

制药工程“微生物学实验”课程的项目化教学探索与实践

徐晓宇*, 王睿, 邱立朋

江南大学生命科学与健康工程学院, 江苏 无锡 214122

徐晓宇, 王睿, 邱立朋. 制药工程“微生物学实验”课程的项目化教学探索与实践[J]. 微生物学通报, 2023, 50(12): 5604-5613.

XU Xiaoyu, WANG Rui, QIU Lipeng. Exploration and practice of project-based teaching in Microbiology Experiment of pharmaceutical engineering[J]. Microbiology China, 2023, 50(12): 5604-5613.

摘要: 为了培养学生的自主学习能力和实践创新能力, 按照工程教育专业认证要求基于成果导向教育(outcome based education, OBE)理念设计课程教学, 将制药工程微生物学实验课实验教学项目设置成入门、进阶和自主 3 种项目等级。实验项目内容由浅入深、逐级递进、层层相关, 教学过程以学生为中心, 并结合线上教学手段和竞赛机制的支持。实践结果表明, 经过项目化教学改革, 在教师教学和学生学习成效两个方面均得到明显提升, 学生在论文撰写能力、动手能力等方面也有了明显的进步, 值得后续进一步总结和推广。

关键词: 微生物学实验; 项目教学法; 教学设计; 教学评价; 教学改革

Exploration and practice of project-based teaching in Microbiology Experiment of pharmaceutical engineering

XU Xiaoyu*, WANG Rui, QIU Lipeng

School of Life Sciences and Health Engineering, Jiangnan University, Wuxi 214122, Jiangsu, China

Abstract: The curriculum teaching of Microbiology Experiment of pharmaceutical engineering is designed according to the concept of outcome-based education (OBE) required by the professional certification of engineering education, with the aim of fostering students' abilities of independent learning and practical innovation. The teaching projects of this course were set at three levels: introductory, advanced, and independent projects. The teaching process was student-centered, with the support of online teaching methods and competition mechanisms. The

资助项目: 江南大学本科教育教学改革研究重点项目(JG2021002)

This work was supported by the Key Project of Undergraduate Education and Teaching Reform of Jiangnan University (JG2021002).

*Corresponding author. E-mail: iist@jiangnan.edu.cn

Received: 2023-05-29; Accepted: 2023-08-10; Published online: 2023-09-19

practical results showed that project-based teaching reform significantly improved both the teaching performance and the learning effectiveness. Students achieved significant progress in experiment operation and paper writing. Therefore, this teaching method is worth summarizing and promoting in the future.

Keywords: Microbiology Experimental; project-based teaching method; teaching design; teaching evaluation; reform in education

“微生物学实验”课程是面向我校制药工程专业本科生开设的一门专业基础必修课, 是一门旨在培养学生掌握微生物研究的基本方法, 夯实微生物学理论知识, 加强学生创新意识和能力, 提高学生观察、分析和解决问题能力的实践性课程。我校制药工程专业已经通过工程教育认证, 工程认证提出要基于成果导向教育(outcome based education, OBE)理念设计课程教学, 教学过程以学生为中心, 以能力培养为目标设计考核方式, 以学习结果评价教学质量。以往的“微生物学实验”教学大多以“教师进行实验准备+讲授实验原理及步骤+学生课上操作”为主, 这种传统的教学模式使得课堂缺乏趣味性与充分的师生互动, 无法准确评判学生是否达成工程认证的相关要求, 也不利于学生自主学习能力的提高及创造性思维能力的培养^[1-2]。

我校制药工程专业“微生物学实验”课程自2019年以来, 开展了以模块化项目教学为主要手段^[3]的实验课教学改革。基于“以学生为中心”的教学理念^[4], 通过设计由浅入深、层层联系、由综合性逐步向创新性过渡的制药工程微生物学实验项目, 在教学实践中打破了传统课程的界限, 给予学生充分的自由度, 借助线上教学手段, 结合竞赛项目^[5], 有利于培养学生的自主学习和主动实践的能力。

