

# 地方高校微生物学实验课程“123+2n”教学改革 创新体系的构建与实践

张素玮, 王毅, 俞建民\*, 张卫兵

甘肃农业大学食品科学与工程学院, 甘肃 兰州 730070

张素玮, 王毅, 俞建民, 张卫兵. 地方高校微生物学实验课程“123+2n”教学改革创新体系的构建与实践[J]. 微生物学通报, 2024, 51(5): 1784-1797.

ZHANG Wenwei, WANG Yi, YUN Jianmin, ZHANG Weibing. Building and practice of the “123+2n” system for teaching reform and innovation of Microbiology Experiment in local universities[J]. Microbiology China, 2024, 51(5): 1784-1797.

**摘要:** 微生物学实验是高等院校生命科学、食品科学等多个学科专业重要的学科基础课程, 具有很强的实践性和应用性, 在生物类创新人才培养过程中发挥着重要作用。基于当前地方高校微生物学实验课程存在的教师满堂灌、内容单一、学生参与度不高、考核方式不科学等突出问题以及工程认证和一流课程建设的要求, 本教学团队建立了“123+2n”教学改革创新体系, 从教学理念、教学内容、教学方法、考核方式和评价方法等方面进行了改革创新, 旨在激发学生的学习热情, 发挥学生的主观能动性, 提高学生的创新意识和工程实践能力, 实现“价值塑造、知识传授和能力培养”三位一体的教学目标。经过实践, 学生学习兴趣、分析解决问题及创新能力显著提升, 这一新型的教学改革创新体系可为当前地方高校实验课程的教学改革提供参考。

**关键词:** 微生物学实验; 实验教学; 教学改革; 创新体系

资助项目: 甘肃省一流本科专业建设项目(2022-02); 甘肃农业大学校级课程思政示范课程(微生物学-2021)

This work was supported by the Gansu Province First Class Undergraduate Major Construction Project (2022-02), and the Ideological and Political Demonstration Course of Gansu Agricultural University (Microbiology-2021).

\*Corresponding author. E-mail: yunjianmin@gsau.edu.cn

Received: 2023-12-04; Accepted: 2024-01-15; Published online: 2024-03-22

# Building and practice of the “123+2n” system for teaching reform and innovation of Microbiology Experiment in local universities

ZHANG Wenwei, WANG Yi, YUN Jianmin<sup>\*</sup>, ZHANG Weibing

College of Food Science and Engineering, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, Gansu, China

**Abstract:** Microbiology Experiment is a foundation course for life sciences, food sciences, and other disciplines in colleges and universities. With strong practicality and applicability, this course plays an important role in the cultivation of innovative talents in biology. The current teaching of Microbiology Experiment in local universities face problems such as cramming teaching, dull content, low participation of students, and unreasonable assessment methods. Considering these problems and the requirements of engineering certification and first-class course initiative, we established a “123+2n” system for teaching reform and innovation. This system includes innovative reform of the teaching concept, teaching content, teaching methods, assessment methods, and evaluation methods. It aims to stimulate students’ enthusiasm for learning, unleash their subjective initiative, and improve their innovation awareness and engineering practice ability, achieving the teaching goals of value shaping, knowledge impartment, and competence training. The results showed that this system significantly improved students’ interest in learning, problem-solving abilities, and innovation abilities. This new system can provide reference for the teaching reform of experimental courses in local universities.

**Keywords:** Microbiology Experiment; teaching of experiment; teaching reform; innovation system

随着信息技术和现代生物技术的迅速发展, 社会对生物类人才的需求已经发生了转变, 国家对当代高校生物类人才创新实践能力的培养提出了新的要求, 作为高校创新人才培养的核心载体, 课程的教学改革显得尤为重要。为此, 很多高校进行了课程教学改革, 如引入“三位一体”育人理念<sup>[1]</sup>、“一链三融, 践行创新”线上线下混合模式<sup>[2]</sup>、成果导向教育(outcome-based education, OBE)理念的综合实验教学模式<sup>[3]</sup>以及任务驱动教学法<sup>[4]</sup>等。甘肃农业大学高度重视教育教学改革, 全面修订了《本科专业人才培养方案》, 鼓励教师对教学内容进行改革。微生物学实验课程是我国高等院校生命科学、食品科学本科专业的核心课程, 具有极强

的实践性和应用性, 我校生物工程专业微生物学实验课程共 32 学时, 首次开设于 2001 年, 2014 年被评为校级精品课程, 2018 年荣获校级优秀教学团队。通过微生物学实验课程的教学, 使学生掌握研究与应用微生物的基本方法与技术, 加强对微生物形态、结构、特征的认识, 训练科学的实验方法和实验技能, 提高分析问题和解决问题的能力, 锻造严谨治学、追求真理等精神, 树立生物安全、健康生态等意识, 培养社会责任感、爱国情操等情怀, 着力培养学生的创新思辨、自主探究、理论联系实践、工程实践能力。

基于工程认证及教育部《关于一流本科课程建设的实施意见》要求以目标产出为导向并

不断持续改进的机制进行人才培养,其中课程是人才培养的核心要素,课程质量直接决定人才培养质量<sup>[5]</sup>。传统的微生物学实验课程教学中存在一些亟待解决的突出问题,实验内容设置过于单一,实验项目之间缺乏连贯性,主要以验证性实验占大多数,探究性、综合性实验缺乏,不利于学生创新能力、应用能力及学习兴趣的提高;教学模式以教师为中心,满堂灌式地讲解,学生参照实验步骤去操作,被动接受参与度不高,缺乏独立思考的过程,大大限制了学生学习的积极性和主动性;考核方式单一,教师根据学生的出勤以及实验报告中实验结果的好坏、书写质量给成绩,忽视了对学生实验操作技能和综合实验能力的考核,不能有效反映学生的真实水平,不利于学生创新思维和实践能力的培养。因此,本教学团队建立了微生物学实验课程“123+2n”教学改革创新体系,从教学理念、教学内容、教学方法、考核方式和评价方法等方面进行了改革创新,旨在激发学生的学习热情,发挥学生的主观能动性和积极性,提高学生的创新意识和工程实践能力,以期实现“价值塑造、知识传授和能力培养”这3个维度的教学目标,为微生物实验课程的教学改革提供参考与借鉴。

