



## 茶微生物学教学课程设计探索

瞿娇娇<sup>1</sup> 曹威<sup>2</sup> 邹晓<sup>\*2</sup> 吕立堂<sup>1</sup>

1 贵州大学茶学院 贵州 贵阳 550025

2 贵州大学生命科学学院 贵州 贵阳 550025

**摘要:** 微生物在茶树生长繁殖、病虫害防治、肥培管理、茶叶加工贮藏以及保健品开发等领域中扮演的角色越来越重要,甚至衍生出一门新的学科“茶微生物学”。当前茶学专业设置的微生物课程普遍存在课程内容繁杂、与茶学专业联系不紧密、不能很好地应用于专业所需等实际问题。本文以贵州大学茶学院的茶学专业为例,针对茶这一经济作物及相关的微生物,积极开展茶微生物学课程的教学内容改革探索。课程基于微生物学的基础知识,围绕微生物在茶叶生产各方面的具体作用,通过设置主题教学内容、突出专业实践教学内容 and 项目设计、使用灵活的学习方式、注重能力考核等多方面来综合提升该课程的教学质量,吸引学生的学习兴趣和,夯实学生的基本理论与专业技能。

**关键词:** 茶微生物学, 课程设计, 教学改革

## Proposal of a curriculum design for Tea Microbiology teaching

QU Jiao-Jiao<sup>1</sup> CAO Wei<sup>2</sup> ZOU Xiao<sup>\*2</sup> LV Li-Tang<sup>1</sup>

1 College of Tea Science, Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025, China

2 College of Life Sciences, Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025, China

**Abstract:** Microorganisms play an increasingly important role in the tea industry, including in the growth and reproduction of tea trees, disease and insect pest control, fertilizer management, tea processing and storage, and the development of health food products. In fact, an entire discipline, Tea Microbiology, has recently been established. At present, the college Microbiology courses available for those majoring in tea-related subjects have several practical problems, such as having content that is too general and of little relevance to the majors. With the Tea major in the Tea College of Guizhou University as an example, this paper explores the reforms to the Tea Microbiology course required to increase its relevance to the tea industry. The proposed course curriculum involves an introduction to basic microbiology and the specific role of microorganisms in tea production, and sets the theme of teaching content. We introduce the project design and highlight the importance of professional teaching practice and content, the use of a flexible learning style, comprehensive teaching ability appraisal to

**Foundation items:** National Natural Science Foundation of China (31860037); Key Agricultural Projects of Guizhou Province ([2019] 2405)

**\*Corresponding author:** E-mail: xzou@gzu.edu.cn

**Received:** 08-11-2019; **Accepted:** 12-03-2020; **Published online:** 18-03-2020

**基金项目:** 国家自然科学基金(31860037); 贵州省农业攻关项目(黔科合支撑[2019] 2405)

**\*通信作者:** E-mail: xzou@gzu.edu.cn

**收稿日期:** 2019-11-08; **接受日期:** 2020-03-12; **网络首发日期:** 2020-03-18

improve the quality of the course, increasing the students' interest in learning, and strengthening students' basic theory and professional skills.

**Keywords:** Tea Microbiology, Curriculum design, Teaching reform

微生物是地球表面生物圈的重要成员,广泛分布在自然界,并对自然界的物质转化和生物循环有重要的意义和作用<sup>[1]</sup>。随着科学技术的进步及农业可持续性发展的需要,生态系统中各生物种间相互协调和相互促进的关系日益成为研究热点,微生物学作为生物领域的基础学科也越来越多地被充分利用到医学、农业、工业、食品和生物技术等各个领域。因此,微生物学被很多高等院校生物学各专业及生物学相关专业列为基础课程,对学生从事食品、微生物检验检疫、医学研究等工作具有显著的支撑和促进作用<sup>[2]</sup>。

