

国家一流本科专业建设背景下的“食品微生物学实验”课程改革探索

谷益安, 黄巍巍*, 徐虹

南京工业大学食品与轻工学院, 江苏 南京 211816

谷益安, 黄巍巍, 徐虹. 国家一流本科专业建设背景下的“食品微生物学实验”课程改革探索[J]. 微生物学通报, 2024, 51(4): 1079-1087.

GU Yi'an, HUANG Weiwei, XU Hong. Teaching exploration of Experiments in Food Microbiology under the background of national first-class undergraduate specialty construction[J]. Microbiology China, 2024, 51(4): 1079-1087.

摘要: 根据国家一流本科专业人才培养目标, 针对传统食品微生物学实验教学中存在的教学内容缺乏探究性实验、教学方式忽略学生主体地位、缺乏过程性考核体系等问题, 引入了基础技能学习与探究性实验相结合的3个模块共8个单元的教学内容, “线上+线下”混合式教学方式及单元、模块、实操3个层次的过程性考核制度。实现了课程教学在深度和广度上的提升, 促进了个性化学习。本文介绍了课程体系的建设内容, 并结合教学实践对改革过程中存在的挑战进行了分析, 借以推动国家一流本科专业建设, 培养食品学科优秀人才。

关键词: 食品微生物学实验; 国家一流本科专业; 教学改革; 探究性实验; 过程性考核

Teaching exploration of Experiments in Food Microbiology under the background of national first-class undergraduate specialty construction

GU Yi'an, HUANG Weiwei*, XU Hong

College of Food Science and Light Industry, Nanjing Tech University, Nanjing 211816, Jiangsu, China

Abstract: The traditional teaching of Experiments in Food Microbiology have problems such as the lack of inquiry experiments in teaching content, the neglect of student subjectivity in teaching methods, and the lack of process assessment. In view of these problems and according

资助项目: 食品科学与工程国家本科一流专业建设点项目(2020)

This work was supported by the National First-class Undergraduate Professional Construction Point in Food Science and Engineering (2020).

*Corresponding author. E-mail: huangweiwei@njtech.edu.cn

Received: 2023-08-13; Accepted: 2023-10-05; Published online: 2023-11-10

to the cultivation objectives of national first-class undergraduate specialty, we organized the teaching content involving 3 modules with a total of 8 units combining basic skill learning and inquiry experiments, established an “online + offline” mixed teaching method, and introduced a process assessment method at three levels of units, modules, and practical operations. This teaching reform has improved the depth and breadth of the course and promoted personalized learning. This paper introduces the reform of teaching system for Experiments in Food Microbiology and analyzes the challenges in the reform based on teaching practice, aiming to promote the construction of first-class undergraduate specialty and cultivate outstanding talents in food science.

Keywords: Experiments in Food Microbiology; national first-class undergraduate specialty; teaching reform; inquiry experiment; process assessment

本科专业建设对创新型人才的培养至关重要。一流专业建设发力点在课程建设,革新课程建设理念、推进课程改革创新势在必行^[1]。我校于2000年设立食品科学与工程专业,并于2020年入选国家一流本科专业建设点。“食品微生物学实验”是食品科学与工程专业必修基础实验课之一,是培养学生实验操作技能的重要环节,也是架设在微生物学理论与实践之间的一座桥梁,对培养具备科学探究能力的创新型人才具有重要意义。

从教学内容看,传统食品微生物学实验多为验证性实验而缺乏探究性实验^[2]。验证性实验是学生在已知理论知识的基础上,通过观察和实验操作巩固理论知识并掌握实验技能。验证性实验的结果在学生预期之中,虽然有助于标准化实验技能的培养,但不利于学生主动思考并打破习惯性思维模式。从教学方式看,传统实验教学忽视了学生的主体地位,即由教师准备好实验材料并完成预实验,然后由教师讲授原理并演示实验操作,最后才是学生实际动手操作,束缚了学生的创造性思维,无法充分激发他们的学习热情和积极性。从考核方式上看,传统实验教学忽视了对实验过程的考核,常通过选取一个实验项目考评学生的操作技能,不足以科学地评