## 1 “123+2n”教学改革创新体系和实施

微生物学实验课程“123+2n”教学改革创新体系(图1)的内容包括:(1)引入“以学生为中心,成果为导向”的工程教育专业认证理念,“1”表示“以学生为中心,成果为导向”的教学理念;(2)将“思政元素”融入教学过程,大力推行“科研‘反哺’教学”保证教学内容紧跟学科前沿,“2”表示“课程融合思政”“科研‘反哺’教学”的两种

新型教学模式;(3)积极探索“问题引入结合工程案例、理论结合实践、线上结合线下”的教学手段,“3”表示“问题引入结合工程案例”“理论结合实践”“线上结合线下教学”的3种教学方法创新;(4)尝试多元化考核和多方位评价等考核模式创新,“2n”表示“过程性、多元化”的考核方式和“过程性、多方位”的评价方式。课程团队基于“123+2n”教学改革创新体系对微生物学实验课程进行教学改革(图2)。

### 1.1 以学生为中心,成果为导向,转换教育理念

传统的教育理念是教师占据主导,注重讲解实验原理和实验步骤、仪器使用方法以及注意事项等,忽略了学生的课堂体验,学生听课然后照搬教师的实验操作步骤,使得学生学习兴趣降低、参与度不高,不能学以致用、与实践脱节,不能有效分析和解决问题,而且很容易造成一些学生在课堂上抱着依赖他人、得过且过的态度。此外,教师在课程内容的设置中未完全考虑到学生能力的培养,基础性、验证性实验较多,缺少探究性、综合性实验,对学生自主探究、创新思维、实验设计能力培养较为欠缺;课程评价考核方式简单,不易反映出学生的真实水平。为此,教学团队转换教学理念,以学生为中心。首先修订了教学大纲,精减了基础性实验,增加了探究性、综合性、设计性实验的比例,以激发学生的求知欲,培养学生的创造性思维,例如,食品中微生物菌落总数的测定及各种发酵、腌制型食品(乳酪、泡菜、火腿等)中大肠菌群测定等;其次,利用线上结合线下开展混合式教学,丰富学习资源,提高学生学习兴趣及学习效率;再者,结合翻转课堂,实验交给学生自主查阅文献、自主设计,通过与教师交流、讨论、修改、完善实验设计,以小组形式完成实验并进行汇报和交流,

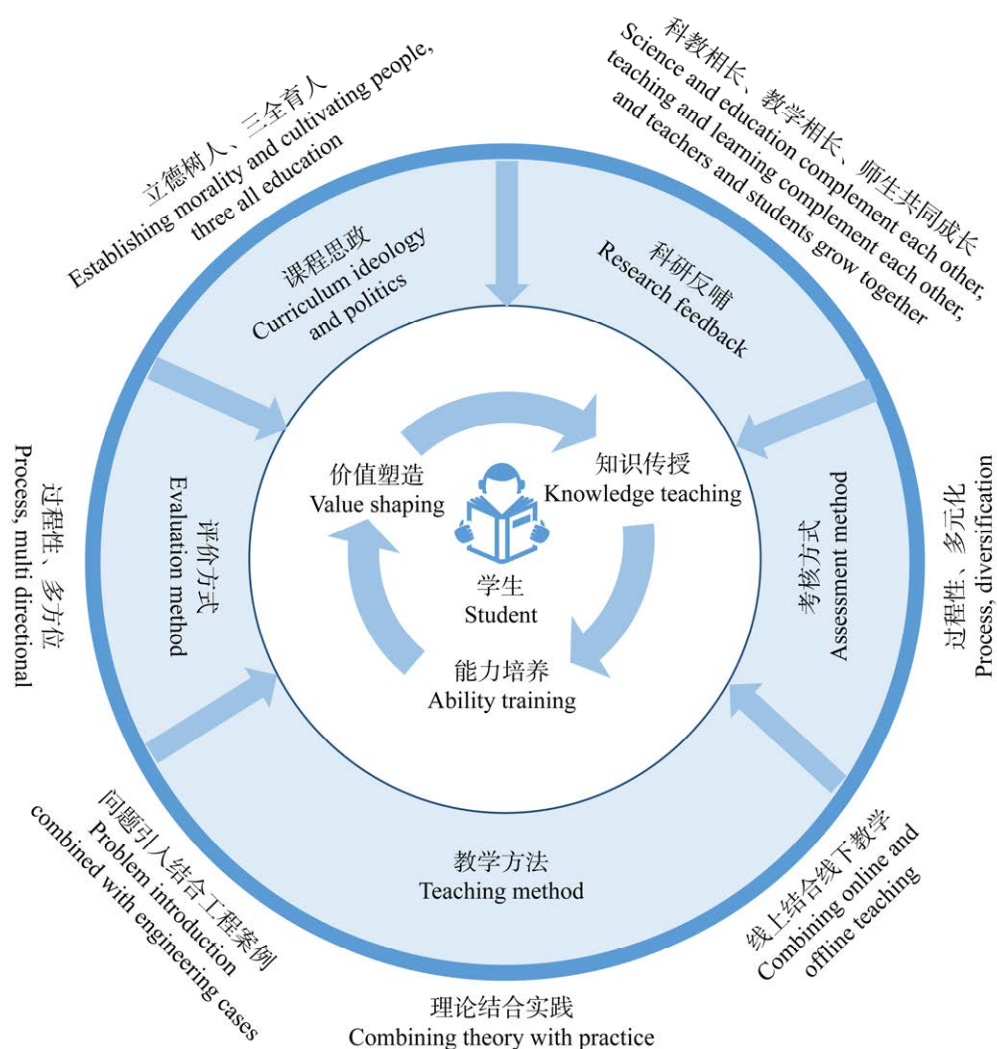


图 1 微生物学实验课程“123+2n”教学改革创新体系

Figure 1 “123+2n” system for teaching reform and innovation in Microbiology Experiment.

