件(如文心一言、智谱清言等)、教学平台(如中国大学 MOOC、爱课程等), 让学生学会通过各种有效途径获取想要的知识, 从而对实验项目有更好

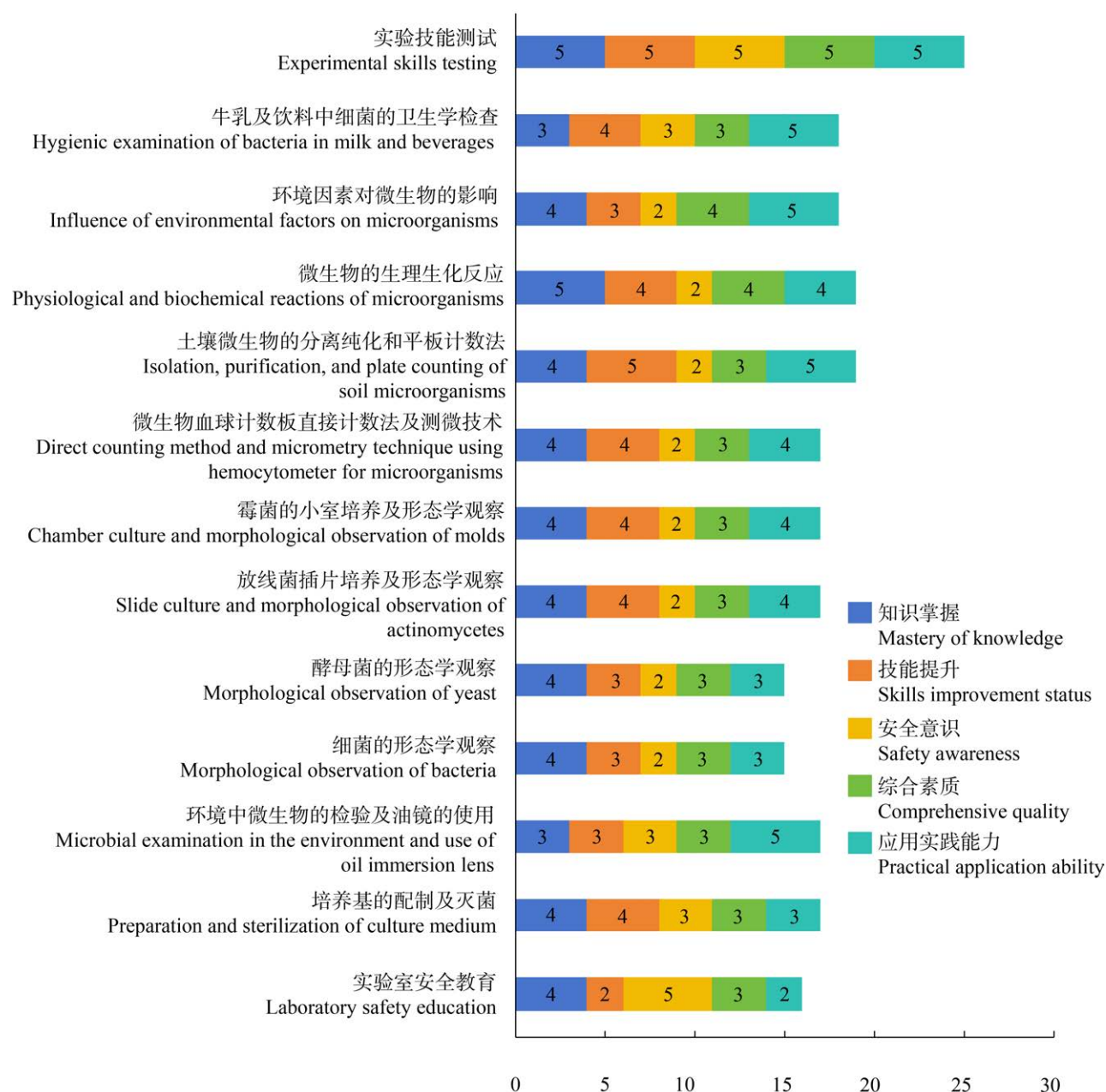


图3 学生通过每个实验项目在5个考核目标上的最大效益分数

Figure 3 The maximum benefit scores that students can achieve on the 5 assessment objectives through each experimental project.

