

## 发酵工程课程的立体化教学探索与实践

安登第\* 曾献春 张瑞 努尔古丽·热合曼 张伟

(新疆师范大学 生命科学学院 新疆 乌鲁木齐 830054)

**摘要:** 发酵工程课程实践性强且直接影响学生就业。近年来针对课程特点和授课对象,我们从教学理念、模块划分和授课方式等方面进行了改革和探索。课程改革以“能力培养为宗旨、课程模块为单元、多种教学资源为平台”,探索了模块化、立体式教学模式,依据教学内容将理论课程划分为发酵工程设备、固体发酵、液体发酵和产品分离四个模块;实践教学紧密结合地方特色,以葡萄酒发酵全过程作为发酵基础实验,并通过工厂实习和科技作品试验提高学生的实践能力和创新意识;教学方式采用课堂教学、实验室操作和生产车间参观、实习相结合,实现课堂、实验室、车间立体结合,理论、实验与生产实践的有机链接。经三届共 240 多名学生的实践,证实对提高学生的社会实践能力和创新能力都有显著的促进作用。

**关键词:** 发酵工程, 模块化, 立体化, 教学模式, 改革

## Exploration and practication of a stereoscopic system on Fermentation Engineering course

AN Deng-Di\* ZENG Xian-Chun ZHANG Rui NURGUL Rohman ZHANG Wei

(College of Life Sciences, Xinjiang Normal University, Urumqi, Xinjiang 830054, China)

**Abstract:** Fermentation Engineering is one of the most important practicality specialized course for undergraduates majoring in biological engineering specialty, and the teaching quality has critical effects on students' professional ability for their practical work after graduated. For the purpose to improve the teaching efficiency and enhancing the practical experience on fermentation engineering, the teaching ideas, methods, and functional partition were explored and practiced. Based on the content, the course was divided into four unites including fermentation equipments, solid fermentation, liquid fermentation, and the products isolation. Based on the fermentation technology, the experiment course was practiced peculiarity with the whole procedure of wine fermentation in laboratory. And the technical training was accomplished in fermentation workshop. Based on the lecture module, the course was accomplished in classroom, laboratory, and workshop by professor of the university, professionally engineer of the industry, and laboratory technician. The stereoscopic teaching system consists of basic theory studies, operation exercises, and workshop engineering practices, were constructed and practiced for three years with more than 240 peoples. The results

基金项目: 新疆师范大学“《发酵工程》精品课程”和教学质量工程“《发酵工程》立体化教学体系探索”(No. SDJGY2012-22)

\*通讯作者: Tel: 86-991-4332472; ✉: anddg@yeah.net

收稿日期: 2013-09-02; 接受日期: 2013-10-22; 优先数字出版日期(www.cnki.net): 2013-10-30

indicated that this was helpful for their social practice ability and enhance innovative competence.

**Keywords:** Fermentation Engineering, Modularization, Stereoscopic teaching system, Model of instruction, Reform

“发酵工程”是基于生物学知识和工程学概念,解决生物技术产业化中关键问题的一门专业核心课程,内容涉及数学、物理、化学、微生物学及化工原理和工程等课程,内容丰富、涉及面广,不仅是工业生物技术的核心,更是生物技术产业化的关键,因为基因工程、酶工程和细胞工程等生物技术的最终成果通常都必需通过发酵才能最终实现,因此课程教学内容的编排、教学模式及与生产实践的结合对培养高素质应用型人才至关重要,教学过程也必需兼顾系统性、基础性、科学性、实用性和先进性<sup>[1]</sup>,并结合课程及所在学校的特点建立相应的立体化教学体系。对于“发酵工程”课程教学方式,许多教育工作者已从不同角度进行了改革与探索,包括课堂教学、实验教学等<sup>[2-9]</sup>。

我校“发酵工程”课程自 2003 年生物技术专业招生以来即予以开设,主要目标是为新疆培养以地方资源发酵生产特色产品、掌握现代发酵技术的人才。随着经济发展和社会对人才需求的变化,特别是新疆丰富的地方资源与独具特色的民族发酵食品在现代经济中重要性的凸显,原有的“按部就班、亦步亦趋”的教学方式已难以满足需要。为此我们探索了基于课堂教学内容模块化、实验室操作系统化、与车间实习结合的“走出去、请进来”的多元化、立体式教学模式,经多年实践,证实对培养适应地方经济发展的技术人才有积极作用。