1 总体设计与实施

1.1 微生物学实验课的项目设计

依据微生物学实验的特点, 把实验教学内

容分成入门、进阶和自主项目 3 个难度等级, 教师分别采取“指导”“辅助”和“观察评价” 3 种教学指导方式对上述项目进行指导。

项目法教学按其完成顺序分为项目目标、任务方案、任务实施、任务评价和知识转移 5 个流程。(1) 指导教师帮助学生明确任务目标;(2) 指导教师协助学生完成任务的计划流程与实施步骤、方案的可行性分析;(3) 学生根据任务实施方案开展的具体实施行动, 指导教师检查并评估其是否符合项目目标;(4) 学生对任务完成的情况进行综合评估, 对符合预期的结果分析其成功的原因, 对与预期结果有偏差或失败的项目分析其失败的原因;(5) 教师与学生共同对任务的实施结果进行分析, 总结实验中的知识、经验和技能, 讨论任务的其他解决方案, 具体内容如图 1 所示。

1.2 项目化实验教学实施

1.2.1 入门项目

入门训练项目旨在加强对教学内容的理解, 培养学生的基本实验操作能力, 为后续难度等级更高的项目奠定基础。本课程的入门训练项目设置了“光学显微镜的使用及细菌的革兰氏染色和芽孢染色”“酵母菌细胞的形态观察、美蓝染色、大小测量和直接计数”和“霉菌细胞的形态观察及孢子计数” 3 个入门实验项目, 均为验证性实验, 涉及显微镜的使用、微生物染色技术等技能(表 1)。

入门实验项目采取引导-发现教学模式: 即先提出问题, 指导学生们查阅资料, 实验中通

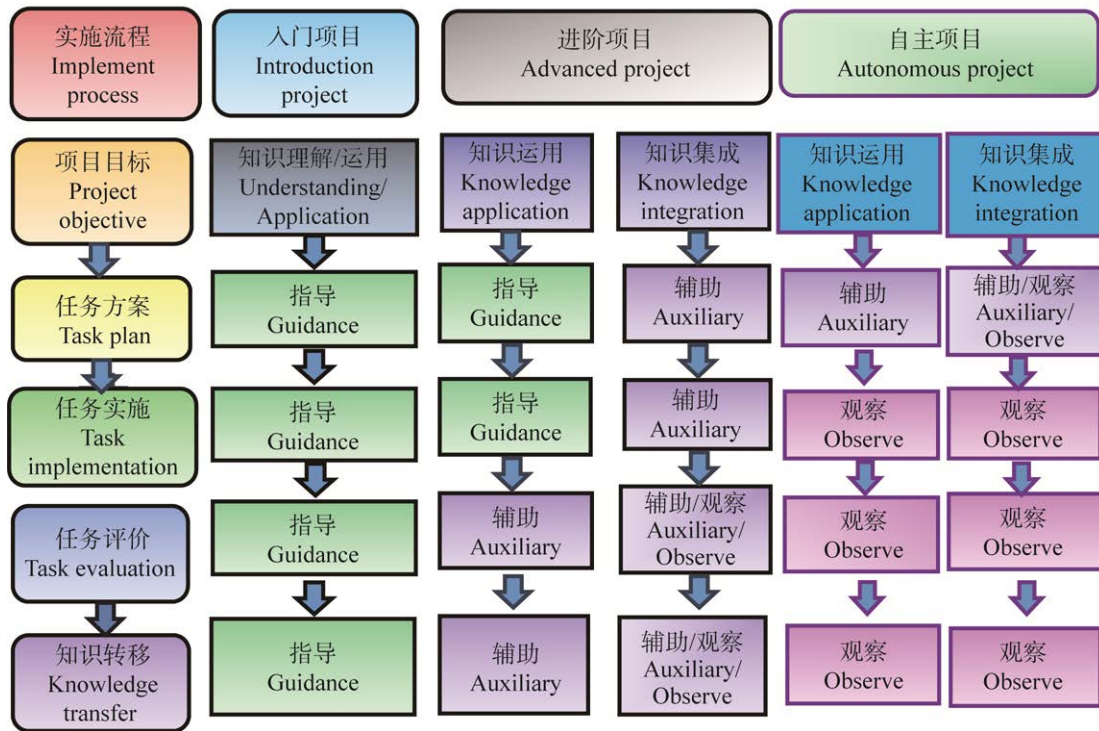


图 1 微生物学实验课程项目教学法的总体设计

Figure 1 Overall teaching design of Microbiology Experiment course by project-based teaching method.