的理解,最终通过学习平台(如学习通)检验学生的预习效果。一般在每一个实验开始前,通过学习通 APP 随机发放5道与本次实验关键操作步骤相关的题目(选择+判断),规定3 min 内做完并提交,让学生快速高效地完成预习题,避

免学生之间相互交流答案,可以真实地检验学生的预习情况,5道题满分100分,学习通根据标准答案自动得出预习分数。图4是学习通平台中截取的原始数据图,展示了一个本科班级(食2102-1班)在11个实验中的预习效果,48名

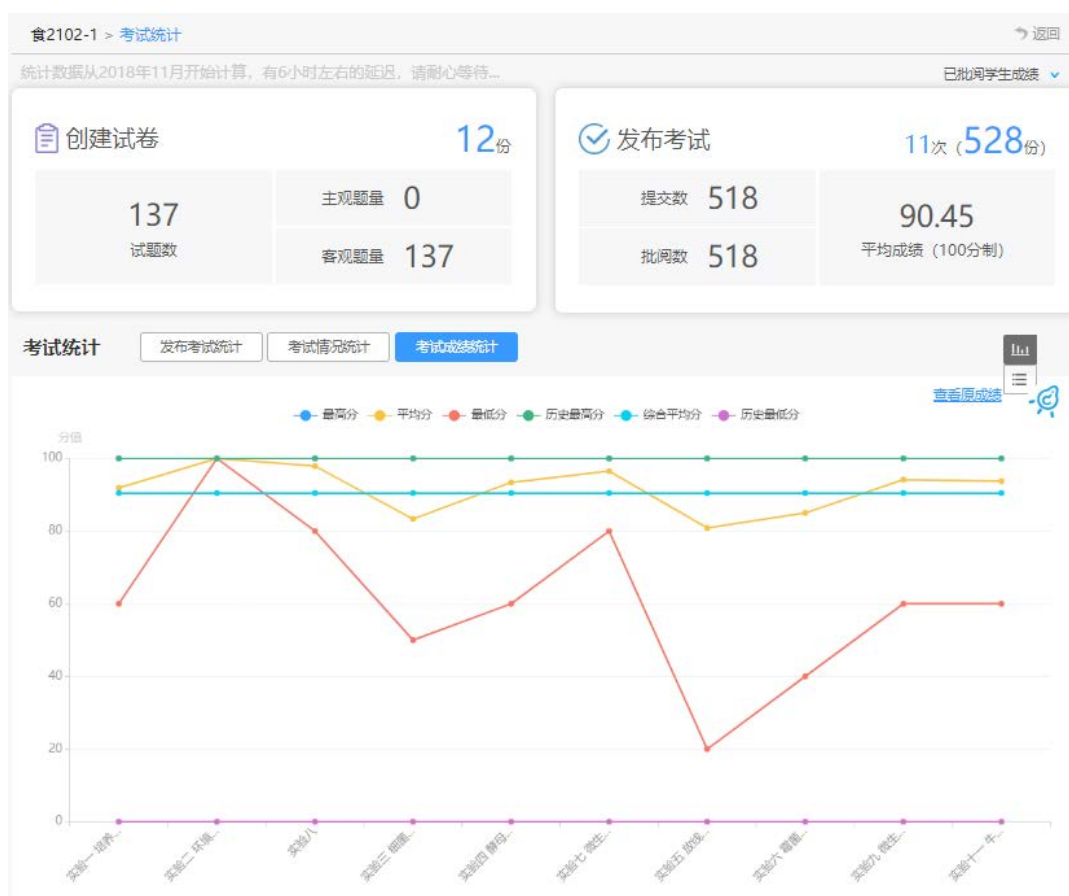


图 4 2102-1 班预习成绩统计

Figure 4 Statistics of preview scores for class 2102-1.

学生总平均成绩 90.45 分。最终 6 个本科班级的预习成绩总平均值在 90.04 分, 总体预习效果较好。同时, 将预习成绩计入总成绩, 占比 20%, 以此可以更好地激励学生认真预习。数字化预习不仅提高了预习效率, 大大减少了实验过程中操作出现的错误和失误, 避免了事故的发生, 还便于教师掌握学生的学习情况, 为后续教学提供参考。

2.2 实验教学过程互动化, 理解更高效

为了弥补“食品微生物学实验”课程教学模式的不足, 提升学生的学习主动性与问题解决能力, 国内学者正积极探索新的教学模式在“食品微生物学实验”课程教学中的应用^[8]。例如, 将基于问题的学习(problem-based learning, PBL)教学模式^[9]融入实验教学, 通过问卷调查与学

