



## 慕课背景下“微生物工程”实验课开放式教学模式探索

夏险 赵琪 苏平 涂俊铭\*

湖北师范大学生命科学学院 生物学国家级实验教学示范中心 湖北 黄石 435002

**摘要:**慕课等线上学习平台是教育信息化的结果,结合慕课对传统教学进行突破是近年来教学改革热点之一。“微生物工程”课程是高等院校生物技术、生物工程专业专业的必修课,该课程具有很强的应用性和实践性。为了加深学生对理论知识的理解、培养学生的科研思维,我们在微生物工程实验课的教学中引入了一种基于慕课教学资源的开放式教学模式。结果表明,这种慕课背景下的开放式教学在提升学生学习兴趣、锻炼学生创造性思维、增强学生科研素养、培养学生团队协作能力等方面都具有很好的效果。

**关键词:**慕课,微生物工程实验,开放式教学,教学模式改革

## Exploration of the open teaching mode of Microbiological Engineering experiment course under the background of MOOC

XIA Xian ZHAO Qi SU Ping TU Junming\*

College of Life Sciences, National Demonstration Center for Experimental Biology Education, Hubei Normal University, Huangshi, Hubei 435002, China

**Abstract:** Online learning platforms such as MOOC are the result of education informatization, and the breakthrough in traditional teaching combined with MOOC is one of the hot topics of recent teaching reform. Microbiology Engineering course is a compulsory course for biotechnology and bioengineering majors in colleges. It is a strong applied and practical course. In order to deepen students' understanding of theoretical knowledge and cultivate students' scientific thinking, we have introduced an open teaching model based on MOOC in the Microbiological Engineering experiment course. The results showed that open teaching under the background of MOOC had a good effect in enhancing learning interest, training creative thinking, enhancing scientific research literacy, and cultivating teamwork ability of students.

**Keywords:** MOOC, Microbiological Engineering experiment, open teaching, teaching model reform

**Foundation items:** Open Foundation of Hubei Key Laboratory (EWPL201907); Innovation Team Project of Hubei Normal University (T201907)

\*Corresponding author: Tel: 86-714-6511613; E-mail: junming\_tu@hbnu.edu.cn

Received: 12-05-2020; Accepted: 27-07-2020; Published online: 12-10-2020

基金项目: 湖北省重点实验室开放基金(EWPL201907); 湖北师范大学创新团队项目(T201907)

\*通信作者: Tel: 0714-6511613; E-mail: junming\_tu@hbnu.edu.cn

收稿日期: 2020-05-12; 接受日期: 2020-07-27; 网络首发日期: 2020-10-12

微生物工程是一门实践性极强的交叉应用型学科, 课程的内容不但可以将物理、化学、生物、数学等各个领域的理论运用到实际生产生活中, 同时也是学习发酵工程、蛋白质工程以及细胞工程等课程的基础<sup>[1-2]</sup>。开展“微生物工程”实验课, 可以加深学生对理论知识的理解, 培养学生的动手能力<sup>[3-4]</sup>。然而, 当前国内大多数微生物工程实验课的教学模式是教师提前准备好实验材料并完成预实验, 然后组织学生参加实验; 教学方法是教师讲授书面知识, 详细解释实验内容, 学生再根据教师的描述进行实验操作、完成实验报告; 最后再由教师审阅批改, 课程成绩由出勤报到率、实验报告以及期末考试成绩综合判定。这种模式普遍存在以下问题: (1) 教师单方面讲解课本内容, 忽视了实验过程中增强学生对知识的理解学习; (2) 学生没有学习的热情和主动性, 课后的实验报告也大多是相互抄袭完成, 学习质量很低; (3) 纸上谈兵, 学生对实验的设计和完成度低, 实验能力没有得到真正培养和提升, 也限制了学生的创造性科研思维。因此, 需要对这种传统的教学模式进行深化改革。

开放式实验教学是指将学生置于主体, 以项目为主导, 对学生开放教学资源、实验设备, 在教师的引导下完成课程学习<sup>[5]</sup>。开放的教学资源、实验设备是培养学生科研素养、动手能力和创造精神的有效途径, 也是教育部对高效本科教学评估的观测点之一<sup>[6-7]</sup>。近年来, 随着教育信息化的发展, 慕课等学习平台给开放式教学提供了很好的线上开放式教学资源<sup>[8]</sup>。在这种背景下, 我们构建了一种基于慕课的“微生物工程”课程实验的开放式教学模式, 并对其教学效果和存在的问题进行了探讨。