过观察和参与讨论等方式鼓励学生探究问题并提出自己的见解，课后共享学生的实验结果并对问题答案和实验进行线上教学讨论、归纳总结。课堂上给学生机会重复练习实验操作，反思实验中的问题，增强学生的动手能力，促进其主动思考和进行探究式学习的意识和能力。

1.2.2 进阶项目

进阶项目旨在促进学生对课堂所学知识的灵活运用。该项目实验中，教师主要在任务布置和方法程序设计阶段进行指导。本课程设计了“培养基的配制”“微生物的接种与分离”和“细菌的生理生化实验”3个进阶实验项目(表2)。

三个进阶实验项目在具体实施中设计成为一个综合性实验。学生在“培养基的配制”实验里制备3个实验所需要的培养基；在“微生物的

接种与分离”实验中完成从环境中取样和抗生素抗性菌的分离纯化工作；所分离纯化的细菌则在“细菌的生理生化实验”中作为未知菌种进行革兰氏染色和生理生化鉴定。在此模块中学生得以对微生物实验的基础实验技能进行重复练习。

1.2.3 自主项目

自主项目以综合性和设计性实验为主。项目的目标设定、实验方案的设计、实验操作和结果评定等流程由学生自主完成。指导教师以观察为主，必要时进行辅助指导。本课程设置了“土壤中产抗生素放线菌的分离纯化”“药物的体外抗菌实验”和“耐药性微生物的分离纯化与分子生物学鉴定”3个自主实验项目(表3)。

表 1 微生物学实验课的入门训练项目

Table 1 Introductory projects of Microbiology Experimental course

项目名称 Name	教学目标 Teaching objectives	教学内容 Content of courses	评价内容 Evaluation content
光学显微镜的使用及细菌的革兰氏染色和芽孢染色 The application of optical microscope and microbial staining	1. 掌握光学显微镜的主要构造和使用方法 1. Master the main structures of optical microscopes and the use of optical microscopes 2. 学习革兰氏染色、芽孢染色的原理和操作 2. Learn the principles and the operation of Gram staining and spore staining	1. 采用光学显微镜观察细菌、酵母菌 1. Observation of bacteria and yeast using an optical microscope 2. 对细菌进行革兰氏染色和芽孢染色 2. Gram staining and staining bacterial spores of bacteria	1. 设计方案评定 1. Design scheme evaluation 2. 实验报告 2. Test report 3. 实验准备参与情况及表现 3. Participation and performance in experimental preparation 4. 实验操作 4. Experimental operation
酵母菌细胞的形态观察、美蓝染色、大小测量和直接计数 Morphological observation, staining, size measurement, and counting of yeast cells	1. 观察酵母菌的形态, 学习酵母菌美蓝染色法观察死菌与活菌 1. Observe the morphological characteristics of yeast and dead and live yeast using methylene blue staining method 2. 学习并掌握微生物大小的测量方法 2. Learn and master methods for measuring microbial size 3. 学习并掌握血细胞计数板法 3. Learn and master the blood cell counting board method	1. 采用美蓝染色法观察酵母菌的形态和死菌、活菌 1. Observing the dead and alive yeast cells using methylene blue staining method 2. 采用微尺法测量酵母菌大小 2. Measuring the size of yeast using micrometer method 3. 采用血细胞计数板法对酵母菌细胞进行直接计数 3. Direct counting of yeast cells using the blood cell counting plate method	
霉菌细胞的形态观察及孢子计数 Morphological observation of mold cells and counting of spores	1. 了解霉菌的形态特征 1. Understand the morphological characteristics of molds 2. 进一步巩固血细胞计数板法 2. Further consolidate the blood cell counting board method for counting	1. 采用直接制片法观察霉菌的形态 1. Observing the morphology of molds using direct sectioning method 2. 采用血细胞计数板法对真菌孢子进行直接计数 2. Direct counting of fungal spores using the blood cell counting plate method	