价学生对整门实验课知识和技能的掌握情况。

以学生为主体、以产出为导向是国家一流本科专业建设的潮流和基本要求,因此我们针对“食品微生物学实验”课程中存在的突出问题对教学内容和考核体系进行了改革和探索,取得了明显效果。本文总结了相关经验,并对改革效果和改革过程中存在的挑战进行了分析,希望通过与同行的交流和讨论,为推动我国微生物学实验课程建设、提升人才培养质量提供有益的借鉴。

1 实验教学设计 with 实施

我校食品微生物学实验课在第二学年的第二学期开设,在理论课开始后的第5周开展实验课。共32课时,计2学分。采用基础技能学习与探究性实验相结合的课程体系,并应用“线上+线下”混合式教学模式。

1.1 基础技能学习与探究性实验相结合

食品微生物学实验教学内容采用模块化设计,设置标准操作技能培养、食品功能细菌的筛选与鉴定、食品中细菌和大肠杆菌总量测定3个内容模块(图1),模块一、二均含3个单元,模块三含2个单元,共计8个单元,每个单元4课时。

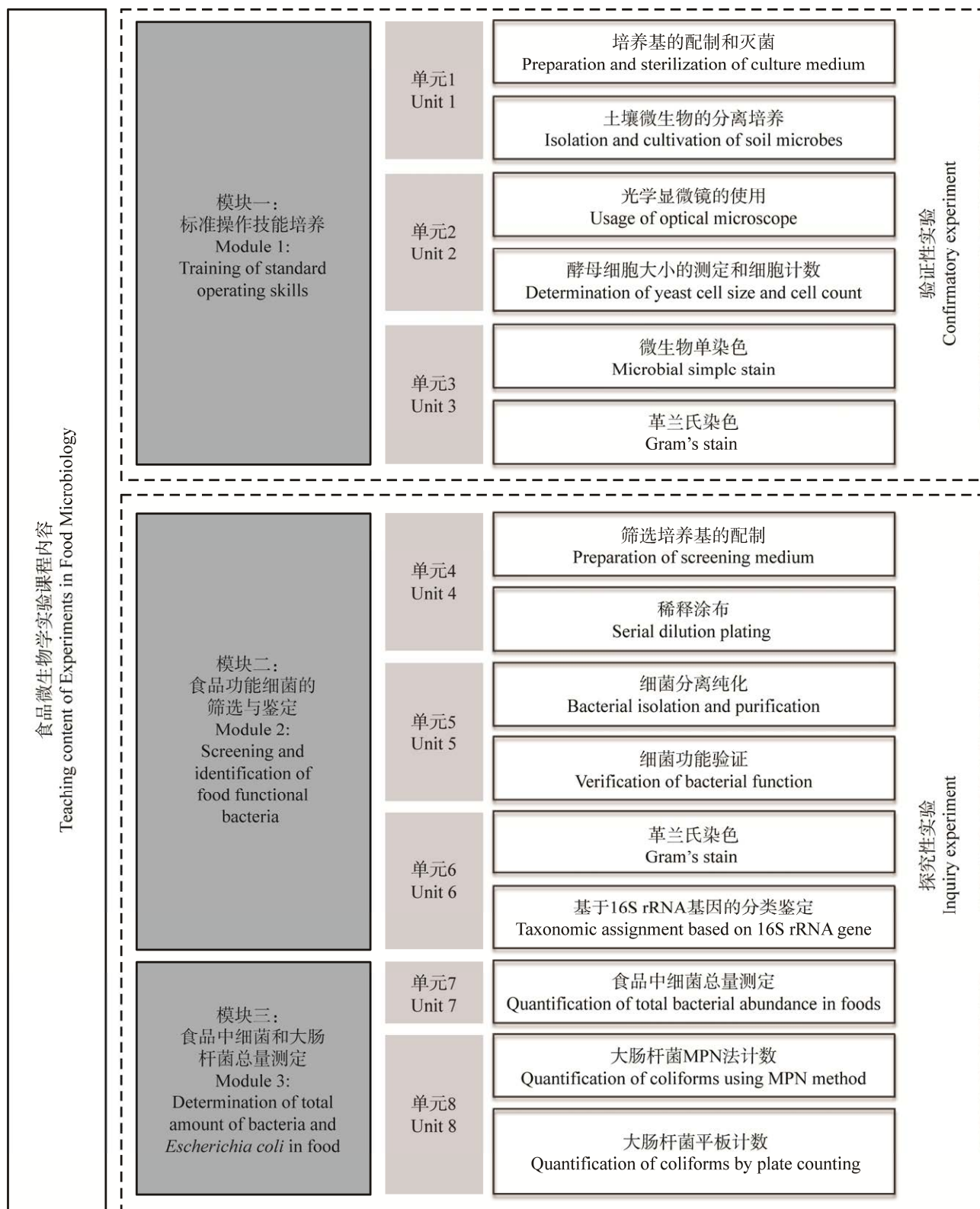


图 1 验证性实验与探究性实验相结合的模块化课程内容

Figure 1 Modular teaching content combining confirmatory and inquiry experiments.

模块一为标准操作技能培养,采用验证性实验着重培养学生良好的操作习惯并为后期探究性实验打下基础。单元1为培养基的制备和高压蒸汽灭菌,以及土壤微生物的分离培养;单元2使用光学显微镜观察单元1中分离的微生物,测定酵母细胞的大小并利用血球计数板对酵母细胞进行计数;单元3对单元1分离的细菌进行单染色和革兰氏染色。

模块二为食品功能细菌的筛选与鉴定,学生可根据自己的兴趣选择环境样品并针对特定功能细菌(如色素、防腐剂、淀粉酶等分泌菌株)进行分离、纯化和鉴定。该模块为探究性实验,首先由教师介绍课题方向并指出共性实验技术和注意事项等,然后以小组(4-5人一组)为单位查阅文献、经讨论确定目标功能微生物(各小组选题要有所区别),根据参考文献设计实验方案、明确成员分工和日程安排,实验方案经老师审阅无误后开展实验,实验期间微生物实验室全程开放。单元4为学生配制筛选培养基并选择可能含有功能菌株的环境样品进行稀释涂布,单元5为挑取具有适当表型(如水解圈、菌株颜色、抑菌圈等)的菌株进行平板划线纯化并对纯化菌株功能进行验证,单元6为选取平板表型最优的菌株进行革兰氏染色、16S rRNA基因扩增、序列比对和系统发育树构建。