## 1 教学改革思路与目标

我校“发酵工程”是为生物技术专业四年级学生开设的专业课,也是学生进入社会走向工作岗位前的职业技能训练课。针对课程特点和授课对象,我们将这一课程教学改革思路确定为:“拓宽知识领域,注重技能培训,适应社会需求,引导技术创新”。其中“拓宽知识领域”是在讲授新知识的同时加强与已有知识的联系,进而拓展对发酵工程的了

解。“注重技能培训”是注重学生对相关工程技术、技能的掌握,改善“理科生”重理论、轻操作的缺陷,突出“看得见、摸得着”的生产车间现场实践,提升学生的创新能力和综合技能,为新疆发酵产业输送合格的技术人才。

## 2 课堂教学改革

### 2.1 课堂教学结合基础知识, 少而精

“发酵工程”课程内容繁杂,涉及微生物学、有机化学、遗传学及物理学等多门学科的基础知识。我们在理论课教学时注意根据学生已学课程的情况来安排教学内容,重点讲授相关基础知识与发酵工程的联系和应用,实现学时安排“少而精”。如发酵工程教材中将生产菌种的分离筛选、培养保藏、活化扩大等作为重要内容,但这些知识在“微生物学”课程中已经讲授,所以在“发酵工程”课程中这部分内容只是简单总结,并用课堂提问的方式引导学生分析、讨论发酵工程所讲授的菌种分离、保藏等内容与“微生物学”课程有何异同,让他们了解在“发酵工程”课程中所提到的菌株分离是获得满足特定发酵需求的专用菌株,而保藏则是针对特定菌株的最优保藏技术,区别于“微生物学”课程的普遍适用方法。

### 2.2 分解课程模块, 知识“打包”讲授, 效率高

我校“发酵工程”理论教学为 36 学时,依据课程内容的内在联系,我们将其划分为发酵工程设备(4 学时)、固体发酵(12 学时)、液体发酵与控制(14 学时)和产品分离(6 学时)四个模块,依照工艺流程对模块知识点进行“打包”,首先讲授一种适用于模块普遍性知识的发酵产品,再比较介绍其它产品发酵机理的特殊性。教学中除发酵工程设备部分,包括原料制备、发酵罐、通风设备和发酵控制设备等需要逐个讲授外,其余依据知识点介绍通用技术与原理,再针对不同发酵产品介绍各自特点及控制

点。如食醋发酵的乙酸产生是以酒类的乙醇发酵为基础的, 则其工艺的第一阶段就可一带而过。对产品分离的知识点, 以有机化学的相溶性、等电点、柱层析、膜分离等为基础, 重点讲授不同发酵产品所采用的分离技术及其原理, 如结合当地哈萨克族牧民蒸馏法制取马奶酒等内容, 使学生重点掌握生物分离技术与生产实践的联系。通过知识点“打包”, 大幅度提高了教学效率。

### 2.3 探索“走出去、请进来”教学模式, 优势互补

发酵工程在生产应用中的操作控制是成功控制发酵过程的制约因素之一, 但大学教师往往缺乏生产实践经验, 对生产中诸多技术细节了解不足, 而对此最熟悉的莫过于生产一线技术人员。为此, 我们探索了“将课堂设在车间”的“走出去”教学方式, 针对发酵控制技术特点与难点, 带领学生到包括葡萄酒、食醋和啤酒等发酵生产车间参观, 由任课教师和工厂技术人员现场讲授发酵工艺与控制技术; 同时聘请经验丰富的发酵工程师作为特聘教师, 进入学校教室进行 2 学时的“发酵控制工艺与要求”的授课, 使讲授内容更加生动, 也更接近生产实际。通过这种方式充分利用了教学资源, 实现了优势互补, 实践证明这一教学方式效果良好。