微生物与茶叶从生产、加工及存储等各个环节密切联系,也是茶学相关专业需要掌握的基础储备知识之一。近年来随着微生物学科的迅猛发展,相关微生物在茶树的生长繁殖、病虫害防治、肥培管理以及茶叶的加工贮藏、保健品开发等领域中的应用也越发重要<sup>[3]</sup>。加工后茶叶的微生物含量指标在茶叶贸易过程中也越来越受到社会的关注<sup>[4-5]</sup>。因此,茶树生长以及茶叶加工前后工序中所涉及到的微生物具有一定的特殊性。这种特殊性主要体现在茶树植物保护<sup>[6-8]</sup>、茶叶加工过程<sup>[9-10]</sup>以及茶叶流通存在的质量<sup>[11-12]</sup>和卫生指标<sup>[4]</sup>等方面。

目前国内外高校开设的茶学专业培育方案中,微生物学或农业微生物学是作为通识课程设置的。针对上述特殊性没有针对性,更没有将茶学专业与相关微生物学内容更紧密地结合起来。如贵州大学的茶学本科专业开设的微生物学课程为“农业微生物学”,内容是参照生物学专业所使用的教材,共36个学时,课程内容与茶学专业联系不紧密。另外,实践教学也是传统的验证性实验课程,并没有设置开放实验室及茶学相关科研训练项目。这种课程设置不利于茶学专业学生对微生物知识的理解、联系和融合。而随着茶产业的不断发展,各种新技

术、新标准不断涌现,对茶学人才综合素质的要求在不断提高,因此,现行的茶学相关课程亟需进行调整,从而提升教学质量和学生综合素质,以满足社会和产业发展的需求。

为了明确微生物在茶生产过程中的重要角色及作用,打造特色和精品课程,将微生物基础知识围绕茶学相关内容进行融合,并结合贵州特色的茶产业和微生物学的最新国际发展趋势,设计贵州大学茶学专业的“茶微生物学”课程方案和实验项目。通过此课程希望学生能掌握围绕茶树及茶叶加工微生物基础知识、研究手段和过程,从而对微生物与茶生产之间的关联以及微生物在茶产品中的创新应用有更深入的认识,培养解决实际问题的思维和能力。

## 1 茶学专业开设的微生物学课程存在的主要问题

### 1.1 课程针对性不强

目前还没有专门针对茶学专业编排的微生物学教材。普遍使用的教材主要是周德庆主编的《微生物学教程》(第3版)<sup>[13]</sup>(ISBN: 9787040314045)。该教材对微生物五大生物学规律——形态构造、生理代谢、遗传变异、生态特性和分类进化进行编排,为微生物学的概念框架、理论体系、方法论特点和应用领域提供了相对完整、全面的论述与把握。微生物学作为现代高新生物技术的理论与技术基础,对于生物学专业背景的学生来说是必须要掌握、深刻理解的重要课程<sup>[14]</sup>。但是对于茶学专业背景的学生来说,该课程仅需他们进行基础知识和理论的了解,并与专业知识进行联系、应用。另外,微生物学知识点较多、涉及面广,知识点相对零碎、分散且容易混淆,而目前教材中的很多理论都起源于病原微生物的研究成果,如果仅借助教材,没有针对茶学专业进行课程编排和内容联系,会使课程变

得繁杂而且枯燥,会导致学生吃不透知识点,与实践联系比较困难。所以茶学专业的微生物学课程需要做出适应性的改革。

## 1.2 实践教学模式和内容陈旧

微生物学课程还包含有系列配套的微生物实验教学,这些实践教学可以训练学生掌握微生物学最基本的操作技能,了解微生物学的基本知识,加深对微生物实际的感知。但茶学专业目前设置的微生物学常规教学模式主要是以验证性的实验为主,学生基本处于被动的学习状态<sup>[15]</sup>。课程设计也逐渐暴露出了如下问题:实践教学模式相对陈旧、与学科相关的核心实践内容缺少综合设计、大多数实验内容仍沿用十年以前的教学大纲、基础知识与微生物学最新的国际发展前沿的更新融合不足等,课程教学内容和模式亟需改革。如“微生物的营养与培养基”一章内容中设计的实验内容还是经典的牛肉膏蛋白胨培养基、马铃薯葡萄糖培养基等的配制,这些基础培养基主要是针对极少数可培养的细菌和真菌而设计的。但环境中的微生物绝大多数(90%–99%)是不可培养的<sup>[16]</sup>,基础培养基已经远远满足不了实际工作需求,如何获取这部分微生物资源仍然是微生物学研究的热门领域。因此,从这些细节内容中扩展学生的思维和问题的实际解决能力是该课程改革的重要设计内容。

