

## 基于科研反哺教学的生物分离工程实验教学改革研究

赵永军<sup>1</sup> 冯德明<sup>2</sup> 李俊峰<sup>2</sup> 孙诗清<sup>2\*</sup>

(1. 嘉兴学院生物与化学工程学院 浙江 嘉兴 314000)

(2. 嘉兴学院南湖学院 浙江 嘉兴 314000)

**摘要:** 基于科研团队最近几年关于微生物产灵菌红素的科研成果,以灵菌红素系列产品为主线,引入分离纯化所涉及的不同单元操作,辅以其影响因素,尝试构建一套符合国家对应用型创新型生物工程技术人才要求的生物分离工程实验教学体系。

**关键词:** 生物分离工程实验, 科研反哺教学, 教学改革

## Reform on Bio-separation Engineering Experiment based on research feeding teaching

ZHAO Yong-Jun<sup>1</sup> FENG De-Ming<sup>2</sup> LI Jun-Feng<sup>2</sup> SUN Shi-Qing<sup>2\*</sup>

(1. College of Biological, Chemical Sciences and Engineering, Jiaxing University, Jiaxing, Zhejiang 314000, China)

(2. Jiaxing University Nanhu College, Jiaxing, Zhejiang 314000, China)

**Abstract:** In recent years, research focuses on prodigiosins of microbial production. The paper try to build and explore Bio-separation Engineering Experiment system based on prodigiosins, which involved in the unit operation of separation and purification in textbook, combined with the impact factor of every unit operation. It can help to develop applied and innovative personnel in the field of bio-engineering and technology.

**Keywords:** Bio-separation Engineering Experiments, Research feeding teaching, Teaching reform

实验教学是大学教育的重要组成部分,是现代大学的“心脏”<sup>[1]</sup>。国内外学者围绕着实验教学中存在的问题展开了大量的研究,其中包括专业实验体系的构建<sup>[2-3]</sup>、实验教学改革项目管理平台建设<sup>[4]</sup>和实验教学改革理论与实践探讨<sup>[5]</sup>等各个方面。针对生物工程专业实验的教学改革也开展了一系列有针对性的理论研究和改革实施案例,取得了可

喜的教学效果<sup>[6-8]</sup>。在生物分离工程实验方面,赵东旭等<sup>[9]</sup>以天花粉蛋白为模型,提出了其提取、分离和纯度检测的操作单元及相应的实验内容,并应用于研究生的实验教学,强化了学生系统性认知能力和工程能力;胡永红等<sup>[10]</sup>对“生物分离工程实验”教学课程体系进行了改革,构建了递进式新型实验教学模式,形成了生物分离工程综合性设计实验教学

**Foundation item:** The Teaching Reform Fund of Jiaxing University (No. 70115002BL)

**\*Corresponding author:** Tel: 86-573-83643301; Fax: 86-573-83645668; E-mail: sunshiqing9621@163.com

**Received:** October 08, 2015; **Accepted:** January 03, 2016; **Published online** (www.cnki.net): January 04, 2016

**基金项目:** 嘉兴学院重点教学改革项目(No. 70115002BL)

**\*通讯作者:** Tel: 86-573-83643301; Fax: 86-573-83645668; E-mail: sunshiqing9621@163.com

**收稿日期:** 2015-10-08; **接受日期:** 2016-01-03; **优先数字出版日期**(www.cnki.net): 2016-01-04

课程体。但是,由于各个学校专业结构和培养方案的不同,使得在一些高校比较成功的课程改革案例并不适用于我校生物工程专业的具体情况。我校生物工程专业是由原来的发酵工程发展而来的,侧重于黄酒的酿制,从2001年才有生物工程本科专业,仍然处于教学改革实践的初级阶段,还没有形成完备的教师梯度和教学团队。因此我们必须要根据自己专业的特点以及教师现有的科研成果,科学合理地进行生物分离工程实验的课程改革,建立具有自己特色的生物分离工程实验教学体系。