细菌和大肠杆菌总量是食品卫生的重要指标,模块三设置为食品中细菌和大肠杆菌总量测定,学生可自选实验样品,如不同食品或不同存放时间的同一种食品。单元7为食品中细菌总量测定,测定步骤依照食品安全国家标准^[3],单元8为食品中大肠杆菌总量测定,测定方法采用大肠杆菌最大可能数(most probable number, MPN)计数法和平板计数法,测定步骤依照食品安全国家标准^[4]。

1.2 “线上+线下”混合式教学的应用

食品微生物学实验要求严格遵守操作规程,注意事项较多,教师课程上将大部分时间用于实验步骤和注意事项讲解,但因为教师少、学生小组多,无法实现一对一针对性指导,对于初窥门径的大学生来说,依靠传统实验教学有限的课堂时间不足以完全掌握操作技能。因此,我们在教学活动中引入了“线上+线下”混合式教学。

对于验证性实验,课前教师通过“学习通”和“爱课堂”等软件推送中国大学慕课视频资源及课程课件,学生结合二者进行预习并反馈疑问。课上教师针对课前反馈的疑问进行针对性讲解,并利用“学习通”和“雨课堂”等平台进行签到和答题。课后教师发表线上讨论话题,搭建学生与教师间及学生与学生间的答疑解惑平台,鼓励学生绘制思维导图并在谈论组展示,从而更好地巩固知识。

对于探究性实验,学生在每个模块开始前通过“学习通”和“爱课堂”上传实验计划、人员分工和参考文献,由教师线上批阅无误后方可进行实验。同时,为方便教师和学生及时交流实验进展,线上讨论话题在探究性实验期间全程开启,教师根据线上讨论内容进行线下指导。另外,探究性实验期间学生开展实验的时间是不定期的,教师的监察力度较小。据此,我们组织每组学生录制3-5个长度在5 min左右微视频并在线上对教学班进行分享,用于记录实验参与人员、实验器具、操作过程、关键注意事项、实验结果甚至是实验中的趣事和失误。学生可以通过旁白、特写、快慢镜头、特效等方式突出重点。微视频有助于教师及时纠正学生错误,还可以作为过程材料客观公正地评价学生的实验参与度及操作技能,此外,观看微视频推动学生充分利用碎片化时间学习^[5],还