## 1 教学设计

我校“微生物工程”实验课在完成微生物学和微生物学课程实验, 以及微生物工程理论课开课6-7周后才开课。在大三上学期作为单独的一门实验课程, 一方面加强对理论知识的理解, 一方面为大三上学期的工厂教学实习打下基础。我们构建的

微生物工程课程实验开放式教学的详细流程模式见图1, 这种模式强调学生的主体地位。学生自主组成小组, 在给定主题的实验课题后搜索思考课题相关项目文献, 通过慕课学习和复习相关的实验原理和操作步骤, 设计本实验的方案, 组员合理分工, 完成实验记录并整理论文汇报成果。该课程期间教师主要负责提供实验场所、开阔思路、指导纠错等。通过此种理论结合实际启发式教学方式, 督促学生自主学习。

## 2 课程目标

常用的微生物工程课程实验教材主要包括4大部分: 微生物工程常用理化分析; 微生物工程菌株分离、选育及保藏; 微生物工程工艺过程及优化; 微生物工程产品实验<sup>[9]</sup>。我们以本校生科院15-17级生物技术专业“微生物工程”课程实验为例。实验内容为产紫青霉菌株分离纯化及菌种保藏、产紫青霉红色素的发酵条件优化、产紫青霉红色素提取工艺以及红色素相关理化性质的研究(表1)。产紫青霉是一种能够分泌大量红色素的真菌, 其本身无毒, 也不会产生有毒的代谢产物; 其次, 产紫青霉易于培养, 并可产生大量的红色素; 同时, 产紫青霉红色素的提取也较为简单, 适于学生进行操作。因此, 产紫青霉是一种比较好的实验材料, 可以充分将“微生物工程”课程实验的主要教学内容涵盖在这一课题中, 通过一个完整的项目将相关知识点串联起来, 完成该课程的教学目标。每学期开设1-2个平行班, 平行班的开课时间错开, 每个班的实验集中安排4周时间, 每个模块1周时间。每个班20-30人。每班分为6组, 自由组合, 每组4-5人。

## 3 教学过程

### 3.1 课堂教学与课外辅导

课程中课堂教学主要有3次, 第1次课堂教学教师对课程项目背景、课程涉及的基础知识进行讲解、提出实验目标和要求。实验总共分成4个模块, 第1个为基础性的实验, 后3个为探索性的实验, 具体如下: (1) 产紫青霉的筛选, 教师把产紫青霉