最终撰写报告,以提高学生自主探究能力及团队协作能力;最后,考核方式上采取多元化结合过程性考核,如演讲与研讨、自主设计实验项目的实施与汇报、动手实操随机测评、实验报告等方式,给学生更大的发挥空间,便于教师全面评估学生知识掌握、实验技能获得的情况。

## 1.2 课程融合思政,科研“反哺”教学,两个抓手贯穿全课程

### 1.2.1 课程融合思政

立德树人是教育的根本任务,课程思政是

新时代背景下落实立德树人根本任务的新要求。本教学团队积极挖掘和梳理微生物学实验课程蕴含的思政元素,从“微生物学科”开拓者及优秀科学家事迹、生物发酵相关产业中的安全问题及推动产业快速、绿色发展等方面为切入点融入到整个课程中(表 1)。例如,通过了解古代劳动人民应用微生物发酵酿酒、酿醋和制酱等延伸到微生物在发酵行业的各种应用,感受传统发酵食品中所蕴含的科技和文化,弘扬传统文化,坚定文化自信;微生物学的开拓者

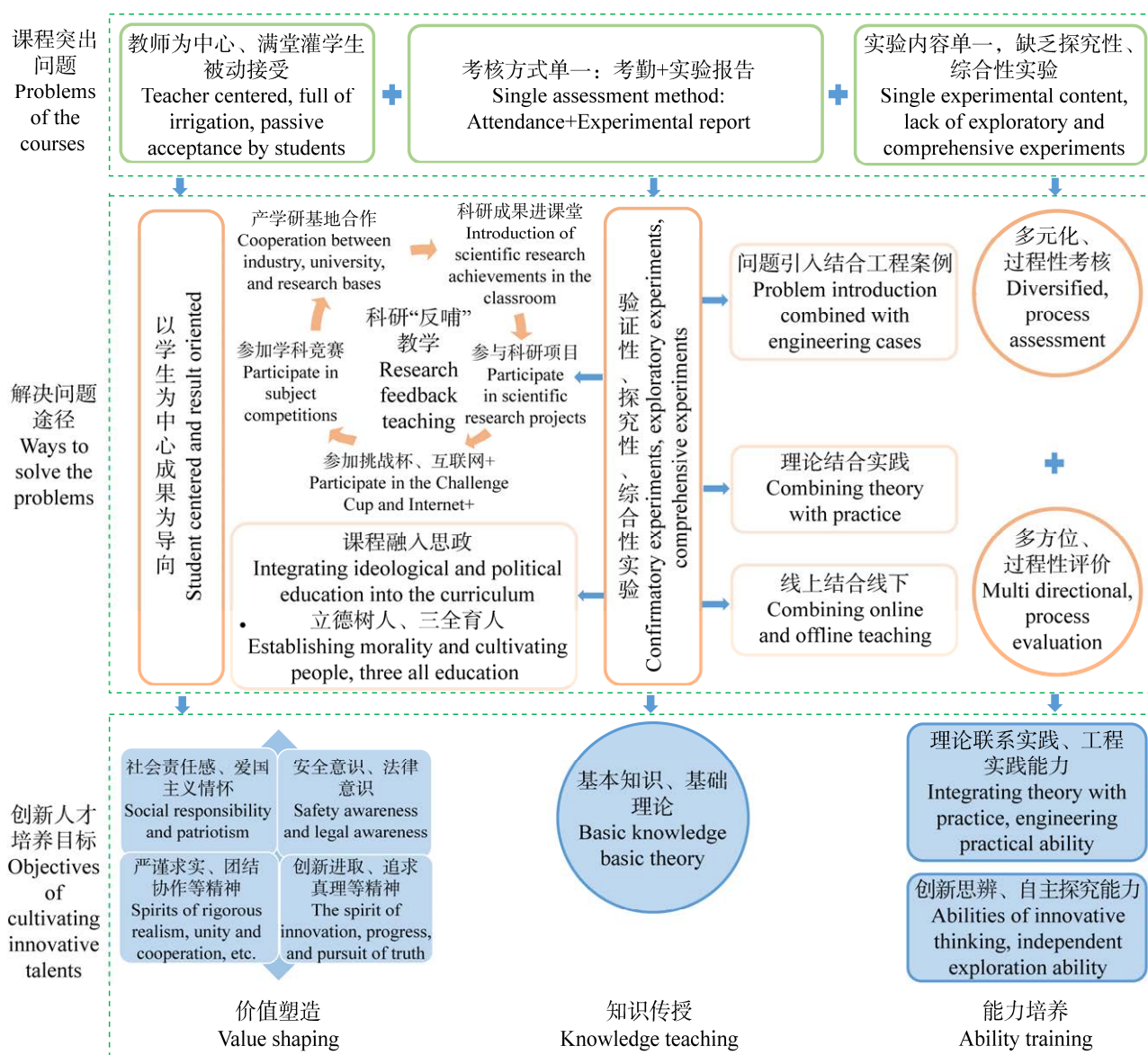


图2 微生物学实验课程改革总体思路

Figure 2 Overall ideas for curriculum reform in Microbiology Experiment.

安东尼·列文虎克从零开始，不断克服各种困难并最终成功研制出显微镜，为微生物学科的研究打开新的大门，以培养学生追求真理、不断创新的科学精神；方心芳院士是我国工业微生物学的开拓者，毕生重视微生物菌种的收集、保藏、应用和开发，为工业生产选育出大批优良菌种，促进了我国传统发酵工业的现代化进

程，使学生感受我国优秀科学家勇于探索实践、无私奉献的人格魅力，坚忍不拔、勇于拼搏的科学精神；通过探究当今生物发酵产业“卡脖子”的问题(工业菌种的缺失、菌种与工艺未有效整合等)，如何促进生物经济与健康产业融合，推动生物发酵产业健康快速、有序、绿色可持续发展，培养学生的爱国主义情怀和工匠精神，