生访谈, 发现 PBL 教学可显著提升学生对食品微生物学的兴趣, 从一些开放性实验设计与完成的情况来看, PBL 教学班学生的综合能力相较于对照班有明显提升。

因此, 在“食品微生物学实验”课程教学过程中采用了项目式互动教学方法, 结合显微数码互动系统, 增强课堂互动性与学生参与度。教师将每个实验虚拟成一个个立体式项目, 让学生作为项目负责人, 解决实际问题进行具体操作, 并进行项目展示与汇报, 以培养学生设计实验方案、构建符合食品质量与安全与生物安全规范的实验系统的能力, 为解决复杂食品微生物学及食品安全质量问题打好基础。具体操作方式见图 5, 教师可根据学生的反馈及时调整教学策略, 帮助学生更好地理解实验操作。

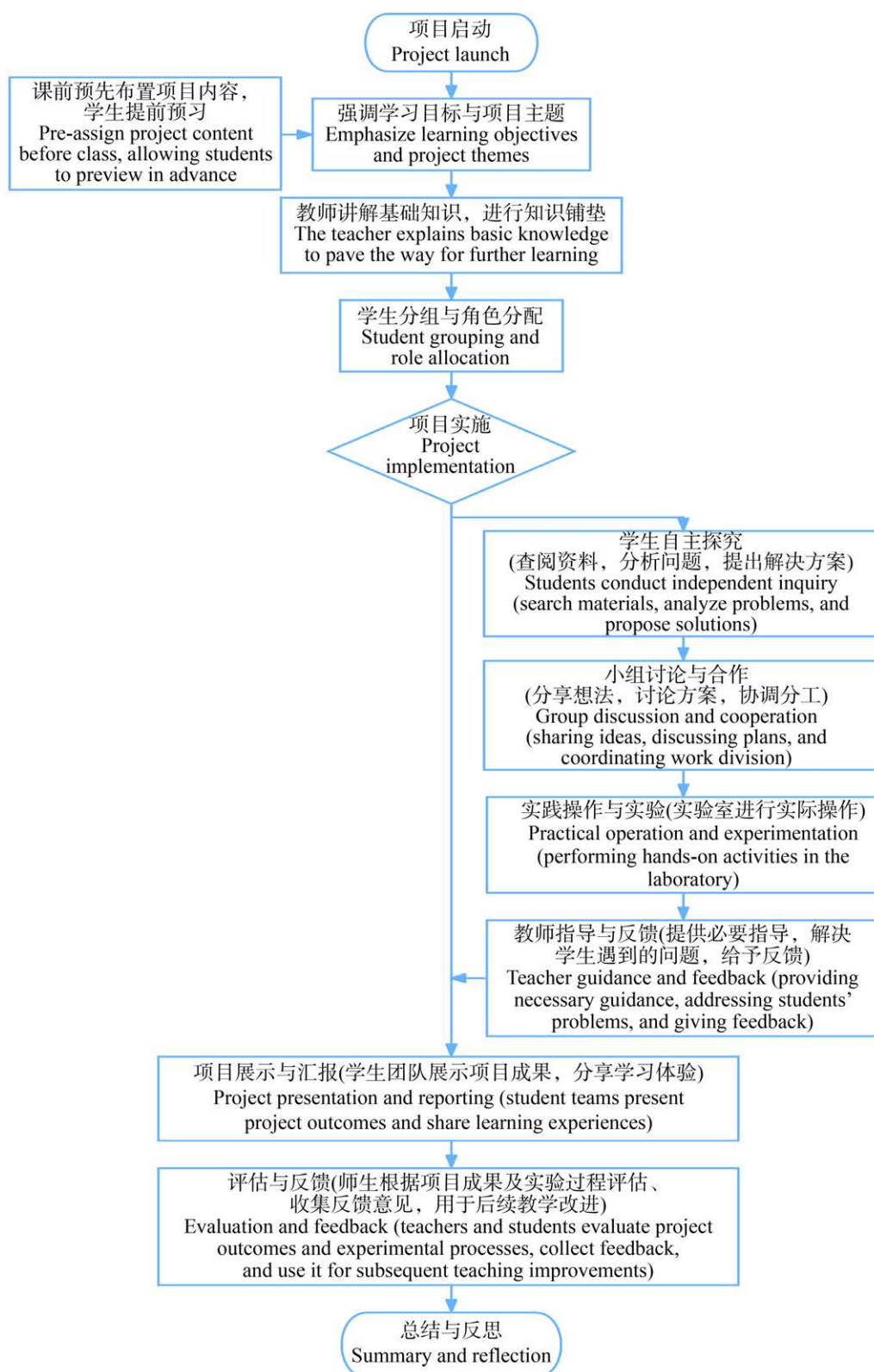


图 5 项目式互动教学流程

Figure 5 Flowchart of project-based interactive teaching process.