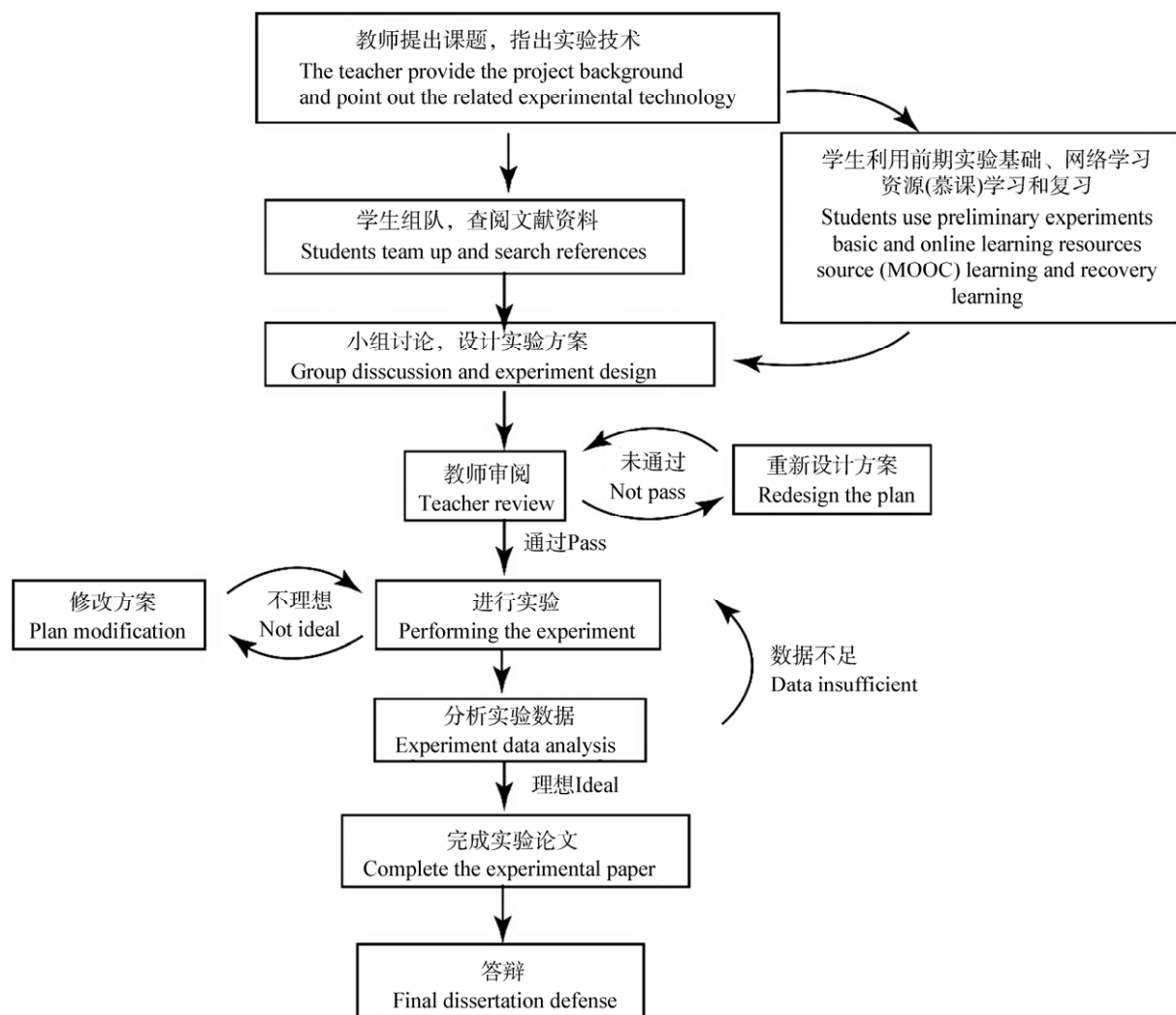


图 1 开放式教学模式图

Figure 1 Diagram of open teaching model

表 1 “微生物工程”实验课教学内容

Table 1 The content of Microbiological Engineering experiment course

模块	教学内容	学时分配	实验类型
Module	Content of course	Time allocation	Experimental mode
模块一	产紫青霉菌株分离纯化及菌种的保藏	6	基础性
Module one	Isolation, purification and preservation of <i>Penicillium purpurogenum</i>		Basic experiment
模块二	产紫青霉红色素的发酵条件优化	8	探索性
Module two	Optimization of fermentation conditions for producing red pigment in <i>Penicillium purpurogenum</i>		Exploratory experiment
模块三	产紫青霉红色素提取工艺优化	8	探索性
Module three	Optimization of the extraction process of red pigment from <i>Penicillium purpurogenum</i>		Exploratory experiment
模块四	红色素相关理化性质探究	8	探索性
Module four	Research on the physical and chemical properties of red pigment		Exploratory experiment

菌与大肠杆菌、枯草芽孢杆菌、羊肚菌的菌种的发酵液混合在一起, 模拟环境样品, 学生根据产紫青霉菌产红色素的特点进行分离纯化。(2) 产紫青霉菌发酵产红色素的条件优化, 每组自由选取 3 种以上发酵条件进行单因素分析, 要求每组选取的单因素不能完全一致, 具体的温度、转速、碳源种类等相关参数结合文献调研确定, 根据单因素实验确定影响最大的 3 种因素继续进行响应面实验, 确定最佳的组合方式(图 2A)。(3) 红色素提取条件的优化, 这部分给予学生 2 个选择: 一是对给定的提取方法(图 2B)进行优化, 可以探索不同提取试剂、浓度、温度等对提取的影响; 二是通过查