表 1 微生物学实验课程中的部分思政教育内容

Table 1 Ideological and political education contents in Microbiology Experiment

授课内容 Teaching contents	课程思政融入点 Integration points of curriculum ideology and politics	教育目标与价值引领 Educational objectives and value guidance
玻璃器皿的洗涤、包扎和灭菌 Washing, dressing and sterilization of glassware	实验室安全事故案例 Laboratory safety incidents	培养学生安全意识, 严谨细致的态度及实事求是的精神 Cultivate students' safety awareness, rigorous and meticulous attitude, and a spirit of seeking truth from facts
培养基的配制与灭菌消毒 Preparation and sterilization of culture medium	人类自身健康安全、农业生物安全、环境生物安全 Human health and safety, agricultural biosafety, and environmental biosafety	培养学生安全意识, 提高主动性和责任感 Cultivate students' safety awareness, enhance their initiative and responsibility
显微镜的构造和使用 Construction and use of microscopes	列文虎克一生磨制 400 多透镜, 制作显微镜证明微生物的存在 Leeuwenhoek honed over 400 lenses throughout his life, making microscopes to prove the existence of microorganisms	培养学生追求真理、不断创新的科学精神 Cultivate students' scientific spirit of pursuing truth and continuous innovation
细菌简单染色和革兰氏染色 Simple bacterial staining and Gram stain	巴斯德反复实验彻底否定“自然发生说” Pasteur repeatedly negates the “spontaneous generation theory” 微观世界微生物经染色、放大呈现的生命独特之美 The unique beauty of life presented by microorganisms in the microscopic world through staining and amplification	培养学生勇于思考、严谨认真、敢于批判的科学态度 Cultivate students' scientific attitude of being brave in thinking, rigorous and serious, and daring to criticize 培养学生想象力和创造力 Cultivate students' imagination and creativity
微生物的接种与培养 Inoculation and cultivation of microorganisms	传统酿醋、制酱、酿酒文化 Traditional vinegar making, sauce making, and brewing culture 微生物在发酵行业的各种应用 Various applications of microorganisms in the fermentation industry	了解中国传统饮食文化的博大精深, 激发民族自豪感和文化自信 Understand the breadth and depth of traditional Chinese culinary culture, stimulate national pride and cultural confidence 引导学生形成科学思维和自由探索意识, 提倡批判、不断创新进取的精神 Guide students to form a scientific thinking and free exploration consciousness, and advocate a spirit of criticism, continuous innovation, and progress
微生物的分离、纯化、培养与鉴定 Isolation, purification, cultivation, and identification of microorganisms	衣原体之父——汤飞凡在战乱中进行细菌学与病毒学研究, 成功分离沙眼病原体, 终结了 70 余年关于沙眼病毒问题的争论 TANG Feifan, the father of chlamydia, carried out bacteriology and virology research during the war and successfully isolated trachoma pathogens, ending more than 70 years of controversy over trachoma virus	感受老一辈科学家爱我中华、无私奉献的赤子情怀, 培养学生爱国主义情怀和良好的科学素养 Feel the love and selfless dedication of the older generation of scientists for China, and cultivate students' patriotism and good scientific literacy

(待续)



(续表 1)

授课内容 Teaching contents	课程思政融入点 Integration points of curriculum ideology and politics	教育目标与价值引领 Educational objectives and value leadership
	方心芳院士毕生从事微生物菌种的开发研究, 选育优良菌种应用工业生产, 促进我国传统发酵工业的现代化进程 Academician FANG Xinfang has devoted his whole life to the development and research of microbial strains, selecting excellent strains for industrial production, and promoting the modernization of China's traditional fermentation industry	感受我国优秀科学家勇于探索实践、无私奉献的人格魅力, 坚忍不拔、勇于拼搏的科学精神 Experience the personality charm of outstanding scientists in China who are brave in exploration and practice, selfless in dedication, and the scientific spirit of perseverance and courage to work hard
霉菌的形态观察 Morphological observation of mold	古人在周朝掌握丰富的制酱技术 The ancients mastered rich sauce making techniques during the Zhou Dynasty 弗莱明发现青霉素 Fleming discovered penicillin	激发学生的民族自豪感和自信心, 增强民族自信 Stimulate students' sense of national pride and self-confidence, and enhance national confidence 引导学生勇于探索、不畏艰辛、无私奉献 Guide students to be brave in exploration, fearless of hardships, and selfless in dedication
酵母菌形态观察、死活细胞的鉴别、细胞计数及大小测定 Observation of yeast morphology, identification of dead and alive cells, cell counting and size determination	我国知名啤酒的发展简史延伸至我国生物发酵产业 The development history of famous beers in China extends to the biological fermentation industry in China	增强学生民族自豪感及学习与运用知识的能力、分析与解决问题的能力 Enhance students' sense of national pride and their ability to learn and apply knowledge, as well as their ability to analyze and solve problems
菌落总数的测定 Determination of total bacterial count	水样品中细菌总数的测定 Determination of total bacterial count in water samples 食品中大肠菌群超标被罚案例 Penalty cases for exceeding the limit of coliform bacteria in food	倡导大家共建生态文明、保护环境 Advocate for everyone to jointly build ecological civilization and protect the environment 增强学生法律意识, 恪守职业道德, 培养学生利用专业知识服务社会的意识 Enhance students' legal awareness, adhere to professional ethics, and cultivate their awareness of using professional knowledge to serve society

树立创新思维意识。在“润物细无声”的知识学习中融入价值引领, 引导学生树立正确的世界观、价值观和人生观, 提高学生的思想政治素质, 指引学生正确认识时代责任和历史使命, 正确认识远大抱负与脚踏实地, 坚定理想信念

念, 提升解决实际问题的能力, 培养创新思维意识和持续学习能力, 最终实现三全育人(全员育人、全程育人、全方位育人)<sup>[6]</sup>。

### 1.2.2 科研“反哺”教学

微生物学实验是一门应用性很强的实践课

程, 基于团队教师良好的科研背景, 研究领域涉及发酵微生物及大型真菌等, 探索将微生物发酵技术的最新研究成果引入课堂教学, 让学生在不断探索和发现过程中理解知识原理, 灵活掌握和运用所学知识、技能分析和解决问题。例如, 利用科研项目“凉州熏醋传统酿造过程微生物群落演替对四甲基吡嗪的影响”, 将研究成果引入课堂让学生了解甘肃本地特产凉州熏醋的酿造过程中有多种微生物参与其中, 主要优势功能菌有曲霉属、酵母属真菌以及乳杆菌属、醋酸菌属和芽孢杆菌属细菌, 多菌种参与混合发酵影响凉州熏醋特征风味成分四甲基吡嗪的形成。学生利用分离获得的优势功能菌模拟了食醋酿造实验, 进一步验证不同微生物对食醋风味的影响。科研活动筛选的一批优良酵母菌、醋酸菌、乳酸菌等功能微生物菌株, 引入课堂作为实验材料, 使得课堂教学内容紧跟学科前沿。学生参与教师科研项目, 参加“挑战杯”“互联网+”等大学生创新创业比赛、各种学科竞赛可进一步加强和巩固学生对理论知识的理解运用, 训练学生创新的科学思维和动手实践能力。此外, 与省内外产学研基地合作, 构建产教融合、科教融合多方协同育人模式。例如, 团队教师与甘肃奥林贝尔生物科技集团有限公司合作开展抗菌肽系列产品研发, 学生参与其中在实验室结合抗菌肽开展抑菌实验。将教师科研成果内化为教学内容, 将学科前沿研究带入到实验课堂, 教学与科研相结合, 激发学生学习热情, 引发学生思考, 培养学生的专业素养和创新能力, 达成科研“反哺”教学, 形成科教相长、教学相长、师生共同成长的良好局面, 全面提高课程的教学效果。