“土壤中放线菌的分离纯化”实验中所分离到的菌株在“药物的体外抗菌实验”进行检验, “耐药性微生物的分离纯化与分子生物学鉴定”的菌株来自进阶项目“微生物的接种与分离”实验, 在分子生物学鉴定实验中则充分运用相关分子生物学和生物信息学理论知识。设计实验方案时相应地结合相关大学生生命科学竞赛项目如“人肠道脱硫弧菌分离筛选及其对肝纤维化的影响”“基于生长因子功能化水凝胶微球的慢性创面修复材料研究”的相关内容, 培养了学生对实验进行分析和总结的能力。

2 教学评价

2.1 学生成绩评价

为了真实反映学生的学习态度与学习成效, 本课程的成绩评定包括 3 个部分: 日常表现、实验报告和操作考试(表 4)。日常表现包括项目设计方案评定、实验准备参与情况及表现和实验操作过程中表现出的创新能力等内容; 实验报告则包括实验数据的可靠性与准确度、实验报告的撰写两方面; 操作考试则包括显微镜的使用和细菌的革兰氏染色、实验用具的包扎和划线接种 3 个部分。

表2 微生物学实验课的进阶项目

Table 2 Advanced projects of Microbiology Experimental course

项目名称 Name	教学目标 Teaching objectives	教学内容 Content of courses	评价内容 Evaluation content
培养基的配制 Preparation of culture medium	1. 学习培养基的配制方法 1. Preparation method of learning culture medium 2. 学习消毒灭菌技术 2. Learn disinfection and sterilization techniques	1. 配制固体、液体、半固体及生理生化实验所需培养基 1. Prepare various culture media 2. 灭菌处理、倒平板 2. Sterilization treatment and inverted plate	1. 设计方案评定 1. Design scheme evaluation 2. 实验报告 2. Test report 3. 实验准备参与情况 3. Participation and performance in experimental preparation 4. 实验操作 4. Experimental operations
微生物的接种与分离 Inoculation and separation of microorganisms	1. 掌握微生物的各种接种方法 1. Mastering various inoculation methods for microorganisms 2. 掌握从环境中分离纯化微生物的方法 2. Master the method of isolating and purifying microorganisms from the environment	1. 练习各种接种方法 1. Practice various inoculation methods 2. 从环境中分离纯化出一株链霉素耐药细菌 2. Isolation and purification of a streptomycin resistant bacterium from the environment	4. 实验操作 4. Experimental operations 5. 实验数据的可靠性与准确度 5. Reliability and accuracy of experimental data 6. 实验汇报情况 6. Experimental report
细菌的生理生化实验 Physiology and Biochemistry of Microorganisms	1. 掌握各种常用的生化反应原理及其实验方法 1. Master various commonly used biochemical reaction principles and their judgment methods 2. 进一步熟悉细菌的革兰氏染色和微生物实验操作 2. Familiar with Gram stain and microbiological experiment operation	1. 对前一个实验所分离纯化的细菌进行革兰氏染色 1. Perform Gram staining on the isolated and purified bacteria 2. 对前一个实验分离纯化的细菌进行生理生化鉴定 2. Physiological and biochemical identification of the isolated and purified bacteria	6. 实验汇报情况 6. Experimental report

2.2 授课满意度和教学效果评价

江南大学设置教学质量评定系统, 要求学生从教师的基本素质、教学态度、教学方法和教学效果4个方面共10个项目对任课教师进行评价。本项目也通过“问卷星”小程序对教师项目教学法实施过程以及实施效果进行问卷调查, 具体指标见表5。

3 项目化教学成效

本项目对项目化教学改革过程中制药工程19–21级, 每级2个班共计6个班级191名学生的实验成绩和课程达成度、学校教学质量评价系统和问卷调查结果进行了比较。

3.1 学生成绩分析

项目教学法实施后, 课程目标达成度由19级的0.885提高到21级的0.914, 学生的实验报告撰写、动手操作能力和学生的日常表现的平均分数分别从19级的88.65、87.57和90提高到21级的91.40、90.87和92(图2), 其中实验报告撰写和实验操作的提高最为显著。学生学习操作技能的主观能动性和动手能力有了进一步提高。在撰写论文时不仅能对实验结果进行独立分析并对教师提出的探究性的问题进行解答、探讨和思考, 还能够对整个实验设计、实验方法提出自己的观点和合理的改进意见。