可提升课程的趣味性，有助于激发学生学习积极性。

2 加强课程过程考核

基于食品微生物学实验基础技能学习与探究性实验相结合的实验内容及“线上+线下”混合式教学模式，我们构建了单元、模块和实操3个层面的过程性考核体系(图2)。

2.1 单元考试

单元考试采用线上方式进行，在“学习通”平台建立题库，为减少学生负担、提高效率仅设置判断题和选择题。每个单元实验课程结束后系统随机选择5-8题供学生在15min内作答，系统自动打分。为促进学生全程参与、及

时答题，前一单元题目作答完毕后才可进行下一单元题目作答。题目涉及实验原理、操作步骤和操作规范，如培养基、染色剂、目镜、物镜等实验器具的选择，以及酵母细胞数量计算等，同时包括实验错误原因分析题，如稀释涂布菌落分布不均匀、梯度稀释涂布平板菌落数不呈倍数关系、阳性菌经革兰氏染色呈红色、16S rRNA 基因未成功扩增、基因测序结果出现双峰等。8个单元考试共占总分数的20%。

2.2 模块考试

食品微生物学实验共3个模块。模块一通过验证性实验培养学生的规范实验操作能力，采用传统实验报告进行考核，报告内容包括实验目的、实验内容和原理、实验仪器设备、实

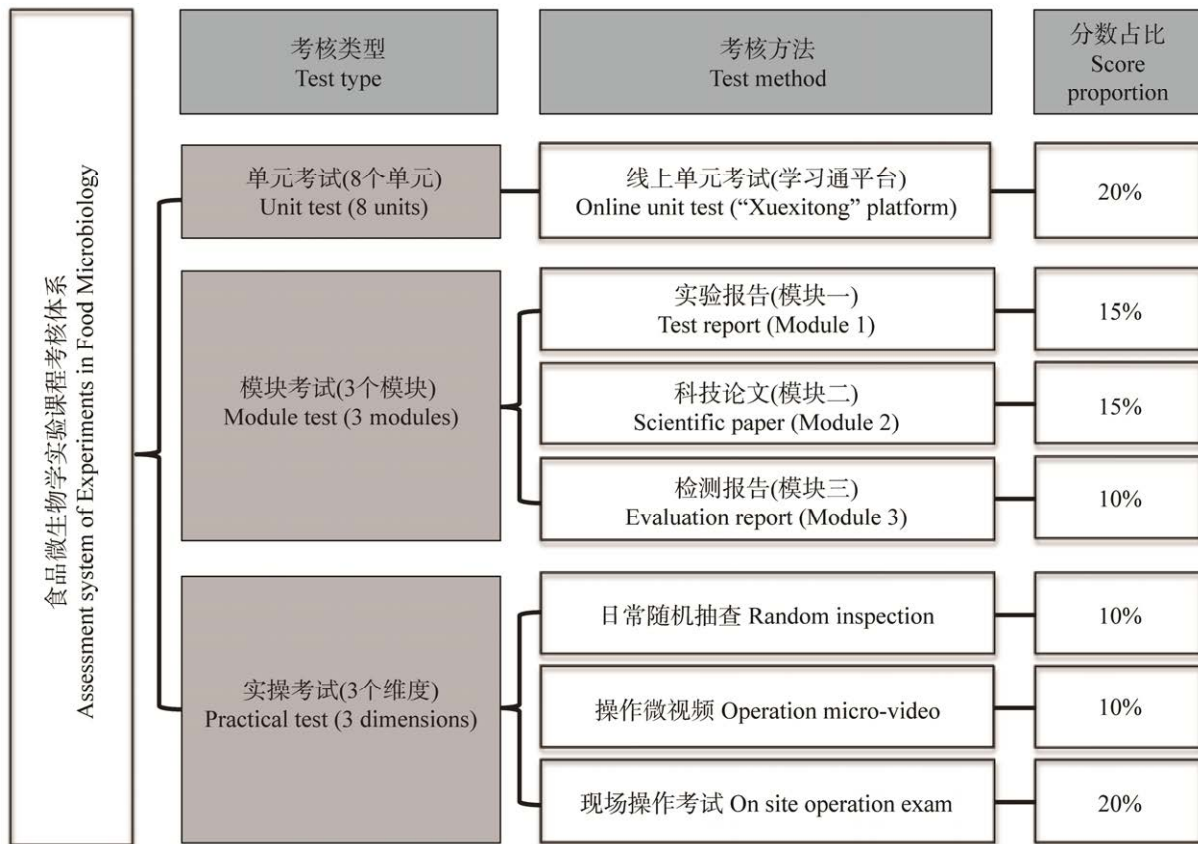


图2 基于单元、模块和实操三个层次的过程性考核体系

Figure 2 Process assessment system at three levels of units, modules, and practical operations.

验步骤、实验结果、思考与讨论,模块一实验报告占总成绩的15%。模块二是“食品功能细菌的筛选与鉴定”,为探究性实验,需要学生通过查阅文献确定选题、设计实验方案并实施实验。该模块是一个小型研究课题,适宜通过科技论文开展考核。科技论文评分要点包括:摘要、引言、材料与方法、结果与分析等要素完整性,格式规范性,结果呈现科学性,图表美观性,统计分析正确性,选题是否有理论和应用价值,研究背景逻辑关系是否陈述清楚,是否立足文献信息对研究结果进行合理讨论,以及图表和参考文献是否正确引用等。内容雷同或照搬发表文献内容的论文判为不合格。此外,探究性实验不同于验证性实验,研究结果具有非常大的不确定性^[6],如2022年部分小组虽然参照文献采集或购置了筛选菌种的样品,但是因为样品中特定功能菌株丰度低,尽管学生操作规范且反复通过稀释涂布分离纯化微生物,仍未获得平板效果明显的目标菌株。