### 1.3 “三结合”教学方法创新

“三结合”教学创新方法包括问题引入结合工程案例、理论结合实践和线上结合线下混合

式教学。

#### 1.3.1 问题引入结合工程案例

微生物学实验的内容均与生活实际和生产应用中常见的多种问题紧密相连, 开展探究式实验教学, 是对传统微生物学实验教学内容的良好补充, 有助于提高学生学习积极性和思维活跃度, 更好地掌握微生物学实验技能应用于人类生产和生活中<sup>[7]</sup>。食品在生产加工环节中很容易受到微生物的影响而污染变质, 导致产品质量不合格, 造成经济损失, 甚至产生食品安全问题危害消费者健康。寻找污染源、分析污染途径并采取控制措施是食品生产中的关键环节。据此设计实验: 食品生产企业微生物污染案例调查, 组织学生进入食品企业生产车间参观生产线, 详细讲解让学生了解到生产线的杀菌过程及潜在的微生物污染。结合企业遇到的微生物污染案例, 学生查阅文献, 根据企业实际情况自主选择采样点, 设计实验方案对微生物进行分离鉴定, 通过实验确定造成食品企业微生物污染的种类、数量及可能发生的环节, 由此得出实验结果并提出可行的改进方案。如针对发酵乳制品生产加工过程中微生物污染状况, 对原辅料、生产加工过程的每一个环节展开微生物监测, 对生产用水、原料乳粉中菌落总数、大肠菌群、金黄色葡萄球菌进行测定。通过实验强化了学生对实际生产中微生物扮演双重角色的认识, 教会了学生对生产过程中各个微生物关键控制点的分析, 鼓励学生提出多种不同方案并和学生一起探讨分析各种方法在有效性、经济性和安全性上的优缺点, 帮助学生更好地理解微生物实验技能在实际生产中的应用。

#### 1.3.2 线上结合线下混合式教学

以“微课”模式开发制作了系列短视频, 作为课前预习素材, 建设课程网站, 作为拓展性



学习资源。将超星学习通、慕课、智慧树等教学平台和资源引入到微生物学实验教学,进行线上线下混合式教学改革,突出“以学生为中心”,丰富教学形式,创新教学手段,具体做法如下:利用超星学习通、慕课、智慧树等教学资源在课前发布丰富多样的教学资料(视频、动画和图片等)可引发学生的求知欲,经线上提前了解和熟悉实验内容,达到有效预习的效果;线下课堂 2-3 人为一组分工协作完成实验,教师答疑学生预习所遇到问题并进行现场指导,小组负责人汇报实验结果,总结实验中出现的的问题、采取措施及注意事项,通过教师与学生之间、各小组成员之间的交流、探讨,优化了实验流程,丰富了实验内容,激发了学习兴趣;实验课后,针对个别学生的疑惑,教师利用电子邮件、微信、QQ 等方式为学生提供指导和答疑,共同分析成败原因,带动学习热情。如在细菌的革兰氏染色中,学生课前通过微课视频学习实验原理和操作要点,但在课堂有一些学生的染色结果却与理论相悖,教师不会直接告诉学生原因而是鼓励学生独立思考解决问题。学生通过查找原因自己分析结果。教师接着提出问题,如何避免这种情况?学生带着问题思考、查阅文献,课后带着方案在线上和教师继续讨论。小组成员兴趣浓厚,大家各抒己见,最后由教师点评。这种线上结合线下的教学模式将传统实验教学与网络教学资源有机融合,突破了时空限制,实现了资源共享,培养了学生的创造性思维,拉近了学生与学生间、学生与教师间的距离,真正实现了由“教师为中心”向“学生为中心”的转变。

### 1.3.3 理论结合实践

微生物学实验课程具有极强的实践性和应用性,课程教学脱离实践,就只剩下沉闷乏味的理论框架,学生学用脱节,欠缺应用能力;

单纯追求实践技能,那么学生的知识结构没有系统化,比较浅薄容易松散,不成体系。团队教师积极探索理论结合实践的教学方法,引导学生运用理论知识和实验技能分析实际问题,透过实际问题加深对理论知识的理解和掌握,锻炼学生科学思维和实践能力。其次,借助平台如依托学院实训中心的啤酒中试生产线、葡萄酒中试生产线、微生物固体液体发酵中试生产线等进行工程应用能力培养。再者,通过校企合作构建协同育人的实践平台,学院与甘肃莫高实业发展股份有限公司、甘肃陇萃堂营养保健有限公司、兰州黄河嘉酿啤酒有限公司、兰州雪顿乳业有限公司等企业合作建立了校外实践教学基地,通过参与实践,学生利用所学的知识和技能,帮助企业解决实际生产中可能遇到的问题。学院还建立了虚拟仿真实验室,引进了葡萄酒生产机械与设备虚拟仿真实验软件,进一步强化产教融合,为学生工程实践能力的提升提供保障。

## 1.4 双驱动多元化课程考核和评价方式

### 1.4.1 多元化考核结合过程考核

传统的微生物学实验课程通过“出勤+实验报告”方式进行考核,考核方式单一,忽略了对学生实际操作技能和创新意识的评价,不能全面评价学生的学习效果。多元化结合过程性的考核内容包括演讲与研讨、自主设计实验项目的实施与汇报、动手实操随机测评、实验报告等 4 种方式。演讲与研讨要求学生 4 人为一组,结合实验内容查阅生物发酵产业中的经典工程案例,制作 PPT 并进行课堂演讲和组间讨论,加深理论及实验相关原理理解,拓展产业的发展前景和存在的问题;例如,啤酒、葡萄酒及各种发酵型饮品生产所需优良菌株的筛选。自主设计实验项目的实施与汇报要求学生以小组为单位,学生在教师的指导下选择一个具有探