阅文献, 结合文献进行提取方法的创新, 要求各组方案不得雷同, 以最终的产量和纯度为标准判断提取效果, 对于自主创新方案取得成功的给予加分奖励。(4) 红色素的理化性质研究探究, 每组自由选取溶解性和稳定性影响因素各 3 种以上, 要求所选因素不得一致, 检测方法、氧化剂、还原剂的选择、浓度的控制等都由自行查阅参考书籍和文献资料确定(图 2C)。学生在课堂上自由组合确定分组, 然后自由讨论确定分工合作内容。课后, 学生通过查阅文献资料和慕课资源的学习, 整理出实验方案, 并以小组为单位交给教师, 教师进行审阅。

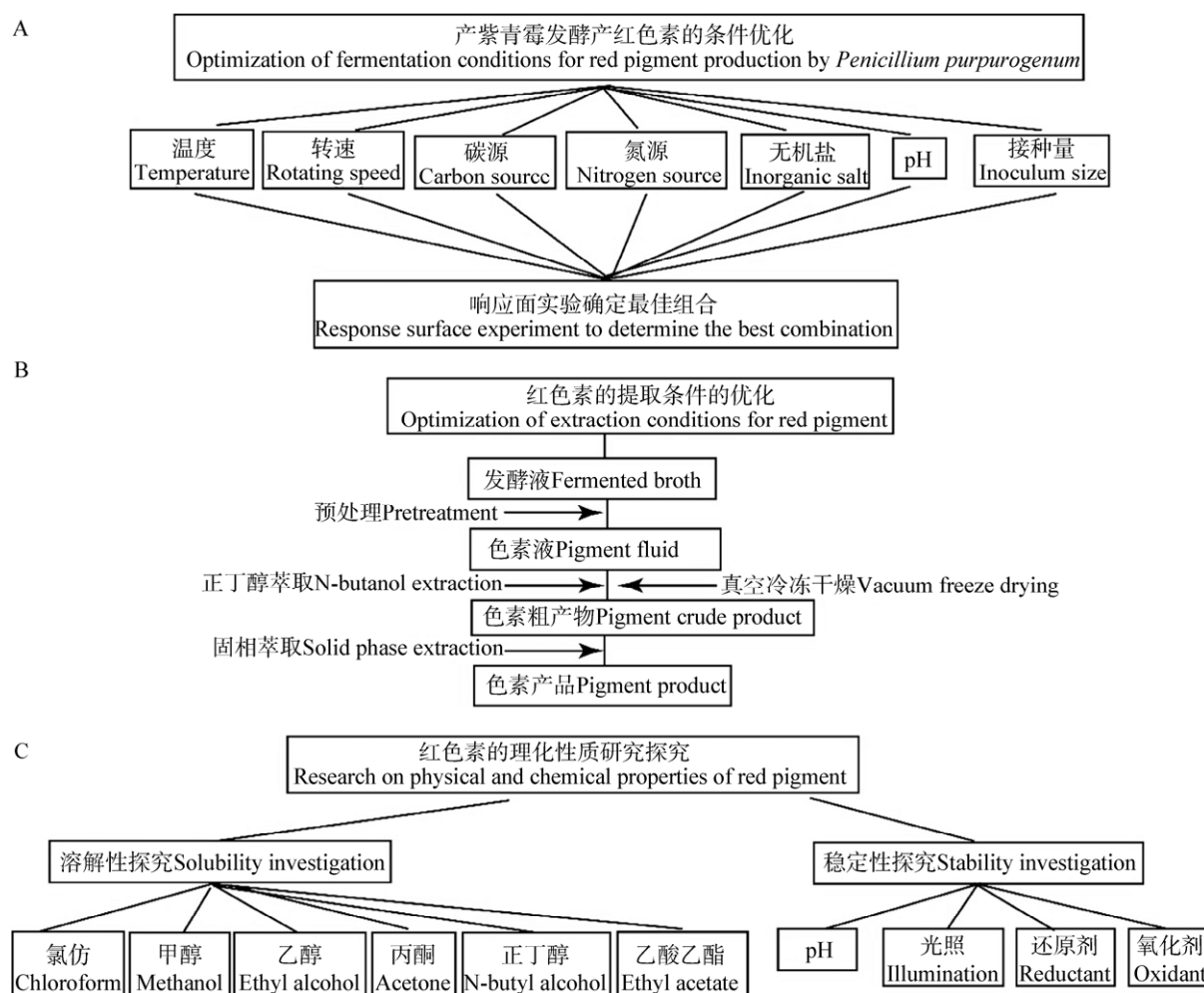


图 2 实验课中学生自主探索内容

Figure 2 The independent exploration part in the experiment course

第2次课堂教学,教师集中点评学生的实验方案,对符合要求的给予通过,不符合要求的退回并提出相应的改进意见,同时详细介绍实验室仪器设备并提醒安全须知。课后,通过审阅的学生开始按照实验方案进行实验,没有通过的则再次提交给教师审阅,然后开始实验。实验过程出现的问题,以2-3 d为周期集中报告教师,教师线上或当面协助分析解决。完成实验后,学生整理数据,完成实验论文。

第3次课堂教学,教师组织学生进行答辩,对每个小组的综合表现、实验设计、实验结果和课程论文的写作、讲解进行点评。课后,学生反馈整体学习体验,教师收集学生意见。

### 3.2 教学设备

教学中用到的教学硬件设备包括电子天平、pH计、高温高压灭菌锅、微波炉、超净工作台、培养箱、摇床、台式高速离心机、分光光度计、真空旋转蒸发仪等仪器设备,均由湖北师范大学生物学国家级实验教学示范中心微生物与生物技术实验室、无菌操作室、离心机室、分光光度计室等平台提供。实验期间对学生全程开放。教学中用到的软件包括中国大学 MOOC (学生对课程中的基础微生物技术进行学习和复习)、腾讯 QQ (实验过程教师对学生进行线上指导)、Origin 9.0 (数据分析和处理)、Office 办公软件(论文写作和答辩汇报)。

### 3.3 课程目标达成度评价

为了评价课程目标达成度,我们采取了直接评价和间接评价相结合的方式。直接评价包括实验前实验理论和实验方案的考核、实验过程中学生的操作考核、评定实验报告成绩、答辩考核。另外,我们也通过答辩环节的问答和课后学生反馈间接地对课程目标的达成度进行评价。