## 1 实验教学改革背景

纵观国务院于2015年5月印发的《关于深化高等学校创新创业教育改革的实施意见》、浙江省教育厅2014年9月印发的《高校课堂教学创新三年行动计划(2014—2016年)》,以及笔者所在嘉兴学院实施的《嘉兴学院“十二五”教育事业发展规划》、《嘉兴学院创新能力提升计划实施方案(试行)》等相关文件,其中心思想都是要不断优化课程体系,加强课程建设,深化教学改革,提高教育教学质量。

“生物分离工程实验”课程是在生物分离工程理论课程学习过程中不可或缺的实践创新部分。它所涉及的相关课程和知识较多,如物理、化学、微生物、计算机等,其具有明显的实践性和科学性的双重特点,在嘉兴学院生物工程专业的人才培养方案中,始终将其列为重点课程,包括40学时理论学时和32学时实验学时。但在2009版以前的实验教学大纲中,其实验项目的设定主要侧重于知识与技能的培养,如酵母蔗糖酶的提取、双水相系统中蛋白质分配系数的测定、pH值对反胶束萃取胰蛋白酶的影响以及离子交换法制备纯水4个实验项目,每个实验项目安排8学时,16组32人的实验规模。在实验教学过程中发现存在很多缺陷,如实验项目所需学时均等,各知识点间相互联系不紧密,实验内容相对较散,学生实践热情不高,缺乏系统性和创新性等。因此,学生大多预习后机械地验证课堂教学中所学理论,初步加深了对理论知识的理解,

全然忽略了过程与方法的掌握和情感态度与价值观的形成,同时所使用实验材料和制备出来的样品也没有得到回收利用,导致大量废弃物的产生,并花费可观的实验运行费用。

自2009年以来,生物工程研究所一直从事灵菌红素系列产品的研究工作,从土壤中筛选出一株高产灵菌红素的菌株jx1(CGMCC 4074),并进行了培养基的优化以及灵菌红素的分离纯化和鉴定,形成了一套完整的灵菌红素实验技术。在生物分离工程的理论教学中,也常以灵菌红素系列产品作为案例进行讲解,学生理解比较容易,因为在“生物工艺学实验”的课程改革中,将灵菌红素的发酵工艺作为一个实验项目进行了尝试,学生对其已经有了初步的了解。因此,在生物分离工程实验教学中构建了如下的改革体系:利用生物工艺学实验所获得的发酵液进行灵菌红素的分离纯化和纯度鉴定,首先通过教师科研经验,形成一条可行的对照组实验方案,其次学生查阅相关文献论证形成一条自主设计实验方案,以灵菌红素的回收率和纯度为考察指标,评价两条实验方案的优劣,培养学生未来从事研究探索活动的一种思维品质和习惯。

## 2 生物分离工程实验教学体系的构建

### 2.1 实验项目的界定

以前驱课程“生物工艺学实验”所产生的废料——粘性沙雷氏菌jx1的发酵液为原材料,灵菌红素的提取分离以及纯度鉴定为实验项目,以灵菌红素的回收率与纯度为考察指标,建立生物分离工程实验教学体系如图1所示。在该教学体系构架中,包括基础理论部分(单元操作及影响因素)和创新实践部分(单元操作及影响因素的优化组合)。

### 2.2 实验项目的组织形式

教学设计与氛围对实践教学效果会产生正向显著影响<sup>[1]</sup>,要求教学设计目标明确、内容适度、学生可接受;教学氛围轻松互动、有一定的挑战性。因此生物分离工程实验教学设计采用对照组实验(以教师科研过程中总结的分离纯化操作,可以保证