随着高通量测序技术的发展,目前茶树生产、茶叶品质的形成等方面有大量研究是基于 16S rRNA 基因序列的非培养微生物多样性,但拿不到菌种使得目标微生物的应用和机理研究成为空中楼阁。有研究者根据 16S rRNA 基因序列的系统进化相似性及已知培养基的物种来推断其相似性高的近缘物种的培养基,构建了目标菌株培养基的预测网站(KOMODO, <http://komodo.modelseed.org/>),将基于 16S rRNA 基因序列的微生物多样性数据与目标菌株的分离培养有机地衔接起来<sup>[17]</sup>。在该章节实验设计过程中,通过与最新研究进展相结合,可以创新性地引导学生利用这个网站对茯砖茶或

茶树根际已发表数据中不同目标微生物的培养基配方进行设计,再使用常规培养基与不同的新组合培养基对微生物进行分离培养和对比实验。通过该实验设计和实施,学生既能掌握微生物纯培养的概念,了微生物营养生长需求的差异,同时进一步明确了微生物在茶产业中扮演的角色,既拓展了学科领域的发展动向,又使得与专业知识之间的关联更加顺畅。

## 2 课程主要内容

### 2.1 课程定位

准确把握本课程的教学目的、内容、方法和手段,着力培养学生对微生物基础知识的理解之外,为适应今后的职业发展,还应将微生物学的经典理论和前沿进展融入本专业,合理引入案例进行教学,保证学生所学知识 with 茶学的关联性,着重培养学生的创新意识和跨学科应用理念。除了注重对学生基础知识的构建之外,还将微生物在茶采摘前的茶树栽培和采摘后的茶叶加工以及后续精深加工等方面发挥的作用作为教学主线贯穿整个教学环节,加强知识体系的整体优化和纵横交联。教学模式上突出启发式教学<sup>[18]</sup>,加重实践教学模块的比重,灵活利用讨论式教学等先进的教学方法,着力提高学生学习兴趣,调动学生的积极主动性,培养学生主动思考和分析问题的能力。

### 2.2 教学内容

遵循学生职业能力培养的规律,根据实际需要设计教学大纲,将本课程原有的包括原核和真核生物的形态、构造和功能,病毒和亚病毒因子,微生物的营养和培养基,微生物的新陈代谢,微生物的生长及其控制,微生物的遗传变异和育种,微生物生态及传染与免疫共9章教学内容整合为4个模块(表1)。

(1) 基本知识模块:包括微生物的形态、构造和功能及微生物的营养、培养基及新陈代谢,构建微生物学的基础知识框架。本部分内容全部以课堂教学形式进行讲授,大纲中所涉及的案例均以茶树

栽培和茶叶加工过程中常见的微生物为主。加重了本部分内容的平时成绩权重, 灵活使用随堂小考、随堂作业和绘制知识结构图等方式帮助学生构建基础知识的逻辑框架, 促进学生课堂的参与度。

(2) 综合知识模块: 包括微生物的生长及其控制、微生物的遗传变异和育种、微生物生态及传染与免疫, 并掌握培养基制备、微生物纯培养、鉴定技术等微生物学基本技术。此部分内容以课堂教学