#### 3.3.1 实验前实验理论和实验方案的考核

该考核在实验之前进行,主要目的是促进学生对实验内容的熟悉和掌握,让学生掌握综合性实验的整个流程和实验的原理。内容主要包括:(1) 学生通过查阅资料了解产色素菌株的特点和提取步

骤,以锻炼学生阅读资料、综合和归纳资料的能力。(2) 学生根据自己的实验目标及查阅的相关资料,说明该实验方法的原理。(3) 学生根据查阅的相关资料,确定实验所需要的仪器、材料、用具和药品等,并大致确定用量,为后续实验做好充足的准备,这部分内容可以锻炼学生的统筹规划能力。这3个方面的考核在实验前进行,该部分的成绩占比为10%。

#### 3.3.2 实验过程中学生的操作考核

该考核部分为实验中考核。根据实验操作过程和注意事项,制定学生操作打分表,让各小组之间互相监督、互相考核。此过程的目的是提高学生对实验操作的认真程度和重视程度,确保每个学生都参与到实验中来。该部分的考核在实验中进行,成绩占比为30%。

#### 3.3.3 评定实验论文成绩

实验课更注重的是动手操作实践能力,但是也要学会对实验结果进行处理和归纳总结。各小组成员都必须参与论文撰写的过程,记录实验现象、分析总结结论,并标注每位小组成员的贡献。该部分的考核成绩占比为30%。

#### 3.3.4 答辩考核

在完成相关论文后,组织各小组进行期末答辩。每组学生准备相应的PPT,并在PPT中标注各组员的贡献。答辩时,教师随机对每个实验小组抽出一人,确保每位学生答辩前都认真参与准备。答辩人依照各组提前制作的PPT进行答辩、阐述实验思路、总结实验结果,答辩人完成答辩后其他组员可以对讲解进行补充,教师作为评审提出问题,并按照评分表,结合学生的答辩和各组员的贡献进行打分。该部分的考核成绩占比为30%。

最终的实验成绩将基于上述各方面进行综合判定。

## 4 教学反思

### 4.1 慕课背景下开放式教育的优势

#### 4.1.1 极具挑战性,激发学习兴趣

通过答辩时的问答和课程后的调查表明,学生

普遍认为该课程是很特别的一次实验。不同于以往课程中教师主导的模式: 实验过程步骤清晰明了, 实验结论也千篇一律, 实验失败也能够完成课程报告。本次实验是在一次次失败中重新再来、不断摸索探究的过程, 也正是这种风险, 更有挑战性, 充分激发了大部分学生的学习兴趣。