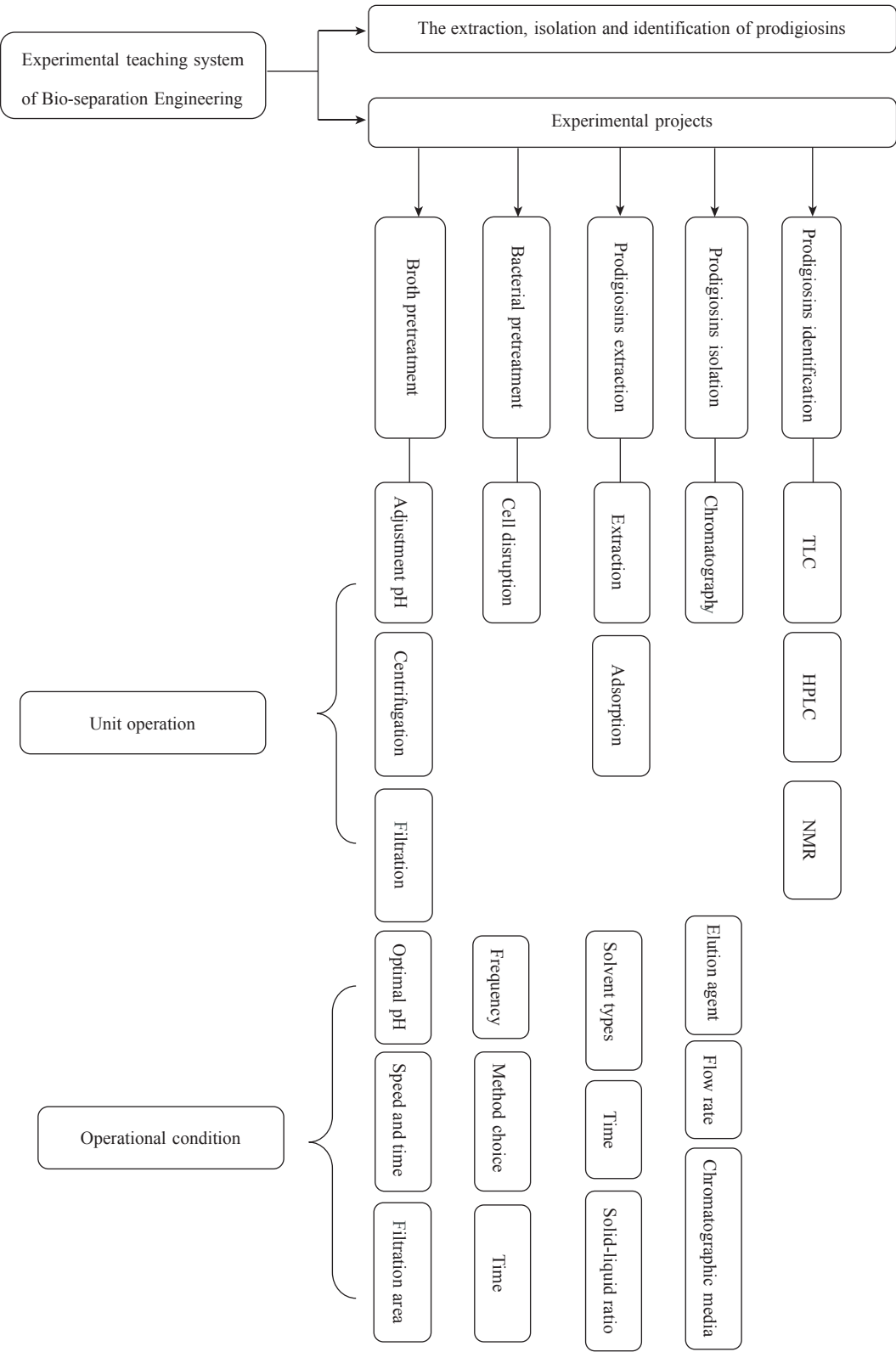


图 1 生物分离工程实验教学体系基本构架图

Figure 1 Experimental teaching system of Bio-separation Engineering

教学目标明确、内容可接受)与自主设计组实验(学生创新工艺,保证学生之间以及与教师之间的互动和挑战)来进行。具体组织方式如表 1 所示。在这种组织方式下,锻炼了学生根据实验任务查找文献资料的能力,通过讨论强化了团队合作的作用。同时,根据自己的实验方案观察并分析实验过程中出现的不同实验现象和结果,并在实验结束以后,展示自己科研小组所做的实验成果。一方面可激发学生对新知识的好奇心,另一方面能更深刻地掌握实验原理,使学生真正成为实验教学的主体,而不是被动的机械操作者。