同时,在实验过程中老师积极鼓励学生之间的交流与有机合作,培养团队协作精神和创新意识,提高学生解决复杂工程问题的能力。

“食品微生物学实验”以微生物显微镜观察与结果分析为核心,重点在于通过显微镜观察微生物的染色特征与形态,掌握其微观结构与特点^[10]。为了提升教学效果以及丰富教学资源,学校引进了耐可视(Nexcope)显微数码互动系统的显微镜,让抽象的微生物形象化,同时提高学生的学习参与度^[10]。详细互动教学方式见图6。

PBL 教学模式与显微数码互动系统教学工具的引入,极大地激发学生对微生物的好奇心与探索欲。改革后,学生对“食品微生物学实验”课程的兴趣度平均评分由6.5分(满分10分)提升至9.2分,增幅达到41.5%;课堂参与度也从70%提升至90%以上。这一变化不仅体现在学生更

加积极地参与课堂讨论,还表现在他们更愿意主动承担实验任务、提出问题和解决方案上。

3 完善实验教学管理

3.1 考核分布合理化,成绩更公平

目前“食品微生物学实验”课程考核采用“预习成绩(20%)+实验操作(40%)+实验报告(40%)”评价体系。预习成绩利用学习通直接统计,实验操作示踪化评分标准见表2,实验报告评分标准见表3。这种考核方式既注重了学生的预习效果和操作规范性,又强调了实验报告的规范性、美观性与创新性。同时,这种考核方式也更加公平合理,能够全面反映学生的学习情况。教师与小组长示踪化考核评分情况见表4,改革前与改革后各班实验报告成绩分布见表5,改革前与改革后各班实验总成绩分布见表6。