#### 4.1.2 学生全程参与, 主动学习

通过实验准备、方案设计、实验实施、论文写作、期末答辩, 大部分学生都全程参与到整个教学过程中。特别是前期的方案设计需要查阅大量的文献资料, 需要学生主动去学习、分析、思考才能进行设计, 而在实验实施时, 如何安排实验进程, 每次实验大概花多长时间? 下一次实验时间安排? 如何分工配合才能提高实验效率? 只有自主学习、反复琢磨, 才能做到井然有序。在一次次的琢磨中逐步熟悉和掌握相关的实验技能。学生可以通过这种自主学习, 形成自己的知识体系, 养成科研思维, 迸发创新思想<sup>[10]</sup>。

#### 4.1.3 充分挖掘教学资源, 运用理论知识

以往的教学模式就是教师单方面地讲授书面知识, 容易忽视学生的接受水平 and 理解度, 课堂内容也比较单调。开放式教学可以融合多种教学资源, 学生通过中国知网、万方数据库等检索文献, 学习项目背景、实验设计思路、实验方法、论文写作, 可以通过参考书籍和慕课等网上资源学习实验具体的操作步骤, 通过学习作图软件, 知道如何科学地处理实验数据。学生反馈, 以前使用慕课等平台都是教师找好了相关资源, 而此次课程是由学生结合自身需求自主寻找资源, 提升了自主学习的意识, 锻炼了学习资源的挖掘能力。同时, 开放实验室的各种实验平台, 一方面可以给学生大展身手的机会, 另一方面也是对教学设备使用的充分挖掘<sup>[11]</sup>。

#### 4.1.4 团队合作, 高效学习

整个“微生物工程”实验课程涉及近似完整的科研流程, 靠一个人的力量很难高效地完成, 这就需要团队的分工合作。大部分团队的学生在前几步的教学过程中都存在因缺乏沟通而无法合理分工的

情况, 但随着问题的不断暴露和团队的不断磨合, 通常在后期能较好地适应团队工作的方式。

### 4.2 慕课背景下开放式教学的挑战

#### 4.2.1 对教师的科研素养和教学能力要求高

开放式课程是学生的自学、学生之间的沟通讨论和教师的指导检验 3 个方面的共同发展, 教师虽然不再发挥主体作用, 但仍是实验课程安排的设计者和指导者。在学生自主寻找慕课资源时, 教师需要进行引导, 所以需要教师提前对这些课程资源有所了解。在实验方案审阅时需要点评并给出建议, 让学生学习到设计实验方案时的科研思维和对理论知识正确把握。在实验实施过程中学生遇到问题时需要及时地、有针对性地对问题进行总结、归纳, 并给学生一些有建议性的意见, 协助学生克服困难, 否则大部分学生无法按期完成实验, 而且会有很强的挫败感。在期末答辩时, 也要充分发现学生的优点并给予肯定, 严正指出学生的一些重大缺陷, 这样才能激发学生学习的积极性, 同时让学生体会严谨的科学态度。教师的自身素质和参与程度直接决定了开放式教学的效果, 这对教师本身就十分具有挑战性。

#### 4.2.2 对学生的基础知识和自觉性要求高

开放式课程的主体是学生, 对学生自身的要求也非常高。首先, 学生对实验相关的基础知识熟练掌握是开展开放式实验教学的前提。学生在开展“微生物工程”课程实验之前, 大都没有接受过系统的科研试验训练, 而开展开放式课程需要学生有相关的理论和实验基础。如果对前期一些微生物相关的课程知识储备不足则容易出现实验无法开展或者屡屡出错, 严重影响实验进度和教学效果。例如: 部分学生在实验室仍出现不会使用超净工作台、不会平板划线这些基础的微生物实验技能。这部分前期积累不够的学生, 需要其通过相关的线上教学资源如慕课等进行自主学习和复习, 才能正常开展相关的实验。另外, 在实验实施、数据处理、论文写作等过程中, 教师的监管力度相比传统的课堂要小很多, 这就需要学生能够自觉地参与教学活动、自