### 2.3 实验教学的考核方式

本课程考核改革方式以学生为本,从实验操作过程的规范性、实验方案考察因素的缜密性、结果分析的透彻性、小组研讨的积极性、实验技能的掌握度等为考核指标,废除过去实验报告和平时出勤

的单一考核指标。具体考核指标如下:(1) 实验方案设计(15 分):考核实验设计方案的可行性、创新性等。(2) 实验小组研讨(15 分):以小组为单位对实验进行小组研讨,形成研讨成果并组织实施。(3) 实验操作过程(15 分):考察小组成员的操作规范性,如离心机的使用、过滤操作、薄层层析操作等。(4) 实验结果分析(20 分):记录实验过程中出现的现象、结果以及对实验结果的分析讨论,主要以 PPT 形式展示。(5) 实验技能掌握测评(20 分):确定每个单元操作的实验知识点与技能点,由学生抽取一个考题当场操作完成,当场评定打分。(6) 平时表现与出勤(15 分):出勤情况、实验前的准备、实验后的清理等给予相应的成绩。

### 2.4 实验教学目标的升华

教学目标是开展一切教学活动的出发点与归宿,是连接教育理想与教育现实的主要联结点,是

表 1 实验教学的组织方式  
Table 1 Organizing mode of experiment teaching

方式 Process	对照组实验 Control group	自主设计组实验 Innovative experimental group
实施方式 Implementation way	教师讲授,科研小组组织实施	教师参与,小组讨论,确定方案并组织实施
组织过程 Organizational process	科研小组按照教师讲授的发酵液预处理、菌体预处理、灵菌红素提取、灵菌红素分离、灵菌红素检测这 5 部分的具体操作条件进行对照组实验,每步实验都要留样检测,包括 TLC、HPLC 测定、熔点测定、NMR 测定等	实验开始之前 1 周,给出实验项目并要求查找相关的文献资料,组内讨论,按照发酵液预处理、菌体预处理、灵菌红素提取、灵菌红素分离、灵菌红素检测 5 部分给出具体的操作条件;实验开始,教师针对学生方案适当给出合理建议并进行实验,每步实验都要留样检测,包括 TLC、HPLC 测定、熔点测定、NMR 测定等
授课学时 Teaching classes	教师讲授 1 学时,其他授课学时贯穿于整个的自主设计实验中	教师与科研小组讨论 1 学时 发酵液预处理 3 学时 菌体预处理 3 学时 灵菌红素提取 8 学时 灵菌红素分离 8 学时 灵菌红素检测 6 学时 科研小组汇报讨论 2 学时
实验规模 Experimental scale		3 人/组,6 组/次
实验开放 Opening mode		全天免预约开放

教育理想在教育现实中的具体呈现<sup>[12]</sup>。生物分离工程实验教学目标主要围绕着知识与技能的培养、过程与方法的掌握、情感态度与价值观的形成这 3 个方面开展了实验项目的设计并制定相应教学大纲。但在前期的教学过程中发现,生物分离工程实验大纲中所进行的实验项目设计主要侧重于知识与技能的培养,针对过程与方法的掌握和情感态度与价值观的形成这两个方面的培养比较欠缺。因此,为了进一步实现教学理想,2009 版以后的生物分离工程实验大纲设定了灵菌红素的提取分离以及纯度鉴定的实验项目,并将其过程分成不同的单元操作,学生形成科研小组,可以得到各个单元操作的不同因素对产品回收率与纯度的关系。在此过程中培养学生获取知识与实验设计的能力,同时让学生体验探究的过程,在实验中渗透实验法、比较法、分析法等一系列的科学研究方法,体验科学研究的艰辛与喜悦,养成严谨治学的态度,学会与他人交流合作,具有团队意识与协作精神。在组织形式与考核方式上进行改革,全面实现生物分离工程实验的教学目标。