究性、综合性的实验项目,通过自主查阅文献、设计实验方案,经与教师多次探讨和修改,最终确定实验方案并有序开展实验,记录实验结果并分析总结,撰写项目报告并进行汇报交流;例如,泡菜中有效益生菌的分离和鉴定。动手实操随机测评要求学生随机抽取依照开设实验内容设计的实验操作项目进行现场操作,教师依照操作进行打分。实验报告要求学生对实验目的、原理、材料、实验步骤进行撰写,重点放在实验结果与讨论,实验结果要有数据的记录和处理过程,记录实验过程中观察到的现象,包括图表、照片等,讨论要结合课程理论和实验操作来分析实验结果,针对具体问题讨论找出理论支撑点,最后思考实验的得失。多元化结合过程性的考核方式给学生更大更灵活发挥的空间,有助于教师从知识和技能方面全面考

查学生理解、运用知识分析与解决问题的能力,培养学生的逻辑思维、创新能力,并对教学起到反馈作用。

#### 1.4.2 多方位评价结合过程性评价

采用多种方式对微生物学实验课程的教学过程、教学效果进行综合性评价。评价方式包括:向学生发放问卷,调查课程教学理念、教学创新设计、教学方法和考核方式等的改革效果;调查分析学生课前、课中及课后的学习效果;针对不同年级的学生展开线上线下的随机性的访谈;学校和学院的教学督导专家对课程的课前准备、课堂线上、线下教学活动、实验报告批阅和辅导答疑等进行过程性评价;课后课程教学资料检查(实验项目汇报报告、实验报告、课程达成分析和教学反思及总结)等措施。具体评价机制见图3。多方位、过程性评价机制

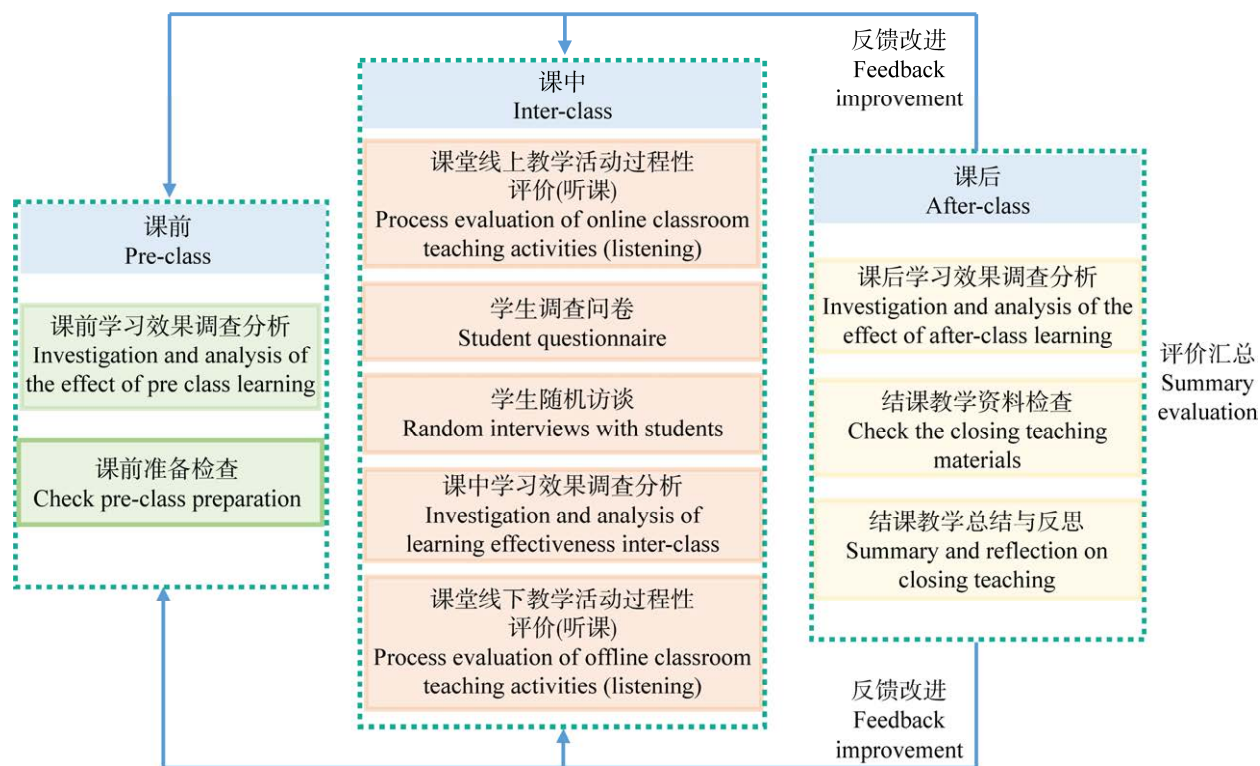


图3 多方位结合过程性评价机制

Figure 3 Evaluation mechanism for multi-directional and process.

可真实有效地反映课程的教学效果、学生知识、能力的掌握程度,可进一步促进课程教学质量的提高。

### 1.5 课程目标达成情况分析

依照工程认证及一流课程建设要求,本教学团队设定了课程目标对应毕业要求达成的观测点,并进行课程达成度的分析(表2)。具体达成度计算公式为:

课程分目标  $i$  达成情况 =  $\sum_{m=1}^n$  (分目标  $i$  中学生在支撑环节  $m$  的平均分值  $\times$  支撑环节  $m$  的成绩占比)  $\div (100 \times \sum_{m=1}^n$  分目标  $i$  中支撑环节  $m$  的成绩占比)

课程总目标达成情况 =  $\sum_{i=1}^n$  各分目标  $i$  的达成情况  $\times$  各分目标  $i$  对应的权重。

## 2 课程教改成效分析

### 2.1 学生对课程改革措施的评价及课程目标达成度分析

在2018级、2019级和2020级生物工程专业学生中对课程教学内容、教学方法和考核方式进行满意度调查,问卷结果显示:与2018级学生(课程教改前)相比,2019级和2020级学生对于教学内容、教学方法以及考核方式的满意

