

发酵工程实验的改革与实践

贾彩凤 常忠义 叶希韵 高红亮*

(华东师范大学生命科学院 上海 200062)

摘要: 传统的发酵工程实验在实验内容和组织形式等方面需要进行改革探索。参照工业酶制剂的生产流程, 集中 2 周时间开设综合性的大实验, 学生分组自行设计、准备实验, 实验过程中自我协调管理, 实验成绩自评与他评相结合。改革后的实验充分激发了学生的学习兴趣, 调动了学生的积极主动性, 训练了团队协作精神, 取得了良好的教学效果, 并对存在的问题提出了进一步完善的设想。

关键词: 发酵工程, 实验教学, 改革

Reformation and Practice of the Experimental Course of Fermentation Engineering

JIA Cai-Feng CHANG Zhong-Yi YE Xi-Yun GAO Hong-Liang*

(College of Life Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

Abstract: The traditional fermentation engineering experiment requires a reform on the experimental contents and teaching pattern. According to the production process of industrial enzymes, we set up a two-week comprehensive experiment. The students designed and prepared the experiment by themselves. Moreover, the pattern of self-management was used in the process and the experiment scores included the self-assessment and objective assessment. It was proved that the new teaching pattern increased the study interesting of students, inspired their initiative and trained their spirits of team cooperation. The teaching effect was improved markedly and good ideas are also put forward to solve the possible problem.

Keywords: Fermentation engineering, Experimental teaching, Innovation

发酵工程狭义上又称微生物工程, 是现代生物技术的重要组成部分, 是一门应用性和实践性很强的课程^[1]。发酵工程实验是以操作为主的技能课程, 是生物技术和生物工程专业学生的必修课。但在教学过程中, 由于受到实验课时短、实验设备有限等条件的限制, 开设的课程内容孤立、不系统、不连贯, 多为验证性的小实验。学生在学习的过程中兴趣不大, 积极主动性不高, 没有达到很好的教学效

果, 很难适应培养应用型、创新型人才的需求^[2]。

随着应试教育向素质教育的转变以及 21 世纪对综合型人才的需求, 实验内容由单一验证型向综合型、设计型、研究型发展势在必行^[3]。为此, 我院从 2004 年开始积极进行了探索, 对大四上学期的生物技术班学生开设了发酵工程模块实验, 即集中一段时间开设综合性的大实验, 经过几届学生的实践证明, 新的课程设置有利于提高学生的动手

* 通讯作者: Tel: 86-21-62232785; ✉: hlgaio@bio.ecnu.edu.cn

收稿日期: 2008-09-09; 接受日期: 2008-11-20

动脑能力,增强了学生学习的主动性,取得了较好的效果。

1 实验内容的改革

由于发酵工程实验课时比较短,学生基础存在差异,以往的实验课上学生只能了解发酵罐管路、观看发酵演示过程、进行模拟的发酵流程操作、测定几个简单的发酵参数,仅仅停留在发酵罐“静止”的一面,很少亲自进行“动态”的操作。

改革后的实验参照工业上生产酶制剂的过程,实验流程(图1)从培养基的制备到酶制剂的制得,让学生对发酵工程及其下游实验有个整体直观地认识。实验内容包括菌种的活化、培养基的配制、发酵罐的灭菌、上罐、发酵参数的控制、取样、发酵液样品分析、下罐、粗酶液的浓缩和纯化、酶制剂

的制得等。发酵过程中定时取样分析,填写发酵批报;对下游的每个纯化步骤进行评价,包括酶活、总酶活、蛋白质含量、比酶活、收率、纯化倍数等。学生对发酵工程有个系统的了解,使发酵工程实验真正“动”起来。在实验的过程中,学生可以查阅相关文献,对一些发酵参数和后续的纯化步骤进行优化,从而得到纯度高的酶制剂产品,让学生从实验中提升出一种成就感,从而激发学习兴趣。

2 教学组织形式的改革

改革前的发酵工程实验往往是教师安排实验项目、准备实验材料,讲解实验原理和方法,学生按照实验讲义按部就班地完成规定的实验内容,结束后写出实验报告。学生只知道“做什么”,而不知道