表3 微生物学实验课的自主项目

Table 3 Independent projects of Microbiology Experimental course

项目名称	教学目标	教学内容	评价内容
Project item	Teaching objective	Content of course	Evaluation content
土壤中产抗生素放线菌的分离纯化 Isolation and purification of antibiotic producing actinomycetes from soil	1. 掌握从环境中分离纯化放线菌的方法 1. Master the method of isolating and purifying actinomycetes from the environment 2. 掌握平板菌落计数法 2. Mastering the plate colony counting method 3. 掌握琼脂块抑菌法 3. Master the agar block anti-bacterial	1. 用梯度稀释法和平板涂布法、划线法土壤中分离纯化放线菌 1. Isolation and purification of actinomycetes from soil using gradient dilution method, plate coating method, and streak method 2. 用琼脂块抑菌法初筛产抗生素的放线菌 2. Preliminary screening of antibiotic producing actinomycetes using agar block antibacterial method 3. 对放线菌进行简单染色和显微观察及菌种保藏 3. Simple staining, preserve and microscopic observation of actinomycetes	1. 项目设计方案评定 1. Evaluation of project design scheme 2. 项目开展过程中表现出的创新能力 2. The innovative ability demonstrated during the project implementation process 3. 实验汇报情况 3. Experimental report status
药物的体外抗菌实验 <i>In vitro</i> antibacterial experiments of drugs	1. 学习管碟法测定抗生素效价的原理和方法 1. Learn the principle and method of measuring antibiotic potency using the tube disc method 2. 学习纸片抑菌法的原理和操作 2. Learn the principle and operation of paper antibacterial method	1. 用药敏纸片法和滤纸片法测定各种抗生素和消毒剂对白色葡萄球菌和大肠杆菌的抑菌结果 1. Antibacterial effect of various antibiotics and filter paper with disinfectants on <i>Staphylococcus albus</i> and <i>Escherichia coli</i> determined by drug sensitive 2. 用管碟法测定氨苄青霉素的效价 2. Determination of the potency of ampicillin using the tube plate method	
耐药性微生物的分离纯化与分子生物学鉴定 Isolation, purification, and molecular biology identification of drug resistant microorganisms	1. 学习链霉素抗性细菌的筛选策略 1. Learn the screening strategy of streptomycin resistant bacteria 2. 掌握细菌的分子生物学鉴定操作流程 2. Master the operational process of molecular biology identification of bacteria	1. 环境中分离纯化一株链霉素耐药菌 1. Isolation and purification of streptomycin resistant bacterium from the environment 2. 对所纯化的链霉素耐药菌进行分子生物学鉴定, 构建系统发育树 2. Molecular biological identification of purified streptomycin resistant bacteria and construction of phylogenetic tree	

3.2 学生评教

在本校的教学质量评价系统中, 针对“微生物学实验”, 学生对“该课程教学激发我的学习兴趣”和“老师的教学提高了我的动手能力、深化了对理论知识的理解”的满意度分别由 19 级的 90.39%、92.90% 提高到 20 级的 91.08%、93.50% 和 21 级的 93.25%、95%。课程评教得分也由 19 级的学院前 8.52% 提高到 20 级的前 4.50% 及 21 级的前 1.79%, 微生物学实验课深

受学生喜爱, 学生在评教中反馈“教师责任心强, 讲课时理论联系实际, 幽默风趣、示范严谨, 能调动学生学习积极性, 学习起来十分轻松且印象深刻”。

3.3 问卷调查结果分析

针对教师教学指标的问卷调查结果可知, 教学态度(J1)、专业知识(J2)、教学技能(J3)、教学设计(J4)和教学实施(J5)得分方面均有提升, 在教学设计(J4)和教学实施(J5)两个指标的

表 4 课程考核成绩构成

Table 4 Composition of course assessment score

考核项目	成绩组成	成绩权重
Assessment project	Composition of achievement	Weight of achievement (%)
过程性成绩评定 Process performance evaluation	日常表现 Daily performance	项目设计方案评定 Evaluation of project design scheme
	实验准备参与情况及表现 Participation and performance in experimental preparation	实验操作过程中表现出的创新能力 The innovative ability demonstrated during the experimental operation process
		实验汇报情况 Experimental report
		实验数据的可靠性与准确度 Reliability and accuracy of experimental data
	实验报告 Test report	实验报告的撰写 Writing status of experimental reports
期末成绩评定 Final score assessment	操作考试 Operation exam	显微镜的使用及细菌的革兰氏染色、实验用具的包扎及划线接种 Use of microscope and Gram staining of bacteria, binding of experimental equipment and streaking inoculation