为主, 以实验结果、案例展示为辅, 在原有科学知识和经典实验案例的基础上注重知识的更新, 引入本学科前沿领域发展最新研究热点和趋势动向(如茶树种质资源筛选的新方法、减少茶叶苦涩味和增加鲜爽味的分子技术进展等), 拓展学生的眼界, 引导兴趣发展。此外还引入翻转课堂等形式鼓励学生进行知识查新、总结、汇报并进行评比加分, 培养学生的语言、逻辑思维、组织能力等。

表 1 “茶微生物学”课程教学改革前后教学内容的比对

Table 1 Comparison of teaching content before and after reform of the Tea Microbiology course

序号 No.	教学模块 Module	改革前的教学内容 The contents before the reform	改革后的教学内容 The contents after the reform	改革后理论 知识学时 Learning time of basic knowledge after reform	改革后课堂 讨论学时 Learning time of class discussion after reform	改革后实践项 目汇报学时 Learning time of project report after reform
1	基本知识 模块 Basic knowledge module	无此两个模块的分类, 仅按教材编排的章节内容进行讲授 The course content is arranged according to the textbooks' chapters and does not include the classification of these two modules	将微生物学基础知识按主题板块单独列出, 构建清晰的逻辑框架, 降低学习难度 The course listed the introduction to basic microbiology separately according to topic to build a clear logical framework, which reduced the difficulty of learning content	12	2	0
2	综合知识 模块 Integrated knowledge module		在前期基础框架之上分别加深内容层次和难度, 注重逻辑引导和学科前沿发展的穿插, 引导学科兴趣 On the basis of the preliminary framework, the course increases the amount of content and the level of difficulty, provides opportunities for regular guidance and to further develop the contents, and drives students' interest in the subject	12	2	0
3	综合实训 模块 Experimental training module	仅设置常规验证性实验, 与专业联系不紧密 The experimental course contains regular confirmatory experiments, which are not closely related to the major	围绕茶叶生产、茶叶加工和后续精深加工三个过程相关的微生物, 并结合课程要求设计实验项目, 理论结合实际, 难易适中 The experimental course focuses on the microorganisms related to the three processes of tea production, tea processing, and intensive processing and designs the experimental project based on the course requirements, combining theory with practice	8	0	2
4	实践模块 Integrated practice module	无 No	结合茶生产实际进行系列生产调查和创新科研活动, 着重培养综合实践能力 The course carries out a series of investigations of production and innovative scientific studies combined with practical tea production, focusing on cultivating students' comprehensive practical ability	8	0	2
合计 Total				40	4	4

(3) 综合实训模块: 主要围绕与茶树生产、茶叶加工和后续精深加工三个部分相关的微生物内容展开, 设计系列相关的实验项目, 包括常见影响茶树生长的病原微生物的分离和鉴定技术、茶产品卫生质量指标检测、茶发酵过程中优势微生物的分离纯化等实验。教学模式以教师讲解和演示为主, 学生通过动手完成实验项目, 得到具体实验结果, 实验项目的设计突出基础知识与技术训练的融合统一, 保证教学内容的前后衔接和融会贯通。

(4) 实践模块: 成立茶微生物学兴趣小组, 自主选择活动主题, 如开展课外调查研究和科研项目等活动, 包括茶园流行病害的调查、茶园中虫生真菌资源的调查、茶叶加工线上微生物多样性的调查等多种创新实践活动, 实现专业理论知识与茶叶实践生产问题的有机结合, 为学生申请校级和国家级的的大学生创新训练项目提供支撑, 也为今后解决工作中出现的实际问题提供案例参考和能力培养。

## 2.3 教学实施设计

### 2.3.1 理论知识教学

“茶微生物学”课程的理论课教学均采用多媒

体课件形式集中讲授。依据本专业的课程标准, 参考多类型的教材, 充分收集教学素材, 精心设计、制作适合茶学专业高质量的教案、课件, 完善课程设计、教案和多媒体课件, 将基础微生物学知识准确、直观、形象地传授给学生。课堂讲授应用生动图片、茶相关纪录片、慕课及课堂翻转等多种形式展开, 教师注重引导学生知识体系的构建。另外, 讲授的内容紧密联系专业, 使学生对本课程更为重视, 提高他们的学习热情。同时, 建立良好的教师与学生互动机制, 充分开展课堂讨论, 利用晚自习时间积极安排课后答疑, 使学生对所学知识能够及时进行归纳总结。课程教学结束后, 教师要对所授课程进行全面的调研和评估, 总结经验教训, 不断改进教学质量。