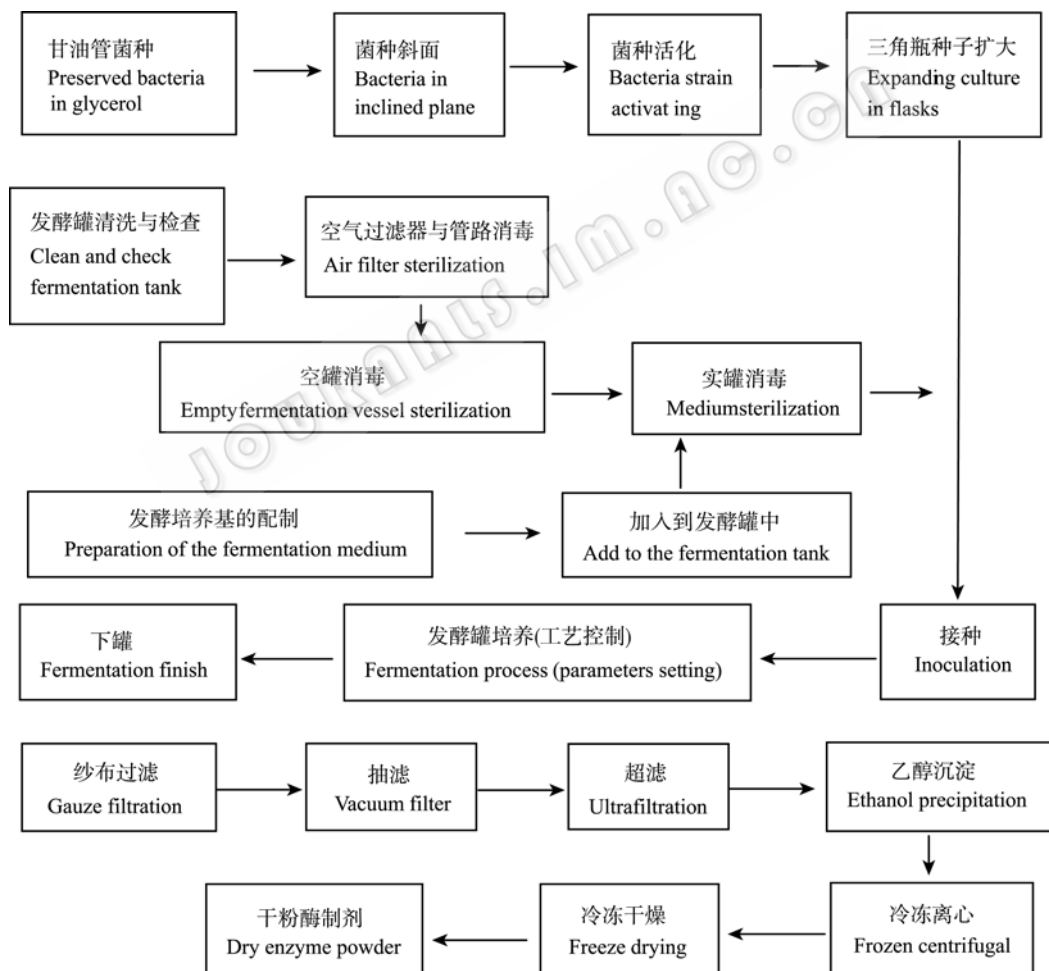


图1 发酵工程模块实验流程图

Fig. 1 Flow chart of experimental course of fermentation engineering

“为什么”, 这种被动的学习态度, 使教学质量受到严重影响。

2.1 实验前的改革

改革后的模块实验, 指导教师提前两周给出实验题目、实验流程图以及实验要求, 让学生“动手”之前充分“动脑”。预习实验指导书, 多方查阅有关资料, 拟定实验方案, 设计实验参数, 并写出预期实验结果的预习报告。教师认真批阅修改预习报告后, 让学生进行实验前的全部准备工作, 包括学习仪器的使用方法, 自己选择和组装实验仪器, 每个小组准备实验材料, 列出本组实验所需耗材清单, 老师配置清点后分发给每个小组使用, 由组长负责保管, 实验结束后如数归还。这样不仅使学生深刻了解实验原理、方法和步骤, 变被动接收为主动求取, 而且解除了他们依赖心理, 增加了实际操作锻炼的机会, 从而达到好的教学效果。