因此,对于该类实验,学生若能对实验结果做出科学解释,并对后续研究提出合理改进方案,仍应给予较高的分数。模块二科技论文占总成绩的15%。模块三为“食品中细菌和大肠杆菌总量的测定”,该实验是食品卫生检验的重要方式,参考国家食品质量监督检验中心的检测报告模板设计检测报告,要求学生填写数据记录表,并附菌落平板照片和数据结果图,使学生掌握出具标准检验报告的程序,提升标准化意识。模块三检测报告占总成绩的10%。

2.3 实操考试

微生物学实验目的是培养学生的实践操作技能^[7],对此,我们设计了3个维度的实操考试。第一维度是日常随机抽查,占总分的10%。验证性实验中,教师课上示范实验操作后,教

师随堂检查、及时纠正错误操作,教师指出错误仍未能改正的相应扣分;探究性实验中,教师定期、不定期到实验室指导学生实验,操作错误、不积极参与实验、不注意实验安全和实验室卫生情况的做减分处理。第二维度是操作微视频,占总成绩的10%。评价指标包括微视频重点是否突出、难点是否解释清楚、操作演示是否规范、小组成员分工是否合理、是否在学生间引起强烈反响、时间是否过长、影音是否同步等。第三维度是期末操作考试,占总分的20%。基于教学内容中的8个操作单元建立操作考试题库,包括显微镜观察细菌形态、细菌革兰氏染色、培养基配制、稀释涂布、三角瓶和试管等器皿包扎与灭菌、PCR扩增、酵母细胞计数、大肠杆菌的鉴别等。学生随机抽取两个实验进行现场操作,教师现场打分。

3 实施效果

课程建设以持续改进为基本理念^[8]。近两年学生无记名问卷(134人)结果显示,77.6%的学生通过“学习通”或中国大学慕课全程预习了实验内容,这同样也体现在课堂表现中,学生预习后有明确的关注点,而不是像以往一样在实际操作时无从下手,每个小组(4-5人一组)中平均有3人参与了线上预习并辐射带动了小组其他学生规范操作。尽管如此,仍有较高比例的学生(22.4%)未在线上全程参与预习,说明课前线上预习对学生自律性要求较高,后续可考虑将线上预习参与度纳入考核体系中;89.5%的学生认为课程内容有较好的深度和广度,促进培养学生勇于创新的精神;92.5%的学生认为课程教学方式较好地促进了探究式与个性化学习;82.8%的学生认为实验课程考核方式客观、全面,对于掌握实验技能大有裨益(图3)。