## 3 实践教学改革

发酵工程的“直观性”与“可操作性”是课程的重点, 为此我们探索了“充分利用教学资源、实现立体实践模式”的实践教学改革。

### 3.1 紧密结合地方特色, 注重实用性

我校发酵工程课程开设时间是每年的下半年, 刚好是新疆葡萄成熟的季节。为此, 针对新疆地域资源特色, 结合工艺流程, 我们将基础实验结合葡萄酒发酵进行。在 27 学时的实验课程中, 9 学时用以完成发酵前期的酵母菌保藏、扩大培养为主要内容的基础实验; 以 18 学时完成发酵中期的菌株扩大、发酵原料制备、接种与发酵过程控制内容, 以及发酵后期的以发酵过程中酒精和总糖含量检

测为主要内容的设计型实验。这样不仅可使学生在学习中掌握与自己生活密切相关的发酵过程, 提高他们的学习兴趣, 同时还可以牢固掌握相应的发酵技能, 为他们选择职业提供一定的帮助。

### 3.2 社会实践与生产实际结合, 突出“看得见”

发酵工程是一个工业化生产过程, 需要大量的设备和设施, 而课本所讲述的内容仅限于原理的讲述, 最多包含图片, 现代多媒体教学也最多可提供包括照片、动画或视频等具有一定直观性的资料, 但仍无法有“身临其境”的感觉。为此, 我们在课程实践中与相关生产厂家联合, 将学生带入生产车间, 包括酱油、食醋、葡萄酒、啤酒、乳品发酵等, 一方面直接感受生产过程和氛围, 另一方面结合发酵原理现场讲授工艺流程。看得见的生产流程可对学生产生更强烈的印象, 使其对工艺的了解更加深刻。

### 3.3 充分利用学校与社会资源, 突出“摸得着”

发酵技术发展到今天已形成具有广泛基础的社会化生产项目, 其实践教学可利用资源非常丰富。为此, 我们在教学中以实验室和多家生产工厂为基地, 实施了加强操作能力训练的探索, 突出“摸得着”。

(1) 实验室操作: 从菌种保藏、活化、培养、放大、葡萄酒发酵等工艺过程对微生物的操作练习在实验室完成。实验操作采用 3 人一组, 每人负责不同的内容, 相互合作完成实验项目。

(2) 生产车间实习: 对于包括食醋、酱油、乳制品发酵、葡萄酒及啤酒酿造等已具备大规模生产的产品, 我们带领学生到乌鲁木齐的七一酱园、天润乳品厂、乌鲁木齐冰湖葡萄酒庄和乌苏啤酒厂等企业参观实习, 使他们完整了解产品发酵过程及质量控制等全面技术与技能。

(3) “设计型”科技作品试验: 针对地方特色资源, 设计一种或多种产品的发酵工艺, 在老师指导下进行科技创新试验。如以新疆独有的野生浆果黑果枸杞为材料进行果酒发酵, 以胡萝卜为材料的乳

酸菌发酵,和以果汁与“开菲尔”共同发酵的特色设计型实验都取得了成功。

#### 4 立体化教学体系

综上所述,“发酵工程”课程的特点决定了立体化教学体系是保证教学质量的关键。它以实现“教学目标”为宗旨、以完成“教学内容”为目标、以“教学资源”为基础、以不同“教学方式”而设计;以“课程讲授”、“技能培训”、“生产实践”以及“课程考核”来实现整个教学过程。图 1 展示的是我校“发酵工程”课程的立体化教学体系。其中“课程讲授”阶段聘请企业生产一线工程技术人员来到课堂讲授“发酵过程控制技术”内容;“发酵产品生产工艺”教学内容实施,首先教师在课堂讲授,之后带学生去企业实地参观并实地介绍。理论教学考核为期末考试占 60%、考勤与课堂讨论占 20%、参观研习(生产企业参观和参与创新实践)占 20%;实验课程考核

为实验操作技能和实验报告各占 50%。

通过系统的理论课程学习和创新性实践教学,以葡萄酒发酵全过程为主要内容的实践教学使学生掌握了发酵工程的基础技能,而通过参与任课教师的相关科研项目,包括“黑果枸杞果酒制备方法”、“胡萝卜汁发酵饮料开发”等,使学生对微生物发酵应用于新疆特色资源开发有了更直观的认识,实践能力和创新意识都得到了充分提高。