3 生物分离工程综合实验体系的实施效果

在上述生物分离工程实验教学体系的框架下,按照 2.3 的实验教学考核方式,我们制定了相应的教学质量与评估体系,主要围绕满意度开展了问卷调查,调查样表及结果分别如表 2、3 所示。

通过对 2009–2012 级生物工程专业进行的调查问卷结果,发现 83.2% 的学生非常满意这种实验教学模式,认为能整体性地理解生物分离工程,实验内容设置科学合理,尤其是在自由组队和展示自己的实验结果这两个问题上,100% 学生都选择愿意,可见大部分学生愿意进行自主性学习并展现自己的能力,仅 16.8% 的学生认为一般,并提出了很多建议。结合教学经验及实验条件,参考学生提出的意见和建议,我们从以下几方面对实验进行改善:首先,整合生物工程实验室设备,集中安排实验时间,扩大学生对单元操作条件与设备的选择面,

表 2 调查问卷样表 Table 2 Sample chart of questionnaire survey	
调查内容 Contents	答案 Answers
你是否赞同该实验教学考核方式 Do you agree with the experimental teaching examination mode	
你认为实验内容设置是否科学与合理 Whether the contents are scientific and reasonable or not	
你认为实验组织方式是否合理 Whether organizational process is reasonable or not	
你是否愿意自由组队,并与组员积极进行实验方案设计 Are you willing to join the team freely, and actively carry out the experimental design	
你是否愿意展示自己的实验结果 Would you like to show your results to everyone	
你认为该实验教学模式是否对你有很大的帮助 Whether the experimental teaching model is of great help to you or not	
你觉得这种教学模式花费你过多课余时间,是否值得 whether it is worth on spend your spare time or not	
你对该实验教学总体是否满意 Are you satisfied with the experimental teaching	
请你给出你的意见与建议 Your advices and suggestions	

表 3 满意度调查结果 Table 3 Satisfaction degree of questionnaire survey		
调查年级 Grades	学生人数 Numbers	满意度 Satisfaction degree (%)
2009 级 2009 grade	75	78.7
2010 级 2010 grade	69	84.1
2011 级 2011 grade	74	83.8
2012 级 2012 grade	65	86.2

增加实验的趣味性和创新性;其次,在实验实施之前,鼓励学生预习实验设备的操作规程和实验室安全手册,然后进入生物分离工程实验教学模块。

4 结语

根据 4 年的实验教学改革探索,基于科研反哺教学的理念,围绕应用型创新型人才培养目标,对课程的实验教学内容、教学方法、考核方式进行初

步的探索与实践,取得了一定成绩。首先,构建基于科研反哺教学的生物分离工程实验教学模式,打破了以前实验项目单元操作脱节的局面,以教师成熟的科研项目为突破口,在实验室中进行整个生物产品的下游生产与开发,形成一个有序、完整的生物分离工程知识体系。其次,要求学生自行设计不同单元操作的工艺控制点,写出具体实验操作要点,小组讨论与教师建议进一步完善实验方案。同时修订了实验教学大纲,重新调整教学方式和课程编排,不断完善实验教学考核体系与质量评估体系,提高了学生的整体素质和教师的教育教学水平,培养了学生自主学习、团队协作、相互交流敢于创新的精神。针对教学与科研的关系,希望今后注重整理完善生物工程研究所的科研项目,建立多项目化的生物分离工程实验体系,可根据学生的实验兴趣进行自主选题,实现科研是教学的前沿阵地,教学是科研的后方保障。最后,基于科研反哺教学的生物分离工程实验教学改革研究,突出应用型创新型生物工程技术人才要求,强化技能培养,增强学生在以后的科研和就业中的竞争力,为高校实践教学质量的建设提供一些启示。