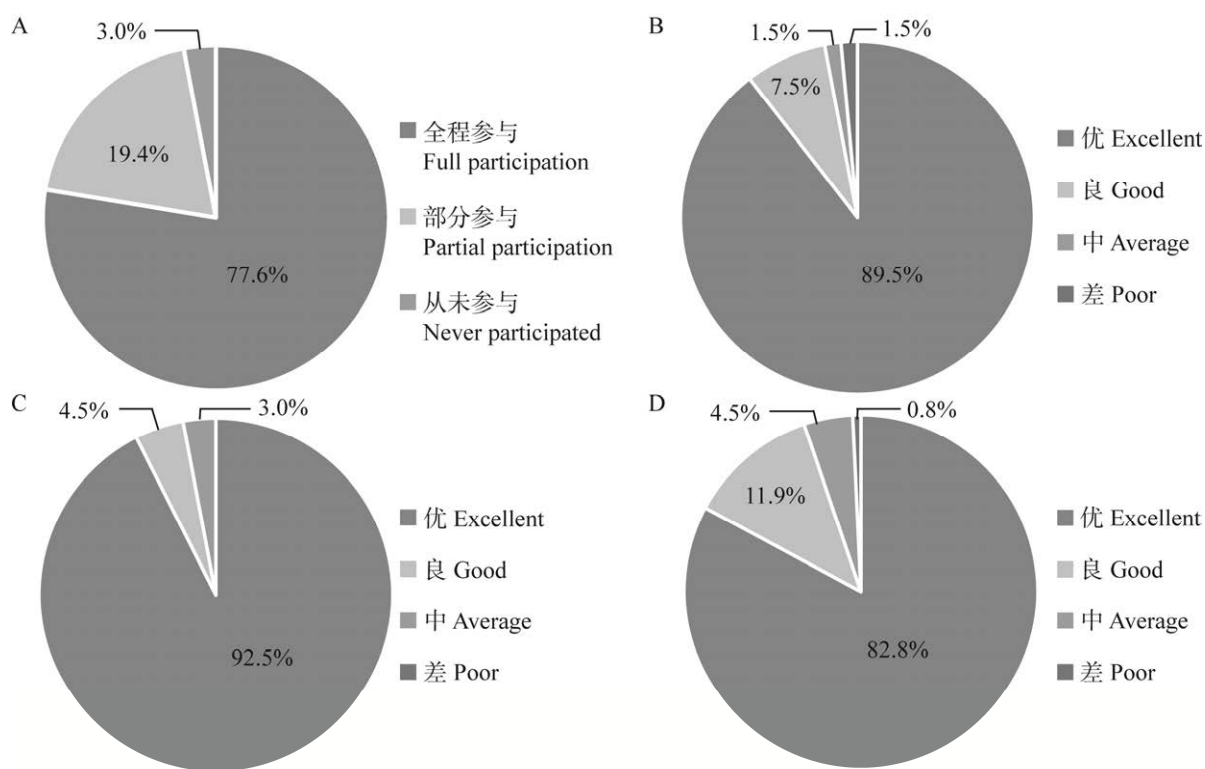


图3 课程改革实施效果 A: 学生是否线上预习实验内容. B: 课程内容深度、广度及对创新精神的培养. C: 课程对探究式与个性化学习的培养. D: 课程考核方式是否客观全面并有助于实验技能的培养
Figure 3 Implementation effect of teaching reform. A: Whether students preview the content of experiment online. B: The depth and breadth of teaching content and the cultivation of innovative spirit. C: The cultivation of exploratory and personalized learning in the curriculum. D: Whether the course assessment method objective, comprehensive, and conducive to the development of experimental skills.