觉地遵守实验室相关准则。在论文和答辩 PPT 中也需要学生能够如实填写相关成员的贡献, 这样教师才能更客观和真实地评判每位学生的表现。

## REFERENCES

- [1] Li ZP, Wu P, Zhu CW, Zhang XH, He QY. Research and practice on the teaching reform of microbial engineering courses[J]. Guangdong Chemical Industry, 2013, 40(1): 149,132 (in Chinese)  
李正鹏, 吴萍, 祝嫦巍, 张晓红, 何庆元. 微生物工程课程教学改革探索与实践[J]. 广东化工, 2013, 40(1): 149,132
- [2] Ding YP, Han CW, Liu DJ, Qi XL, Du CM. Discussion and practice of design experiment of microbiological engineering in local university[J]. China Economist, 2018(8): 180-181,183 (in Chinese)  
丁玉萍, 韩诚武, 刘德江, 戚晓利, 杜春梅. 地方高校微生物工程设计性实验的探讨与实践[J]. 经济师, 2018(8): 180-181,183
- [3] Yan YX, Su GJ, Mo BL, Zhang XZ, Jiang CJ. Reform and practice in Microbial Engineering Technology and Equipment teaching based on outcome-based education theory[J]. Microbiology China, 2020, 47(4): 1011-1018 (in Chinese)  
阎欲晓, 粟桂娇, 莫柏立, 张锡贞, 蒋承建. 基于成果导向教育理念的“微生物工程工艺与设备”课程教学改革与实践[J]. 微生物学通报, 2020, 47(4): 1011-1018
- [4] Ma XK, Tao SX, Tai FD, Wei XY. The construction and teaching practice of Microbiological Engineering experiment course[J]. Microbiology China, 2006, 33(5): 165-168 (in Chinese)  
马小魁, 陶树兴, 邵发道, 魏希颖. 微生物工程实验课程建设与教学实践[J]. 微生物学通报, 2006, 33(5): 165-168
- [5] Zeng RS. Exploration on the teaching connotation and teaching mode of open experiments[J]. Education Teaching Forum, 2018(7): 268-269 (in Chinese)  
曾若生. 开放式实验教学内涵和教学模式初探[J]. 教育教學论坛, 2018(7): 268-269
- [6] Zhu LQ, Fu X, Yao B, Chen N, Chen X, Liu WH. Study of the open experimental teaching pattern of pharmaceutical engineering[J]. Education Teaching Forum, 2019(46): 271-272 (in Chinese)  
朱蠡庆, 付雪, 姚波, 陈楠, 陈筱, 刘万宏. 制药工程开放式实验教学模式研究[J]. 教育教學论坛, 2019(46): 271-272
- [7] Fu K, Wang R, Yang H, Wang JG, Ling ZB. Exploration on scientific research quality cultivation of undergraduate[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2017, 36(3): 207-211 (in Chinese)  
付坤, 王瑞, 杨罕, 王金国, 凌振宝. 高校本科生科研素养培养教育探索[J]. 实验室研究与探索, 2017, 36(3): 207-211
- [8] Lin BS, Shen SX. The application of massive open online course (MOOCs) and micro-lecture in the teaching reform of Fermentation Engineering course at the localized application-oriented universities[J]. Microbiology China, 2015, 42(12): 2475-2481 (in Chinese)  
林标声, 沈绍新. 慕课、微课在地方应用型高校“发酵工程”课程教学中的改革与探索[J]. 微生物学通报, 2015, 42(12): 2475-2481
- [9] Li XR, Tu JM. Theory and Technology of Fermentation Process[M]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, 2014 (in Chinese)  
李学如, 涂俊铭. 发酵工艺原理与技术[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2014
- [10] Yang XB. Open experimental teaching model of biology and cultivation of innovative ability[J]. Education Teaching Forum, 2018(19): 192-193 (in Chinese)  
杨先彬. 生物学开放式实验教学模式与创新能力培养[J]. 教育教學论坛, 2018(19): 192-193
- [11] Wang LY, Wang LZ. Strengthen open experimental teaching and cultivate innovative talents[J]. The Guide of Science & Education, 2019(7): 86-88 (in Chinese)  
王立云, 王龙樟. 强化开放式实验教学培养创新型人才[J]. 科教导刊, 2019(7): 86-88