#### 5 教学改革成效

以 2010–2013 教学年度我校生物技术专业三个年级共 6 个班的教学实践为例,这一教学模式对提高学生对发酵工程知识的掌握、增强实际操作技能及创新能力培养等都有显著促进作用。三年间以新疆丰富的水果、民族特色发酵食品为资源开发绿色、健康、时尚饮品的创新项目多项,其中以本

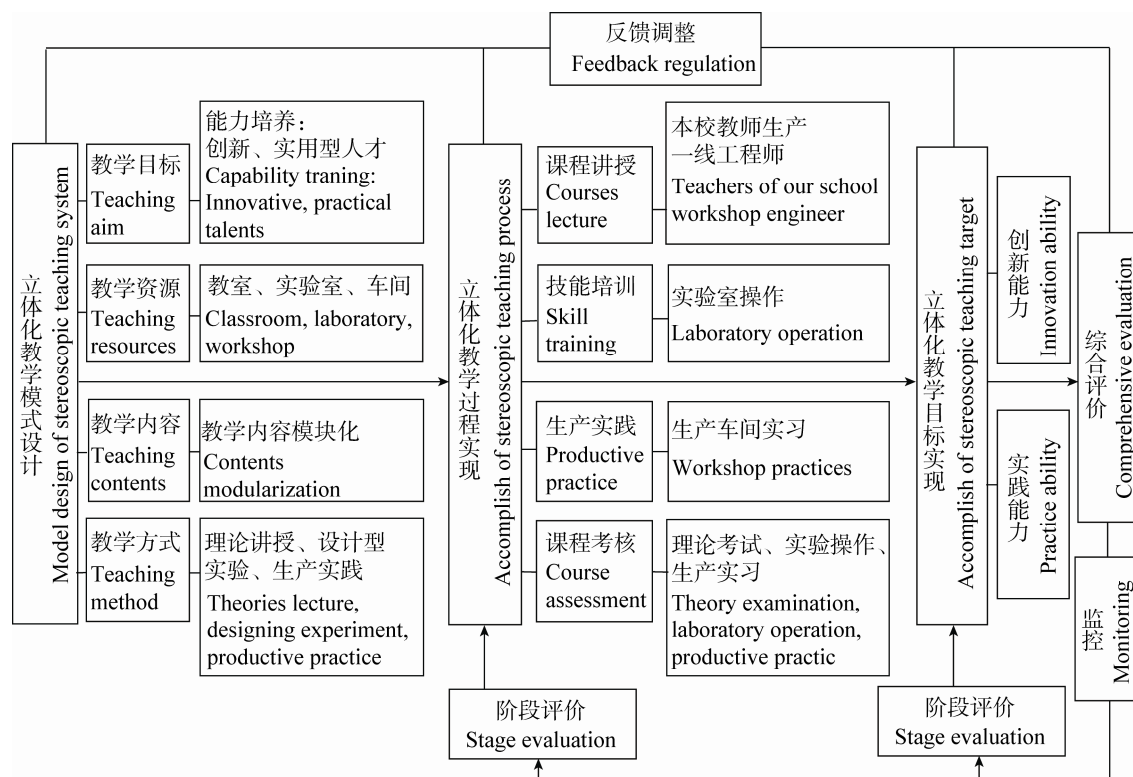


图 1 新疆师范大学“发酵工程”课程立体化教学体系

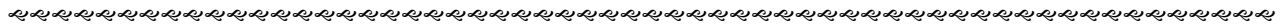
Figure 1 Schematic of stereoscopic system on Fermentation Engineering course of Xinjiang Normal University

科生为主完成的“黑果枸杞果酒制备方法”获得国家专利授权,“胡萝卜汁发酵饮料开发”、“果汁与开菲尔自调时尚饮品开发”两项创业项目获校级“大学生创业计划”优秀奖,另有“发酵骆驼乳特性研究”、“赛里木拉丝酸奶中微生物的特性分析”和“公共环境有害微生物快速检测”等5项“大学生科技作品”获得校级和自治区级奖项。