### 2.3.2 综合实践教学

为提升教学效果, 将常规的微生物学经典教学实验进行整合和重新设计, 围绕茶生产过程与微生物的联系, 将实践教学部分分为两个模块: 实验技能训练和综合实践能力培养, 见表 2。整合之后的基础实验技能训练部分共包含 4 组实验, 均是为了加强微生物学理论在实践中的应用, 以及验证、巩

表 2 “茶微生物学”综合实践教学内容设置

Table 2 The contents of a comprehensive curriculum for Tea Microbiology

教学模块	教学内容
Teaching module	Teaching content
基础实验技能训练	1. 显微镜的使用、细菌革兰氏染色及真菌棉兰染色观察
Basic experimental skills training	1. Tutorial on microscopy, observation of bacterial gram staining and fungal staining 2. 培养基的设计、配制及纯种培养 2. Production of culture medium and pure culturing 3. 茶叶中细菌和真菌总数的计数 3. The total number of bacteria and fungi in tea products 4. 茯砖茶/普洱茶中优势菌的分离培养 4. Isolation and culture of dominant bacteria in Fuzhuan/Puer tea
综合实践能力培养	1. 茶树根际可培养微生物多样性调查
Comprehensive practical ability training	1. Investigation on the diversity of culturable microorganisms in the rhizosphere of the tea plant 2. 多种虫生真菌混合菌剂对茶园鳞翅目害虫的防效研究 2. Study of the control effects of various entomogenous fungi and mixed fungicides on lepidoptera pests in a tea garden 3. 白僵菌对茶树的定殖促生作用研究 3. Research on colonization and growth effect of <i>Beauveria bassiana</i> on tea plants 4. 蛹虫草、蝉花发酵茶保健饮料的开发 4. Development of a health beverage of fermented tea with <i>Cordyceps militaris</i> and <i>Isaria cicadae</i>

固和加深理解专业课的知识。另外,为提高学生在实践中分析问题、解决问题的能力,“茶微生物学”课程设置综合实践能力培养模块,充分利用开放实验项目、校内中试基地及小学期实习等多种途径开展兴趣小组项目的实施。研究内容选教学设计内容中设定的题目或自主命题,积极鼓励学生进行大学生创新训练项目申报,培养学生自主学习、团结协作、勇于挑战的能力。除此之外还结合本科毕业论文需求进行实践内容设计,使实践训练更加系统化。

#### 2.4 课程评价

课程考核是检验学生对专业知识掌握程度的有效手段,同时也是反映教师教学效果的重要途径之一<sup>[19]</sup>。为了鼓励学生学以致用,让学生应用微生物学理论知识去分析解决茶生产问题,并培养学生探索未知领域的兴趣,“茶微生物学”课程增加了

平时学习情况和实践能力方面的考核比例,将平时课堂出勤率、参与课堂问答及实验技能表现、项目研究报告撰写等纳入了考核指标(表 3)。

### 3 结语

微生物学一直是茶学专业培养方案中的必修课,但从前期该门课程的调研结果来看,学生集中反映的问题主要有:知识体系庞杂,有些课程内容难度较大,基础知识部分的内容比较抽象,与既有知识难以建立联系,课程内容多数不能与本专业很好地相结合,对本门课程开设目的不明确等。针对以上存在的主要问题,对茶学专业的微生物学课程进行及时的改革和优化,联系专业的实际需求,特制定“茶微生物学”。