表2 课程目标达成情况分析表

Table 2 Analysis table of curriculum objectives achievement

课程目标 Goal of curriculum	分目标权重 $P_i$ Sub objective weight $P_i$	支撑环节 Supporting section	各支撑环节成 绩占比 $K_{i,m}$ Proportion of achievements in each supporting section $K_{i,m}$	学生平均分 值 $AV_{i,m}$ Average score of students $AV_{i,m}$	各分目标达成情况 $OAS_i$ Achievement status of each sub goal $OAS_i$
目标1 Target 1	$P_1$	实验预习报告 Experimental preview report	$K_{1,1}$	$AV_{1,1}$	$OAS_1 = \frac{\sum_{m=1}^4 (AV_{1,m} \times K_{1,m})}{100 \times \sum_{m=1}^4 K_{1,m}}$
		课堂演讲与讨论 Speech and discussion	$K_{1,2}$	$AV_{1,2}$	
		文献查阅 Literature review	$K_{1,3}$	$AV_{1,3}$	
		实验报告 Experimental report	$K_{1,4}$	$AV_{1,4}$	
目标2 Target 2	$P_2$	实验操作 Experimental operations	$K_{2,1}$	$AV_{2,1}$	$OAS_2 = \frac{\sum_{m=1}^4 (AV_{2,m} \times K_{2,m})}{100 \times \sum_{m=1}^4 K_{2,m}}$
		动手实操测评 Evaluation of hands-on operation	$K_{2,2}$	$AV_{2,2}$	
		自主设计实验实施与汇报 Design experiments freely, implementation and reporting	$K_{2,3}$	$AV_{2,3}$	
		项目报告 Project reports	$K_{2,4}$	$AV_{2,4}$	
课程总 目标 Course total target	$\sum P_i = 1$	课程总目标达成情况 $OAS_t$ Achievement of course total target $OAS_t$			$OAS_t = \sum_{i=1}^2 OAS_i \times P_i$

度明显提高,特别是教学方法上,课程改革后的教学方法受到学生的一致好评(图4)。对2019级和2020级生物工程专业学生微生物学实验课程达成度进行计算和分析,结果显示:2019级课程达成度为0.826,2020级课程达成度为0.872,两个年级相比达成度均高于0.800,教学课程目标达成效果比较明显(图5)。

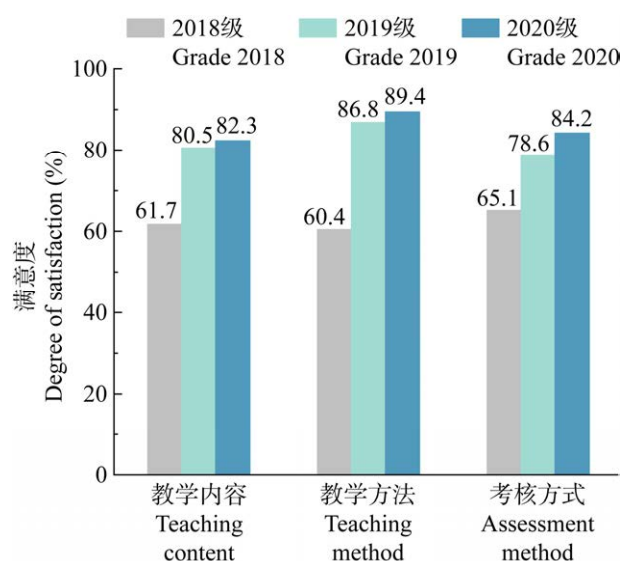


图4 课程教学满意度调查

Figure 4 Survey of satisfaction with teaching courses.

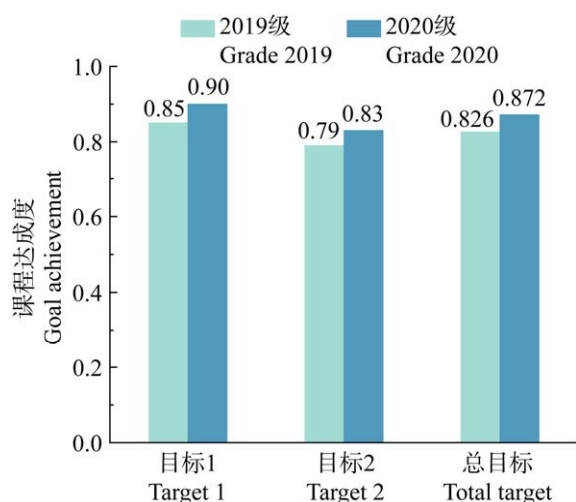


图5 课程目标达成度分析

Figure 5 Analysis of teaching courses goal achievement.

通过匿名问卷调查对2019级、2020级生物工程专业学生学习微生物学实验“课前”、“课中”和“课后”进行“诊脉”(发放问卷89份,回收89份,回收率100%),分析问卷,评价学生学习动机、理论知识掌握程度和综合能力提升情况,以期促进课程教学质量持续改进。结果显示授课后学生的学习动力、知识理解和掌握方面有提高,工程认知和案例分析能力、实验设计及实施能力、创新思维和意识有提升(图6),为教师有效教学提供了重要参考。

## 2.2 学生参与科研活动、学科竞赛获奖情况分析

学院教师科研项目依托马铃薯淀粉及副产物综合利用技术集成科研基地、甘肃省葡萄与葡萄酒工程学重点实验室、中俄沙棘联合科研中心、甘肃省功能乳品工程实验室等12个省部级科研平台,近3年申报并获批国家、省部级等各类项目数量共计137项,学生参与教师科研项目比例为65%以上;学生参加各种国家、省级、校级竞赛获奖数量、质量明显提高,在全国大学生电子商务“创新、创意及创业”挑战赛、“挑战杯”大学生课外学术科技作品竞赛、中国“互联网+”大学生创新创业大赛等竞赛中获得国家奖3项,省部级奖27项,如学生作品“沙地生棘则为油”在2021年第十一届全国大学生电子商务“创新、创意及创业”挑战赛中获得国家二等奖;作品“地久情深系列百合产品研发”在2022年第十二届全国大学生电子商务“创新、创意及创业”挑战赛中获得国家二等奖;作品“一品护胃——胃肠道保护的天然解决方案”在2022年第八届中国“互联网+”大学生创新创业大赛中获得省级金奖。校级农产品检验技能大赛参与率为95%以上,目前全院本科生参与大学生创新创业训练计划(Student Innovation and Entrepreneurship Training Program, SIETP)全覆