经教学团队全体成员的努力,“发酵工程”课程已获批校级精品课程和教学实验示范中心建设,课程改革成果被评为校级教学改革三等奖,三位老师获得教学改革研究项目立项。教学改革实践证明,模块化、立体式、多元化教学模式对提高教学效率、培养综合技能、激发创新意识都有积极的促进作用。目前取得的成果也为今后课程的进一步改革实践奠定了基础,也希望该课程的改革措施能够为其他课程改革提供参考。

## 参 考 文 献

- [1] 冯惠勇,仪宏,孙国志,等. 发酵工程教学的体会与设想[J]. 微生物学通报, 2002, 29(6): 98-100.
- [2] 许波,黄遵锡,杨云娟,等. 发酵工程实验教学改革初探[J]. 微生物学通报, 2007, 34(3): 600-602.
- [3] 贾彩凤,常忠义,叶希韵,等. 发酵工程实验的改革与实践[J]. 微生物学通报, 2009, 36(3): 453-457.
- [4] 任晓莉,赵润柱,梁保红. 发酵工程课程的教学改革与实践[J]. 微生物学通报, 2011, 38(1): 127-130.
- [5] 李凇,邓建,谢鸿观,等. 《发酵工程与工艺》课程改革的思考与探讨[J]. 成都理工大学学报: 社会科学版, 2011, 19(6): 113-116.
- [6] 姜军坡,王世英,李佳. 制药工程专业发酵工程课程改革探索[J]. 河北农业大学学报: 农林教育版, 2011, 13(2): 172-175.
- [7] 古绍彬,吴影,李市场,等. 发酵工程课程教学改革与实践[J]. 中国轻工教育, 2012(2): 74-75.
- [8] 明红,刘涌涛,聂国兴. 发酵工程实验教学体系的改革探索[J]. 河南科技学院学报, 2012(8): 120-122.
- [9] Ge L, Zhu Z, Yu Q, et al. Exploration on student-centered fermentation engineering course by problems conducted teaching[J]. Creative Education, 2013, 4(2): 89-91.



## 科技信息摘录

### PLoS ONE: 科学家开发出可鉴别自然界中未知微生物种的新型设备

世界上存在着数以百万种的微生物种,但是截至目前科学家们仅仅可以鉴别出这其中的很少一部分,许多种微生物由于不能在实验室条件下生存,所以目前研究人员并不能对其进行鉴定;近日常来自美国东北大学等处的研究人员通过研究开发了一种新型设备,其可以对环境中的任何一种单一微生物种进行培养,进而进行后续研究和鉴定,相关研究成果刊登于国际杂志 PLoS ONE 上。

此前研究中研究者利用掺入渗透膜的设备就可以将隐藏在环境中的微生物暴露于营养物质中进而对其研究,但是在自然环境中物种之间存在激烈的竞争,所以长期以来研究者们可以分离得到的微生物种依然很少。而这项研究中,研究者解决了这个问题,本文中研究者开发的这种新型设备就可以使得单一的细菌细胞进入到包含有细菌“食物”的暗箱中,而暗箱中包含有细菌细胞进入的一种显微通道,其仅比细菌细胞稍窄一些。这种显微通道如此狭窄以至于当进入一个细菌细胞后,就可以阻断其余细胞的进入;在暗箱中细菌的细胞就可以开始增殖,当其增殖到纯种样本并且充满整个箱体后,研究者就会对其进行收集并且进行鉴定。

研究者表示,这种新型设备可以对不同实验室条件下的不同细胞类型进行分离,在第一组实验中研究者分离出了大肠杆菌和铜绿假单胞菌,在第二组实验中他们分离出了玫瑰杆菌属和 *Psychoserpens* 菌属;最后研究者利用设备将相同种的不同细胞进行分离,并且用红光或者绿光对其进行标记;最终的实验结果证实了研究者的假设,即生长在食物暗箱中的细菌细胞就是当时进入到暗箱狭窄通道细胞的后代细胞。相关研究由美国国家自然科学家基金等处提供资助。

——摘自生物谷 2014-07-05

<http://news.bioon.com/article/6654555.html>

<http://journals.im.ac.cn/wswxtbcn>