学科内容与专业紧密联系、培养专业核心能力是茶微生物学的核心目标。我们希望通过重组、重

表 3 “茶微生物学”课程考核体系

Table 3 Tea Microbiology course assessment

总评成绩构成	考核指标与权重	考核内容
The total results constitute	Assessment indicators and weights	Examined content
平时考评成绩	考勤	上课出勤情况
Classroom evaluation (20%)	Attendance (50%) 课堂参与度 Students' participation (50%)	Attendance at class 参与课堂问答、讨论与点评的情况 Participation in questions & answers and class discussions
实践能力考核成绩	基本实验技能考核	理解能力和动手能力
Practical ability assessment (40%)	Basic experimental skills assessment (25%) 实验结果 PPT 汇报 Presentation of experimental results with powerpoint (25%) 项目方案论证 PPT 报告 Presentation of project plan with powerpoint (25%) 项目研究结果报告 Project research report (25%)	表达能力和洞察能力 Presentation and insights 内容设计、创新能力、系统性和表达能力 Project design, innovation, systematization and presentation 总结分析、结果表达和报告写作规范 Summary analysis, result description and report writing
期末考试成绩	名词解释	茶微生物概念的掌握
Final exam grade (40%)	Explain the glossary (10%) 填空题 Fill-in-the-blank (20%) 选择题 Multiple choice (20%) 问答题 Questions and answers (30%)  论述题 Essay questions (20%)	The basic concepts of tea microorganisms 茶微生物重要知识点 Important features of tea microorganisms 茶微生物发散知识的辨析能力 Ability to distinguish and analyze tea microorganisms 茶微生物基本理论知识系统掌握程度 Systematic mastery of the basic theoretical concepts of tea microorganisms 运用微生物基本理论知识分析、解决茶生产过程中的具体问题 Using the basic theory of microbiology to analyze and solve specific problems in tea production

新编排优化后的课程设计,可以减轻学生的学习难度,循序渐进地引导学生建立微生物与本专业的联系,使学生明晰课程目的,进而重视课程学习、产生学科兴趣,促进学生知识、能力和素质全面提高,达到“厚基础、强能力、重创新”的茶学专业人才培养目标。另外教学内容和教学方法的革新是为了注重学生实践操作技能的训练,并积极提供平台鼓励学生将微生物学知识与茶学进行融合创新,强化学生综合实践能力,以期培养能够主动获取知识及富有创新能力的高素质茶学专业人才,提升茶学专业学生的核心能力,为后续的深造和就业奠定坚实的基础。