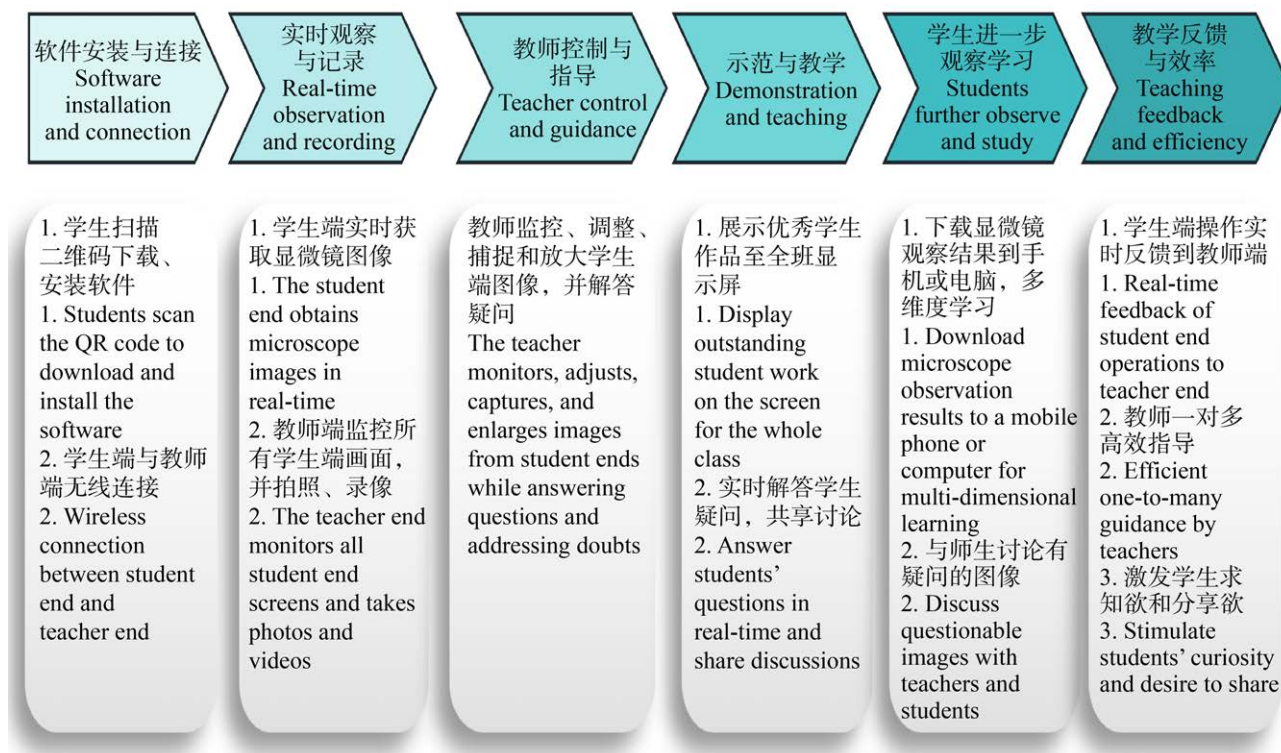


图6 显微镜互动系统教学方式与效果

Figure 6 Teaching methodology and effectiveness of the interactive microscope system.

表 2 教师与小组长示踪化考核评分标准

Table 2 Scoring criteria for tracer-based assessment by teachers and group leaders

考查内容 Examination content	考查标准 Evaluation criteria	总分 15 分 Total Score: 15 Points
迟到、早退、不到 Late arrival, early departure, and absence	学习通签到 Sign in on Xuexitong	迟到、早退或不到, 均扣 1 分, 满分 1 分 One point will be deducted for lateness, early departure, or absence, and the full score is one point
是否聊天、玩手机等 Whether chatting, playing mobile phones, etc.	巡查 Inspection	视情况扣 1 分、2 分, 满分 2 分 Deduct 1 or 2 points depending on the situation, full score is 2 points
实验操作是否规范 Whether the experimental operation is standard	巡查 Inspection	视情况扣 1 分、2 分、3 分、4 分, 满分 4 分 Deduct 1, 2, 3, or 4 points depending on the situation, full score is 4 points
仪器设备使用是否规范 Whether the use of instruments and equipment is standard	巡查 Inspection	视情况扣 1 分、2 分、3 分, 满分 3 分 Deduct 1, 2, or 3 points depending on the situation, full score is 3 points
实验结果是否正确 Whether the experimental results are correct	逐个检查 Inspect one by one	视情况扣 1 分、2 分、3 分, 满分 2 分 Deduct 1, 2, or 3 points depending on the situation, full score is 2 points
实验结束是否整理器材及归位 Whether the equipment is sorted and returned to its original position after the experiment	逐个检查 Inspect one by one	视情况扣 1 分、2 分、3 分, 满分 3 分 Deduct 1, 2, or 3 points depending on the situation, full score is 3 points

3.2 学习通考勤日常化, 出勤更高效

利用“学习通”等学习平台进行日常化考勤, 每节课现场拍照签到, 此方式可以使学生的出勤率达到 100% (除学生因事因病请假调课外)。另外, 请假调课也有严格限制, 学生因事因病请假后, 必须调整至其他班级补做相应的实验课程, 不得豁免该节课程。并且, 在一学期内, 每名学生因事因病只有一次调课机会, 若无法完成调课, 缺失的实验课程必须在下一学期的实验中重修, 这种考勤方式与规定, 使得该学期 360 名学生重修率为 0, 并且只有 8 名学生进行了调课, 调课率为 2.2%, 较改革之前都有很大降幅。

3.3 操作过程示踪化, 考核更科学

实验操作过程的考核一直是实验课程的难题, 仅靠教师一人很难在实验过程中全面考核每名学生, 而每个小组的组长可以做到全程跟踪小组成员。因此实施操作过程示踪化考核, 每个实验小组设一名组长, 负责监督

小组成员的操作规范性并打分, 教师也跟踪每名学生的操作过程并打分, 详细打分标准根据参考文献[6]进行修改(表 2)。整个实验过程分数由基础分(70 分)+教师打分(15 分)+组长打分(15 分)构成, 基础分的设置体现了考核的公平公正, 因为“食品微生物学实验”课程的性质决定了每名学生基本都会参与到实验过程中, 关键是操作的准确性、规范性及实验结果的准确性等方面需要考核, 因此每名学生都应该有参与实验的基础分, 在此基础上, 再进行操作准确性、规范性的考核。这种考核方式更加科学、公正, 有助于提高学生的积极性与操作规范性。

在对该学期 6 个本科班级的教师打分与组长打分进行统计分析后, 得到各个分数段的人数占比分布情况(表 4), 结果显示, 组长打分与教师打分高度相似, 表明组长在评价小组成员时能够较为准确地反映学生的实际表现, 与教师的评价相吻合。