## 参考文献

- [1] Feng D. Laboratory is the heart of modern universities[J]. Laboratory Research and Exploration, 2000, 19(5): 1-4 (in Chinese)  
冯端. 实验室是现代化大学的心脏[J]. 实验室研究与探索, 2000, 19(5): 1-4
- [2] Xu JR, Zhou Q, Chen BY, et al. Exploration and practice on construction of the innovative experimental teaching system[J]. Experimental Technology and Management, 2009, 26(5): 1-4 (in Chinese)  
许家瑞, 周勤, 陈步云, 等. 构建创新实验教学体系的探索与实践[J]. 实验技术与管理, 2009, 26(5): 1-4
- [3] Jiang CY, Lv ZF, Wang FZ, et al. Construction and practice of research-oriented teaching system of chemistry experiments[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2015, 34(4): 174-178 (in Chinese)  
姜翠玉, 吕志凤, 王芳珠, 等. 研究型化学实验教学体系的构建与实践[J]. 实验室研究与探索, 2015, 34(4): 174-178
- [4] Liu JN, Hu JH. Construction of project management platform on experimental teaching reform of university[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2011, 30(6): 119-121, 157 (in Chinese)  
刘嘉南, 胡今鸿. 高校实验教学改革项目管理平台的建设[J]. 实验室研究与探索, 2011, 30(6): 119-121, 157
- [5] Luo Y, Wang YJ. Innovating open experimental project and motivating experimental teaching reform: exploration and practice of creating "supermarket" of open experimental project in Chongqing Technology and Business University[J]. Experimental Technology and Management, 2012, 29(3): 21-23 (in Chinese)  
罗勇, 王艳瑾. 创新实验项目开放形式, 推动实验教学改革——重庆工商大学创设开放实验项目“超市”的探索与实践[J]. 实验技术与管理, 2012, 29(3): 21-23
- [6] Beyer CJ, Davis EA. Developing preservice elementary teachers' pedagogical design capacity for reform-based curriculum design[J]. Curriculum Inquiry, 2012, 42(3): 386-413
- [7] Ding XL. Discussion on practice teaching reform of downstream processing of bio-industry[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2012, 40(8): 5061-5062 (in Chinese)  
丁新丽. 生物分离与纯化技术课程的实践教学改革初探[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(8): 5061-5062
- [8] Yang Y, Wu SH, Jia SF. Exploration and practice on the teaching process of the three combinations model in the bio-separation engineering[J]. Higher Education in Chemical Engineering, 2012, 29(2): 105-108 (in Chinese)  
杨艳, 吴韶红, 贾士芳. 谈“三结合”教学方法在生物分离工程课程教学过程中的探索与实践[J]. 化工高等教育, 2012, 29(2): 105-108
- [9] Zhao DX, Luo AQ, Li C, et al. Design of integrated bio-separation experiments[J]. Experimental Technology and Management, 2013, 30(4): 140-143 (in Chinese)  
赵东旭, 罗爱芹, 李春, 等. 生物分离工程综合实验的设计[J]. 实验技术与管理, 2013, 30(4): 140-143
- [10] Hu YH, Guan J, Yin JJ, et al. Construction and exploration of bioseparation engineering, a comprehensive design experiment course system[J]. Laboratory Science, 2013, 16(6): 53-56 (in Chinese)  
胡永红, 管珺, 殷晶晶, 等. 生物分离工程综合设计实验教学体系的构建与探索[J]. 实验室科学, 2013, 16(6): 53-56
- [11] Li XG, Gu DX, Ren YP, et al. An empirical study on influential mechanism of teaching design and ambiance on the practical teaching effect[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2015, 34(4): 147-151 (in Chinese)  
李兴国, 顾东晓, 任元璞, 等. 教学设计与氛围对实践教学效果的影响[J]. 实验室研究与探索, 2015, 34(4): 147-151
- [12] Yan Y. Research on classroom teaching objectives[D]. Shanghai: Doctoral Dissertation of East China Normal University, 2010: 5-6 (in Chinese)  
闫艳. 课堂教学目标研究[D]. 上海: 华东师范大学博士学位论文, 2010: 5-6