4 教学挑战

4.1 对学生自觉性和积极性的挑战

食品微生物学实验课在第二学年开设,大二学生实验基础普遍较差,甚至在教师多次演示后仍有部分学生不能正确使用超净台、移液器、接种环等常规器具,因此需要学生课前利用中国大学慕课等线上资源自觉预习,带着目的上课,这样才能有效参与课堂实验。此外,微生物实验是以小组为单位的,小组成员间需合理分工、互相帮助,因而需要学生发扬团队精神、积极沟通。

验证性实验结果可预料,而且由教师事先配制好试剂、调校好设备并做好预实验,因此即使是刚入门的大学生其实验依然容易成功。为提升高阶性,我们在验证性实验的基础上引入探究性实验,验证性实验过程衔接紧密,若中间某一环节出现问题,可能造成一步错步步错,最终导致实验失败,继而引发学生的挫败感。另外,在探究性实验中,教师的监察力度较小,不一定能及时发现问题。因此需要学生一方面通过验证性实验熟练掌握微生物学基础操作,另一方面需要及时主动地与教师做好沟通,方能查漏补缺。此外,探究性实验以科技

论文为考核方式, 根据经验看, 大二学生科技论文写作能力尚薄弱, 论文问题不一而足, 而科技论文由学生课下完成, 缺乏教师引导, 因此学生自觉与教师沟通十分重要。微视频是学生与教师间的重要沟通手段, 也是课程过程性考核的重要途径, 但是制作微视频需要学生学习微视频制作方面的知识和技能, 掌握视频制作软件操作方式, 这对于普遍具有惰性的学生来说仍具有挑战性。

4.2 对教师教育科研素养的挑战

以学生为主体并不能否认教师的指导地位^[9]。食品微生物学实验 8 个课程单元中有 5 个单元为探究性实验, 同时为了充分激发学生的学习兴趣, 各小组选题不同, 这就需要教师对所有小组的课题背景、研究现状、研究手段以及可能出现的问题有所了解, 从而对各小组提交的实验方案可行性进行合理评估。此外, 当学生实验遇到瓶颈时需要教师与学生充分有效地沟通, 并提出针对性、建设性的意见, 促进实验顺利进行, 否则接近两年经验看许多小组无法取得预期结果。混合教学模式下, 电脑、手机等工具以及学习通、中国大学慕课、QQ、微信等平台都成为教学工具, 学生把实验过程和结果的视频、图片分享到网络平台, 教师需要分析并加以指导, 有时还需要与其他教师商讨。学生的问题是具体、琐碎和不定时的, 需要教师及时分析和反馈, 因此对教师素质和教育素养具有挑战性。

5 展望

根据国家一流本科专业人才培养目标, 我们通过引入基础技能学习与探究性实验相结合的教学内容、“线上+线下”混合式教学方式及过程性考核体系, 提高了学生的学习兴趣及分析问题、解决问题的能力。今后我们将继续针对

食品微生物学实验课程中存在的问题进行更深层次的改革探索, 尤其是将成果导向教育 (outcome based education, OBE) 理念运用到教学实践当中^[10-11], 基于反向设计原则结合毕业要求进一步明确课程目标, 进而修订大纲和创新教学模式, 最后评价达成度并用于课程的持续改进^[12], 借以培养卓越工程人才, 更好地支撑我校食品科学与工程专业国家一流本科专业建设点验收工作, 并为相关高校提供借鉴。

REFERENCES

- [1] 刘辉, 朱汉祎, 佟矿. 一流本科专业建设: 主要原则、基本思路及关键路径[J]. 高教学刊, 2023(6): 34-38.
LIU H, ZHU HY, TONG K. Construction of first-class undergraduate majors: main principles, basic ideas, and critical paths[J]. Journal of Higher Education, 2023(6): 34-38 (in Chinese).
- [2] 田洪涛, 贾英民, 张柏林, 檀建新, 马雯. 食品微生物学实验课教学改革初探[J]. 微生物学通报, 2002, 29(3): 102-104.
TIAN HT, JIA YM, ZHANG BL, TAN JX, MA W. Preliminary exploration of the teaching reforms of food microbiology experiment course[J]. Microbiology China, 2002, 29(3): 102-104 (in Chinese).
- [3] 国家卫生健康委员会, 国家市场监督管理总局. 食品安全国家标准 食品微生物学检验: 菌落总数测定: GB 4789.2—2022[S]. 北京: 中国标准出版社, 2022.
National Health Commission, State Administration for Market Regulation. National food safety standard—Microbiological examination of food: aerobic plate count: GB 4789.2—2022[S]. Beijing: Standards Press of China, 2022 (in Chinese).
- [4] 国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品微生物学检验 大肠菌群计数: GB 4789.3—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
National Health and Family Planning Commission, China Food and Drug Administration. National food safety standard—Food microbiological examination: enumeration of coliforms: GB 4789.3—2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016 (in Chinese).
- [5] 贾彩凤, 张美玲, 姜雪. 微视频资源在微生物学实验教学中的应用[J]. 微生物学通报, 2021, 48(11): 4444-4449.