表 3 实验报告评分标准

Table 3 Scoring criteria for experimental report

内容 Content	要求 Requirement	分值 Score
实验名称 Experiment name	准确无误 Accurate and error-free	2
实验原理 Experimental principle	简单明了 Simple and clear	10
实验目的 Experiment purpose	明确准确 Clear and precise	5
仪器试剂 Equipment and reagent	清楚详细, 试剂配制有具体配制过程 Clear and detailed, with specific preparation processes for reagents	5
实验步骤 Experimental step	简单明了、易于理解。不能完全照搬教材上的步骤, 要通过个人理解撰写 Simple, clear, and easy to understand. Avoid directly copying steps from textbooks, instead, use personal understanding to write them	20
注意事项 Precaution	除教材上注意事项外, 附加分析个人总结实验过程的注意事项 In addition to the precautions in the textbook, include a personal analysis and summary of notes during the experimental process	10
实验结果 Experimental result	实验现象描述准确、实验数据处理正确。绘图性实验报告的结果, 着重考察绘图的真 实性、细胞长与宽的比例和标注的规范性等 Accurately describe experimental phenomena and correctly process experimental data. For graphical experimental reports, focus on examining the authenticity of the drawings, the ratio of cell length to width, and the standardization of annotations	20
分析讨论 Analysis and discussion	是针对所做实验结果的分析, 不是实验的注意事项。要进行深入分析。如果结果出现问题, 就要分析实验过程哪个步骤出现了问题, 在以后实验过程中如何避免错误发生; 如果结果较好, 也要总结实验过程中注意了哪些重点操作步骤的严谨操作, 才得到了好的结果 This is an analysis of the experimental results, not experimental precautions. Conduct an in-depth analysis. If issues arise with the results, analyze which step in the experimental process went wrong and how to avoid such errors in future experiments; If the results are good, also summarize which key operational steps were rigorously observed during the experimental process to achieve such favorable outcomes	20
思考题 Thought question	回答正确、详尽 Correct and comprehensive answers	8

表 4 教师与小组长示踪化考核评分情况

Table 4 Tracing and evaluation scores of teachers and group leaders

分数段统计 Score range statistic	教师打分 Average teacher scoring ratio (%)	组长打分 Average group leader scoring ratio (%)
13-15 分(优秀) 13-15 points (excellent)	30	28
10-12 分(良好) 10-12 points (good)	55	55
7-9 分(中等) 7-9 points (average)	13	12
4-6 分(待提高) 4-6 points (needs improvement)	2	5

3.4 实验报告规范化, 结果展现更美观

实验报告主要考核全文的完整性、结果的准确性与可靠性、讨论与思考题的合理性与准确性等^[6], 占总成绩的 40%。实验报告的规范化与美观度也体现了学生在实验过程中的认真程度及对实验内容的掌握程度^[11]。一份实验报告在规范的基础上具有美观性, 能够让人赏心悦目, 在教学的教学检查及教学评估过程中也更具优势。因此, 要严格规范实验报告的撰写要求。该实验设置了包含实验名称(2 分)、实验原理(10 分)、实验目的(5 分)、仪器试剂(5 分)、实验步骤(20 分)、注意事项(10 分)、实验结果(20 分)、

表 5 改革前与改革后实验报告成绩分布

Table 5 Distribution of experimental report scores before and after the reform for each class

成绩 Score	各班平均成绩分布 Average score distribution of each class						6 个本科班总平均成绩 分布(改革后)	近 5 年本科班平均成绩分布 (改革前)
	2101-1	2102-1	2103-1	2204-1	2321-1	2321-2	Distribution of overall average score for 6 undergraduate classes (Post-reform)	Distribution of average score for undergraduate classes over the past five years (Pre-reform)
90–100	11%	10%	18%	9%	20%	19%	14.5%	平均 5% Average 5%
80–89	79%	84%	75%	86%	77%	79%	80%	平均 74% Average 74%
70–79	8%	6%	5%	5%	3%	2%	4.8%	平均 17% Average 17%
0–69	2%	0%	2%	0%	0%	0%	0.7%	平均 4% Average 4%
成绩平均值 Average score	85	86	85	86	88	87	86	83

表 6 改革前与改革后各班实验总成绩分布

Table 6 Distribution of overall experimental scores in each class before and after the reform