表 5 项目教学法实施前后教师教学和学生学成效调查指标

Table 5 Questionnaire on teacher teaching and student learning effectiveness before and after the implementation of project-based teaching method

教师教学指标	学成效指标
Teacher teaching indicator	Learning performance indicator
J1: 教学态度 J1: Teaching attitude	X1: 知识理解 X1: Knowledge understanding
J2: 专业知识 J2: Professional knowledge	X2: 技能提升 X2: Skill improvement
J3: 教学技能 J3: Teaching skills	X3: 团队合作 X3: Teamwork
J4: 教学设计 J4: Teaching design	X4: 独立操作 X4: Independent operation
J5: 教学实施 J5: Teaching implementation	X5: 创新能力 X5: Innovation capability

请在 1-5 之间选择, 数字从小到大分别表示认可程度从小到大

Please choose between 1-5, and the numbers from small to large indicate the level of recognition from small to large.

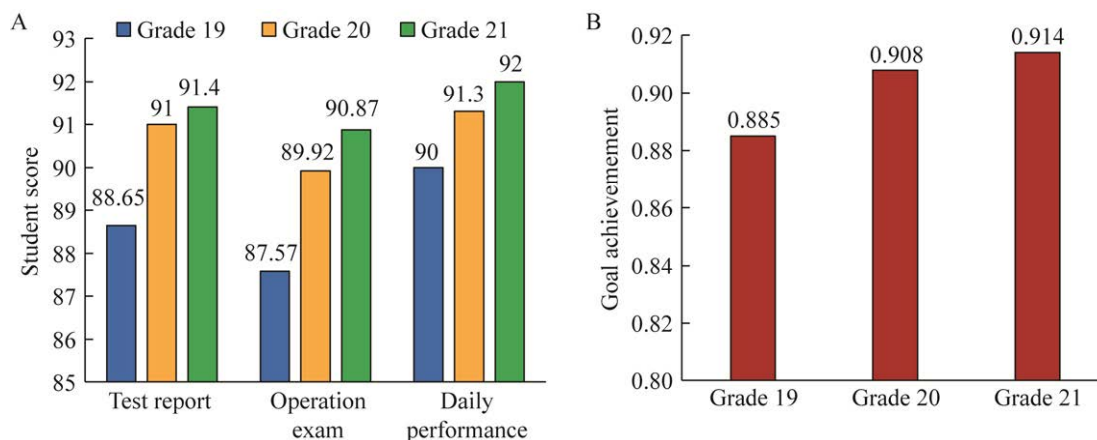


图 2 项目教学法改革前后学生成绩(A)和教学目标达成度(B)评价

Figure 2 Student score (A) and goal achievement (B) before and after the reform of project-based teaching method.

得分升高最为显著, 分别由 19 级的 3.77、3.12 提高到 21 级的 4.88、4.86。对教学技能的评分也由 4.12 提高到 4.90 (图 3), 综合以上指标, 可以看出学生比较认可项目化教学方法。

学生学习成效各指标的调查结果显示, 知识理解(X1)、技能提升(X2)、团队合作(X3)、独立操作(X4)和创新能力(X5)得分方面均有提升, 在团队合作(X3)、独立操作(X4)和创新能力(X5)这 3 个指标得分升高最为显著, 平均得分分别从 19 级的 3.18、3.57 和 3.08 提升到 21 级的 4.99、4.67 和 4.80 (图 3), 结果充分证明项目化教学在培养学生的独立能力、团队合作能力以及创新能

力方面均起到明显的作用, 达到了预期的效果。

3.4 改革的后续效果

本课程的训练大幅提升了本院学生的基础实验操作能力和创新创业思维, 每年有 30 余名本专业学生进入各院校和科研机构继续深造。近 2 年我院每年有 50 余名学生进入大型医药公司工作, 公司反映我院学生动手能力强, 实验技术娴熟。以本课程的实验为基础, 我院学生积极参加学科竞赛项目, 近 3 年参加全国大学生生命科学竞赛、中国“互联网+”大学生创新创业大赛和大学生创新创业训练等项目多次获得国家奖项(表 6)。