- JIA CF, ZHANG ML, JIANG X. Application of micro-video source in Microbiology Experiment teaching[J]. *Microbiology China*, 2021, 48(11): 4444-4449 (in Chinese).
- [6] 何伟, 刘中华, 贾永, 张石柱, 韩管助, 许凯, 戴亦军, 袁生. 综合性、研究型微生物学实验课的过程性考核[J]. *微生物学通报*, 2020, 47(4): 1218-1223.
HE W, LIU ZH, JIA Y, ZHANG SZ, HAN GZ, XU K, DAI YJ, YUAN S. Procedural assessment of the comprehensive and research-oriented Microbiology Experiment course[J]. *Microbiology China*, 2020, 47(4): 1218-1223 (in Chinese).
- [7] 杨成, 刘辉. 医学微生物学实验教改及其考核制度的构建[J]. *生物学杂志*, 2016, 33(4): 124-125, 129.
YANG C, LIU H. Reform and establishment of the experiment evaluation system of medical microbiology[J]. *Journal of Biology*, 2016, 33(4): 124-125, 129 (in Chinese).
- [8] 梁宏亮, 艾美伶. 专业认证视域下师范生师德培育的生成逻辑、现实审思和实践进路[J]. *教师教育研究*, 2023, 35(2): 15-21.
LIANG HL, AI ML. The generative logic, realistic thinking and practical approach to the cultivation of normal university students in the perspective of professional certification[J]. *Teacher Education Research*, 2023, 35(2): 15-21 (in Chinese).
- [9] 金志远, 郑亚力. “主导与主体”关系视域下的项目化学习论析[J]. *教育科学研究*, 2021(6): 60-65.
JIN ZY, ZHENG YL. On project-based learning from the perspective of the relationship between “dominance and subjectivity”[J]. *Educational Science Research*, 2021(6): 60-65 (in Chinese).
- [10] 梅运军, 黄岚, 胡纯, 胡文云, 张顺喜, 刘骏. 成果导向教育理念(OBE)下的环境工程微生物学课程教学改革与实践[J]. *微生物学通报*, 2018, 45(3): 609-615.
MEI YJ, HUANG L, HU C, HU WY, ZHANG SX, LIU J. The teaching reform and practice of Environmental Engineering Microbiology under the outcome-based education concept[J]. *Microbiology China*, 2018, 45(3): 609-615 (in Chinese).
- [11] 王春苗, 卢致民, 张秀昌, 王燕, 李小俊. 基于成果导向教育理念的“病原生物学”课程教学改革探索与实践[J]. *微生物学通报*, 2022, 49(4): 1397-1406.
WANG CM, LU ZM, ZHANG XC, WANG Y, LI XJ. Exploration and practice of the teaching reform based on OBE concept in Pathogen Biology[J]. *Microbiology China*, 2022, 49(4): 1397-1406 (in Chinese).
- [12] 徐爱玲, 唐敬超, 张焕云, 孙英杰, 宋志文. 国际工程教育认证下基于成果导向教育(OBE)理念重构闭环式环境工程微生物学课程教学[J]. *微生物学通报*, 2021, 48(2): 648-658.
XU AL, TANG JC, ZHANG HY, SUN YJ, SONG ZW. Reconstruct the closed-loop Environmental Engineering Microbiology based on the outcome based education under professional certification in engineering education[J]. *Microbiology China*, 2021, 48(2): 648-658 (in Chinese).