成绩 Score	各班平均成绩分布 Average score distribution of each class						6 个本科班总平均成 绩分布(改革后)	近 5 年本科班平均成绩分布 (改革前)
	2101-1	2102-1	2103-1	2204-1	2321-1	2321-2	Distribution of overall average score for 6 undergraduate classes (Post-reform)	Distribution of average score for undergraduate classes over the past five years (Pre-reform)
90–100	27%	24%	27%	26%	29%	25%	26%	平均 11% Average 11%
80–89	65%	70%	64%	68%	67%	69%	67%	平均 75% Average 75%
70–79	8%	6%	9%	6%	4%	6%	7%	平均 12% Average 12%
0–69	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	平均 3% Average 3%
成绩平均值 Average score	87	88	86	87	88	85	87	84

分析讨论(20 分)、思考题(8 分)在内的九项报告内容, 每一项内容详细规范的评分标准是根据参考文献[6]在实验教学过程中进一步优化而得出(表 3)。各班的实验教师根据评分标准严格规范打分, 同时, 要在批阅报告时标注减分原因, 确保批阅规范, 最终得出实验报告成绩。由此可以确保每个班级的实验报告质量、美观性保

持一致。

通过表 5 可以看出, 改革后实验报告分数在 90–100 分数段的平均人数比改革前提高了 10%, 80–89 分数段的平均人数提高了 6%, 80 分以下的平均人数降低了 15.5%, 改革后实验报告平均成绩 86 分, 比改革前提高了 3 分。并且, 改革后 6 个本科班级实验报告的整体水平基本

一致,这也体现了改革后报告撰写标准与批改标准更加科学合理。

通过表 6 可以看出,改革后实验总成绩在 90–100 分数段的平均人数比改革前提高了 15%, 80–89 分数段的平均人数降低了 8%, 80 分以下的平均人数降低了 8%, 均上升到了高分段,改革后实验总成绩平均值为 87 分,比改革前提高了 3 分。并且,改革后 6 个本科班级的实验总成绩平均值整体水平仍保持基本一致,这说明改革后的实验成绩组成、比例及评分标准设置比较合理,并且评分标准在各个班级之间得到了相对统一的实施,没有导致班级间成绩水平的显著差异。而改革前实验总成绩只由实验报告成绩与实验技能考核成绩组成,考核不全面,并且没有统一评分标准,导致各班成绩差别较大,并且实验总成绩整体较低。改革后成绩考核更全面,考核标准更加科学、严谨、合理,便于教师与学生更好地执行,因此能够更好地满足不同学习层次学生的需求,帮助他们克服学习困难,提升学习成绩。

4 结语

本文针对烟台理工学院“食品微生物学实验”课程教学以往存在的安全教育刻板化、实验内容安排不合理、灌输式教学以及教学管理松散、无标准可依等问题,从“安全教育现场化与可视化、实验内容系统化、教学方法数字化与互动化以及教学管理日常化与规范化”等多个维度,优化了“食品微生物学实验”课程教学体系,安全教育现场化与可视化,能够使学生将抽象问题具象化,提高了学生的安全意识与应急处理能力;实验内容系统化与教学方法数字化、互动化,能够以学生喜欢的数字化方式,开展由基础到综合应用的系列实验,极大地激发了学生主动学习与实践操作的兴趣,促进了学生之间的交流与合作,逐步提升了学生的实验技能和解决问题的能力;教学管理日常化与

规范化,增强了学生对实验学习的责任感与重视程度,同时能够引导学生按照规范步骤进行实验,减少操作失误和安全事故的发生,也能够使学生明确实验报告的写作方向与重点,减少抄袭和敷衍现象,提高报告的专业性与美观性。规范的教学管理也确保了每名学生的努力和成果都能得到公平公正的评价。同时,日常化与规范化的教学管理,使教师能够及时了解教学动态,发现教学中的问题并采取相应的改进措施,也促进了教师之间的交流与合作,确保了教学过程的顺利进行和教学质量的持续提升。未来,在越来越先进的人工智能时代,将继续探索与实践更多优化措施,为食品类专业的微生物学实验教学贡献更多力量。

作者贡献声明

秦红玉:实验教学改革的设计与实施以及论文撰写;梁丽琨:实验教学改革的设计与实施;赵玉平:实验教学改革的设计与实施以及论文修改;林剑:实验教学改革的设计与实施;高娜:为实验教学改革提供设施设备保障;姜倩倩:为实验教学改革提供设施设备保障;李静:实验教学改革的实施;张语澎:实验教学改革的实施。