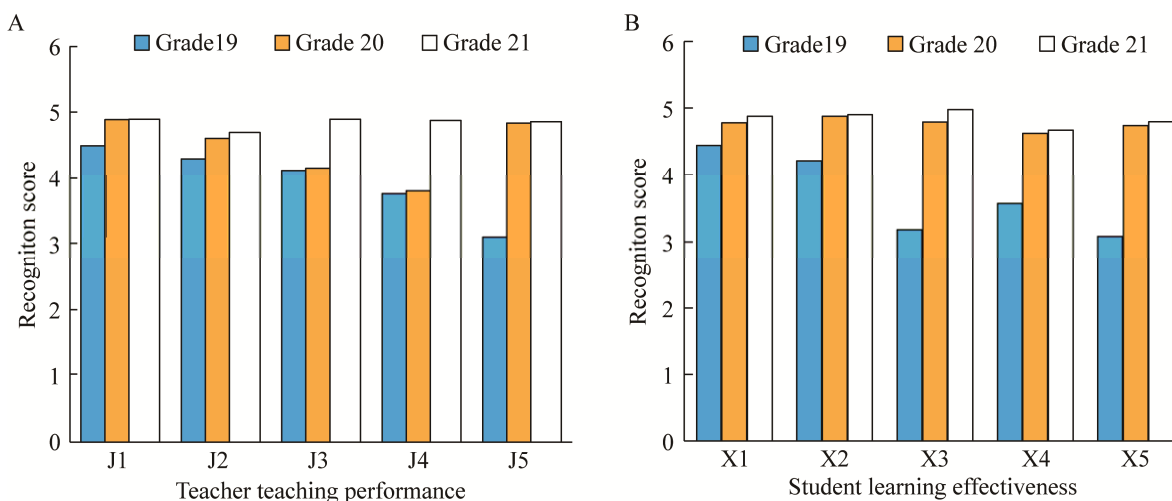


图 3 项目教学法改革前后教师教学表现(A)和学生学习效果(B)调查结果

Figure 3 Investigation results on teacher teaching performance (A) and student learning effectiveness (B) before and after the reform of project-based teaching method.

表 6 近 3 年来江南大学制药工程专业学生参赛获奖和学生立项情况

Table 6 Awards and project initiation of pharmaceutical engineering students from Jiangnan University in the last three years

时间	项目类别	项目名称	获奖等级
Time	Project type	Project name	Grand of award
2022	江苏省大学生生物医学工程创新设计竞赛	1. 新型仿生胃肠道生物反应器的研制与应用; 2. 治疗色斑和黑色素沉积的缓释可溶性微针贴片的设计和制备工艺; 3. 玻尿酸靓颜焕肤微针痘痘贴的开发及性能研究	二等奖 1 项, 三等奖 2 项

(待续)

(续表 6)