## REFERENCES

- [1] Dubilier N, McFall-Ngai M, Zhao LP. Microbiology: create a global microbiome effort[J]. *Nature*, 2015, 526(7575): 631-634
- [2] Liu XY, Li Y, Lyu HX, et al. The reform exploration of Microbiology Experiment teaching oriented by active learning[J]. *Microbiology China*, 2018, 45(10): 2280-2284 (in Chinese)  
刘心妍, 李玉, 吕和鑫, 等. 以主动学习为导向的“微生物学实验”教学改革探索[J]. *微生物学通报*, 2018, 45(10): 2280-2284
- [3] Huang YY. Products of Microbial Tea[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2017: 18 (in Chinese)  
黄友谊. 茶微生物产品学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2017: 18
- [4] Yang QY, Chang G. Comparison analysis of the standards for black tea and green tea in China and Sri Lanka[J]. *Standard Science*, 2019(7): 17-20 (in Chinese)  
杨庆渝, 常秉. 中国与斯里兰卡茶叶标准比对分析[J]. *标准科学*, 2019(7): 17-20
- [5] Li Y, Jiang XG, Hao JQ, et al. Tea polyphenols: application in the control of oral microorganism infectious diseases[J]. *Archives of Oral Biology*, 2019, 102: 74-82
- [6] Shao YD, Zhang DJ, Hu XC, et al. Arbuscular mycorrhiza improves leaf food quality of tea plants[J]. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 2019, 47(3): 608-614
- [7] Nepolean P, Jayanthi R, Pallavi RV, et al. Role of biofertilizers in increasing tea productivity[J]. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2012, 2(3): S1443-S1445
- [8] Wu QS, Shao YD, Gao XB, et al. Characterization of AMF-diversity of endosphere versus rhizosphere of tea (*Camellia sinensis*) crops[J]. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 2019, 89(2): 348-352
- [9] Luo HY, Zhong YF, Yuan LY, et al. The advances in the application of microorganisms in deep processing of tea leaves[J]. *Tea in Fujian*, 2014, 36(1): 2-5 (in Chinese)  
罗红玉, 钟应富, 袁林颖, 等. 微生物在茶叶深加工中的应用研究进展[J]. *福建茶叶*, 2014, 36(1): 2-5
- [10] Chen YL, Yu HS, Lv Y, et al. Investigation on the isolation, identification and the biological characteristic of Eurotium fungi in the Kangzhuang and Qingzhuang brick tea[J]. *Journal of Tea Science*, 2006, 26(3): 232-236 (in Chinese)  
陈云兰, 于汉寿, 吕毅, 等. 康砖和青砖茶中散囊菌的分离、鉴定及其生物学特性研究[J]. *茶叶科学*, 2006, 26(3): 232-236
- [11] Hu GQ, Li Y. Design and implementation of tea quality safety traceability system based on NFC[J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2018, 46(4): 197-200 (in Chinese)  
胡国强, 李茵. 基于 NFC 的茶叶质量安全追溯系统的设计与实现[J]. *江苏农业科学*, 2018, 46(4): 197-200
- [12] Liao YX, Xu K. Traceability system of agricultural product based on block-chain and application in tea quality safety management[J]. *Journal of Physics: Conference Series*, 2019, 1288(1): 012062
- [13] Zhou DQ. Microbiology Course[M]. 3rd ed. Beijing: Higher Education Press, 2011: 3 (in Chinese)  
周德庆. 微生物学教程[M]. 3版. 高等教育出版社, 2011: 3
- [14] Chen WL, Hu S. Outside the classroom—teaching reform practices of Microbiology by flipped classroom[J]. *Microbiology China*, 2016, 43(4): 735-741 (in Chinese)  
陈雯莉, 胡胜. 课堂之外——微生物学“翻转课堂”的改革实践[J]. *微生物学通报*, 2016, 43(4): 735-741
- [15] Gao XZ, Liu H, Zhang W, et al. Exploration of three-stage practical teaching mode of Food Microbiology[J]. *Microbiology China*, 2018, 45(3): 665-669 (in Chinese)  
高秀芝, 刘慧, 张巍, 等. 食品微生物学三段式实践教学模式的探索[J]. *微生物学通报*, 2018, 45(3): 665-669
- [16] Schleifer KH. Microbial diversity: facts, problems and prospects[J]. *Systematic and Applied Microbiology*, 2004, 27(1): 3-9
- [17] Oberhardt MA, Zarecki R, Gronow S, et al. Harnessing the landscape of microbial culture media to predict new organism-media pairings[J]. *Nature Communications*, 2015, 6(1): 8493
- [18] Zhang JT, Feng R, Wang XY. Application of PBL teaching method in the design and exploration of microbiology experiment curriculum project in Aalborg University[J]. *Light Industry Science and Technology*, 2019, 35(9): 191-193 (in Chinese)  
张静涛, 冯蕊, 王雪莹. 应用奥尔堡大学 PBL 教学法对微生物学实验课程项目设计探索[J]. *轻工科技*, 2019, 35(9): 191-193
- [19] Zhang J, Xu M, Zou X, et al. Discussion on the teaching reform of wetland ecology course taking ecological science major of Guizhou University as an example[J]. *Forestry Education in China*, 2018, 36(5): 50-53 (in Chinese)  
张健, 徐明, 邹晓, 等. “湿地生态学”课程教学改革的探讨——以贵州大学生态科学专业为例[J]. *中国林业教育*, 2018, 36(5): 50-53