作者利益冲突公开声明

作者声明绝无任何可能会影响本文所报告工作的已知经济利益或个人关系。

REFERENCES

- [1] 吴锦兰,白云,陈正培,卢凯玲,熊建文. 基于信息化的“食品微生物学实验”线上线下混合教学应用[J]. 粮食科技与经济, 2023, 48(1): 58-60.
WU JL, BAI Y, CHEN ZP, LU KL, XIONG JW. Blended teaching application of online and offline based on informatization in Food Microbiology Experiment[J]. Grain Science and Technology and Economy, 2023, 48(1): 58-60 (in Chinese).
- [2] 王辉. 多角度优化“食品微生物学实验”课程教学[J]. 农产品加工, 2019(8): 116-117, 120.
WANG H. Multi angle optimization of Food Microbiology Experiment teaching[J]. Farm Products Processing, 2019(8): 116-117, 120 (in Chinese).

- [3] 王坤, 唐彦君, 迟晓星, 钱丽丽, 王俊彤. 工程认证背景下“食品微生物实验”课程改革探索[J]. 农产品加工, 2022(19): 111-113.
WANG K, TANG YJ, CHI XX, QIAN LL, WANG JT. Exploration of Food Microbiology Experimental curriculum reform under the background of engineering certification[J]. Farm Products Processing, 2022(19): 111-113 (in Chinese).
- [4] 高莉, 李琴琴, 赵英虎, 张建忠. 基于应用技术型人才培养模式下的环境微生物学教学改革探索[J]. 微生物学通报, 2017, 44(11): 2748-2754.
GAO L, LI QQ, ZHAO YH, ZHANG JZ. Reform of Environmental Microbiology education based on training talents for applied technology[J]. Microbiology China, 2017, 44(11): 2748-2754 (in Chinese).
- [5] 李秀婷. 食品微生物学实验技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2020.
LI XT. Experimental Technology of Food Microbiology[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2020 (in Chinese).
- [6] 邵金华, 廖阳, 余响华, 张永, 朱智勇. 基于应用型人才培养的微生物学实验教学的改革与探索[J]. 微生物学杂志, 2021, 41(2): 123-128.
SHAO JH, LIAO Y, YU XH, ZHANG Y, ZHU ZY. Reform and exploration of microbiology experimental teaching based on the application-oriented talent cultivation[J]. Journal of Microbiology, 2021, 41(2): 123-128 (in Chinese).
- [7] 左小炫, 汤兴丽, 台立, 陈京. 超星学习通在医学微生物实验教学中的应用[J]. 科技视界, 2021(6): 124-125.
ZUO XX, TANG XL, TAI L, CHEN J. Application of superstar learning communication in Medical Microbiology Experiment teaching[J]. Science & Technology Vision, 2021(6): 124-125 (in Chinese).
- [8] 黄桂东, 黄雯丽, 欧晓倩, 钟先锋. 食品微生物学教学改革探索[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(7): 226-227, 230.
HUANG GD, HUANG WL, OU XQ, ZHONG XF. Exploration on teaching reform of Food Microbiology[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2018, 46(7): 226-227, 230 (in Chinese).
- [9] 曲均革, 黄贝贝, 龙正海, 纪其雄. PBL 教学在高职院校食品微生物课程中的应用[J]. 微生物学通报, 2011, 38(7): 1106-1111.
QU JG, HUANG BB, LONG ZH, JI QX. Application of problem-based learning in Food Microbiology in higher vocational school[J]. Microbiology China, 2011, 38(7): 1106-1111 (in Chinese).
- [10] 廖洁丹, 赵孟孟, 刘昊, 陈胜锋, 付强. 基于 KoPa Wi-Fi EDU 显微数码互动系统在微生物实验的教学改革[J]. 科技风, 2023(18): 37-39.
LIAO JD, ZHAO MM, LIU H, CHEN SF, FU Q. Teaching reform of microbiological experiment based on KoPa Wi-Fi EDU micrographic digital interactive system[J]. Technology Wind, 2023(18): 37-39 (in Chinese).
- [11] 王小丽, 钟有添, 谢琼琚. 实验教学改革条件下医学微生物学实验考核评价体系的构建与实践[J]. 微生物学通报, 2012, 39(12): 1817-1824.
WANG XL, ZHONG YT, XIE QJ. Establishment and implementation of the experimental evaluation system of medical microbiology[J]. Microbiology China, 2012, 39(12): 1817-1824 (in Chinese).