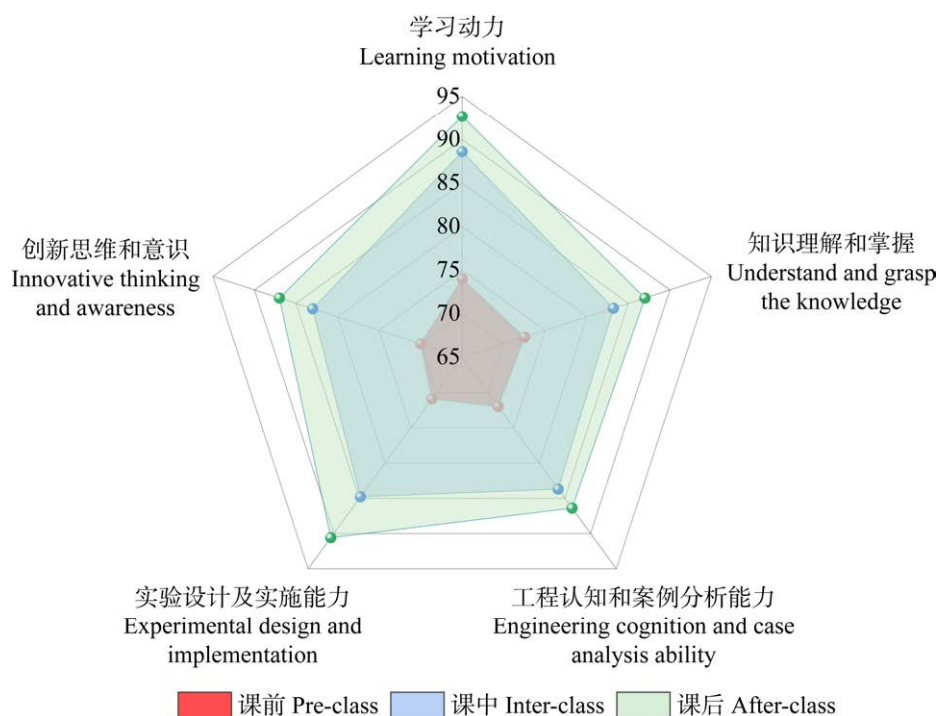


图 6 课程教学课前、课中和课后调查分析

Figure 6 Investigation and analysis of teaching courses pre-class, inter-class and after-class.

盖、达到 100%。学生参加这些活动，大大提高了对科研的兴趣，锻炼了专业实践动手能力，强化了团队合作意识和创新思维意识，并具有一定的心理抗压能力。此外，教师指导学生发表论文、申请专利，训练了学生的科学思维方法 and 专业写作能力，真正实现了科研创新与专业知识传授的有机融合。

### 3 总结与展望

本教学团队基于当前地方高校实验课程存在的突出问题及基于工程认证和一流课程建设要求，对微生物学实验课程教学实行“123+2n”教学改革实践，主要对象为甘肃农业大学食品科学与工程学院 2019–2020 级生物工程 2 个班，总体而言教学效果良好，学生普遍反馈满意；课程逐步提升了微生物学实验课程的目标达成

度；学生对微生物学实验学习的积极性、主动性明显提高，对微生物学理论知识的理解和掌握更加深刻，具备了一定的工程认知和案例分析能力、实验设计与实施能力以及科研创新探究能力。此外，生物工程专业 2021 年获批甘肃省一流本科专业建设项目，微生物学课程 2022 年获批甘肃省一流本科线下课程，教学团队在 2023 年甘肃省高校教师教学创新大赛中名列前茅。在今后的教学过程中，教学团队将继续坚持“以学生为中心，成果为导向”的教学理念，落实立德树人根本任务，以线上线下为平台，以课程实施为载体，大力推行课程融合思政、科研“反哺”教学，持续改进教学方法和手段，依据国家对工程人才的最新要求，培养专业知识扎实、适应未来发展、具有创新思维、全面发展的复合型人才。



## REFERENCES

- [1] 王智文, 冯远航, 朱勇. “三位一体”育人理念在微生物学实验教学中的探索与实践[J]. 微生物学通报, 2022, 49(6): 2378-2387.  
WANG ZW, FENG YH, ZHU Y. The exploration and practice of trinity education concept in the teaching of Microbiology experiment[J]. Microbiology China, 2022, 49(6): 2378-2387 (in Chinese).
- [2] 巫小丹, 屠心怡, 付桂明, 彭珍, 江湖. “新工科”背景下“食品微生物学”教学改革探索与实践[J]. 微生物学通报, 2023, 50(2): 754-765.  
WU XD, TU XY, FU GM, PENG Z, JIANG H. Exploration and practice of teaching reform of Food Microbiology in the context of new engineering education[J]. Microbiology China, 2023, 50(2): 754-765 (in Chinese).
- [3] 迟乃玉, 王倩倩, 刘春莹, 迟雪梅, 张庆芳. 以 OBE 理念为导向的生物工程综合实验教学探索[J]. 实验室科学, 2023, 26(2): 113-116, 121.  
CHI NY, WANG QQ, LIU CY, CHI XM, ZHANG QF. Teaching exploration of bioengineering comprehensive experiment guided by OBE concept[J]. Laboratory Science, 2023, 26(2): 113-116, 121 (in Chinese).
- [4] 张霞, 曹阳, 陈峰. 任务驱动法在“微生物学实验”混合式教学中的实践[J]. 微生物学通报, 2023, 50(3): 1345-1353.  
ZHANG X, CAO Y, CHEN F. Practice of task-driven method in blended Microbiology Experiment teaching[J]. Microbiology China, 2023, 50(3): 1345-1353 (in Chinese).
- [5] 张萍, 冯金明, 梁颖. 国家级一流本科课程的结构框架和实现路径: 基于翻转课堂的实践与研究[J]. 中国大学教学, 2021(7): 40-44.  
ZHANG P, FENG JM, LIANG Y. Structural framework and realization path of national first-class undergraduate courses: based on the practice and research of flip classroom[J]. China University Teaching, 2021(7): 40-44 (in Chinese).
- [6] 殷利眷, 王洪彬, 满淑丽, 滕玉鸥, 罗学刚, 李玉. 微生物学实验课程思政教学改革与探索[J]. 生物工程学报, 2021, 37(4): 1434-1442.  
YIN LJ, WANG HB, MAN SL, TENG YO, LUO XG, LI Y. Ideological and political education in Microbiology Experiment: reform and exploration[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2021, 37(4): 1434-1442 (in Chinese).
- [7] 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).