时间 Time	项目类别 Project type	项目名称 Project name	获奖等级 Grand of award
	Design competition of biomedical engineering innovation for college students in Jiangsu Province	1. Development and application of a novel biomimetic gastrointestinal bioreactor; 2. Design and preparation process of sustained-release soluble microneedle patches for treating pigmentation and melanin deposition; 3. Development and performance study of hyaluronic acid beautifying and revitalizing microneedle acne patch	One second prize, two third prizes
2020–2022	全国大学生生命科学竞赛 National college student life science competition	1. 艾塞那肽原位成型凝胶的制备及体内外评价; 2. 基于核酸酶RNase H 循环扩增高效检测神经性疾病重复基因; 3. 基于生长因子功能化水凝胶微球的慢性创面修复材料研究; 4. pH 响应释药性生物胶水的研发及应用; 5. 角蛋白酶的高效表达与应用研究; 6. 人肠道脱硫弧菌分离筛选及其对肝纤维化的影响; 7. 甜菊糖苷类化合物的生物合成; 8. 磷脂酶 D 高效表达菌株的构建及应用研究; 9. 计算机辅助设计提升角蛋白酶热稳定性	一等奖 3 项, 二等奖 1 项, 三等奖 5 项 Three first prizes, one second prize, five third prizes
2021	中国“互联网+”大学生创新创业大赛 China “internet plus” undergraduate innovation and entrepreneurship competition	Baby skin: 新一代创面修复仿生皮肤 Baby skin: a new generation of biomimetic skin for wound repair	铜奖 1 项 One bronze prize
2021–2022	大学生创新创业训练计划 College student innovation and entrepreneurship training program	1. 构建新型荧光可视化的干扰素基因刺激蛋白 STING 的研究; 2. 亚麻刺盘孢 P450 氧化酶 CYP-cl3 电子传递系统工程菌的构建及性能分析; 3. 糖基转移酶 UGT94D1 作用下莱鲍迪昔 A 的高效糖基化反应研究; 4. 胶原蛋白产生菌的构建及其发酵工艺研究; 5. 增强药物吸收的医用透明质酸酶的重组与表达; 6. 角蛋白肽的复合酶提取及其纳米载体克服口服吸收屏障的体外评价	6 项 Six projects
		1. Research on constructing a novel stimulator of interferon genes STING; 2. Construction and performance anence visualized interferon gene stimulating proteolysis of an engineering strain for the CYP-cl3 electron transfer system of P450 oxidase from <i>Colletotrichum lini</i> ; 3. Study on the efficient glycosylation reaction of rebaudioside A under the action of glycosyltransferase UGT94D1; 4. Construction of collagen producing bacteria and research on their fermentation process; 5. Recombination and expression of medical hyaluronidase to enhance absorption; 6. <i>In vitro</i> evaluation of composite enzyme extraction of keratin peptides and their nanocarriers overcoming oral absorption barriers	

4 结语

在 OBE 教学理念下, 基于对项目教学法教学改革的深入理解和精心的顶层设计, 以制药工程专业相关微生物实验知识和实验技能为主线, 设置逐级递进和相互关联的教学项目, 由经典验证性实验逐步向综合性和创新性实验过渡, 并对各类项目采取不同的指导方式和评价方法, 借助线上教学平台并与竞赛等项目相结合, 精确地提升和评价学生的自主学习、逻辑分析和创新能力。教学改革实施后, 在教师教学和学习成效两个维度的学生评价得分均有提升, 学生的团队合作、独立操作和创新能力三方面也有了很大的提高, 说明项目化教学改革达到了预期的目的, 值得后续进一步改进和推广。

REFERENCES

- [1] 洪龙. 北京大学微生物学实验课模块化教学的探索[J]. 微生物学通报, 2014, 41(4): 744-747.
HONG L. The exploration of modular teaching pattern for microbiology experiment in Peking University[J]. Microbiology China, 2014, 41(4): 744-747 (in Chinese).
- [2] 张庆芳, 迟乃玉. 微生物学实验教学考核评价体系的建立及实施[J]. 微生物学通报, 2009, 36(9): 1432-1435.
ZHANG QF, CHI NY. Establishment and implementation of the evaluation system in microbiology experimental education[J]. Microbiology China, 2009, 36(9): 1432-1435 (in Chinese).
- [3] 刘和, 符波, 刘宏波, 张光生. 德国大学工程教育项目教学法及其启示[J]. 中国大学教学, 2019(9): 92-96.
LIU H, FU B, LIU HB, ZHANG GS. Project teaching method of engineering education in German universities and its enlightenment[J]. China University Teaching, 2019(9): 92-96 (in Chinese).
- [4] 杜国丰, 孙兆楠, 杨薇, 韩璐, 刘凤翊. “环境微生物学实验”项目化教学模式改革初探[J]. 轻工科技, 2023, 39(1): 166-168.
DU GF, SUN ZN, YANG W, HAN L, LIU FX. Preliminary exploration of project-based teaching mode reform for “environmental microbiology experiment”[J]. Light Industrial Science and Technology, 2023, 39(1): 166-168 (in Chinese).
- [5] 魏东盛, 牛淑敏, 陈容容, 靳永新, 潘皎, 李明春, 刘方. 基于应用的基础微生物学实验教学模式的设计与探索[J]. 微生物学通报, 2016, 43(4): 873-876.
WEI DS, NIU SM, CHEN RR, JIN YX, PAN J, LI MC, LIU F. Construction and exploration of an application-based teaching model for microbiology experiment[J]. Microbiology China, 2016, 43(4): 873-876 (in Chinese).