2.2 实验中的改革

学生独立操作, 教师适时启发学生积极思考, 增强学生的主人翁意识。实验过程中, 学生将操作过程和实验结果详细记录下来, 以供进行实验分析和讨论。每班 25 个学生分成 3 个大组, 每组使用一个发酵罐, 根据本大组的预习报告进行发酵参数的设定。每个大组又分成 3 个小组, 每个小组 2~3 个人, 这样可以让每个学生都参与进去, 发挥自己的积极主动性和创造性。每个小组具体实验内容及发酵罐的值班由各组长安排协调, 在每次的发酵液取样过程中, 值班学生认真填写发酵批报, 并签上值班人的姓名, 这样可以提高每个人的责任心, 实验数据供全班同学参考, 培养学生的资源共享、团结合作的精神。发酵结束后所有发酵液混匀分给每个小组供下游实验之用, 发酵产物的提纯由各小组提出自己的实验设计, 得到纯度较高、得率较高的酶制剂, 每个步骤的实验结果均写在黑板上, 供全班同学参考。

整个模块实验历时 2 周, 实验室随时对学生开放, 学生可以根据自己的实际情况合理安排实验进度, 这需要组员的团队合作。发酵罐一旦染菌, 就前功尽弃, 下游发酵液的纯化就无法进行, 这就要求每个学生的高度负责。教师和助教跟踪整个实验过程, 但他们只是学生的辅助指导, 纠正学生不规范的操作, 处理一些意外情况的出现。由于学生是第一次完成模块大实验, 虽然实验前进行了充分的准

备, 期间必定会有些意外情况出现, 特别是用到的一些仪器如蒸汽发生器、发酵罐属高温高压的实验设备, 发酵实验室的高压电路、蒸汽管路、水压等诸多安全问题需时刻注意。

3 实验结果评价的改革

实验结束后, 3 个大组对发酵结果进行比较。对酶活性最高、发酵液体积最多的大组在课程考核成绩中给予适当的奖励。教师根据发酵批报了解发酵过程, 若染菌也可以看出是哪个学生取样所致, 这也是对学生平时成绩的一个考核。

模块实验课程考试分为平时成绩和最后提交的科研小论文成绩, 各占 50% 的比例。平时成绩平分为平时表现和自评量表(表 1)的口试, 实验发酵结束后学生对自评表自己打分, 老师根据自评成绩对每个学生进行提问, 如果回答和自评表的成绩相差较大, 则被记为平时成绩不及格, 其目的是督促学生的自觉性和学习主动性, 加深对实验的理解和认识, 使教师能够及时地发现学生实验中出现的问題, 便于对以后的教学工作进行改进。科研小论文的考核要求学生按照核心期刊上科技论文的写作格式撰写, 学生利用期刊、图书和网络资源自己查阅资料, 对实验数据进行分析讨论。教师评分时看重的不仅是实验方法是否合理、实验操作是否正确、实验结果是否理想, 更重要的是学生科研素养的提高。通过模块实验, 真正培养学生解决实际问题的能力, 而不是单一的考核学生对某个知识点的掌握和理解, 实现从以往的“授之以鱼”到现在的“授之以渔”教学模式的转变。

4 存在的问题及建议

发酵工程模块实验是一门综合性的大实验, 既能激发学生的学习兴趣, 提高实践操作的技能, 加深对理论知识的理解和掌握, 又能有效地提高学生的自学、创新、协调与合作等综合能力, 为以后学生顺利地步入社会打下良好基础, 但在教学实践中, 也发现了一些问题。

4.1 学生能力态度差别较大

在实验过程中, 虽然对学生进行了分组, 使他们都参与到了实验中去。且大多数同学通过自己查阅文献、自行设计实验、分析实验结果, 从中学到了很多东西, 但有些学生的自学能力不够, 积极主

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

表 1 发酵工程模块实验自评量表

Table 1 Self-rating of the experimental course of fermentation engineering

学生姓名: _____ 学号: _____ 日期: _____

为了更好地配合师范院校的基础课程改革, 提倡多元化的评价方式和理念, 对各位同学在实验中的表现进行更为全面的评, 我们设计了以下量表。在量表的自评栏中请各同学自己评出等级: A, B, C, D, E, 它们分别代表: A—非常符合(1.0); B—比较符合(0.8); C—一般(0.6); D—不太符合(0.5); E—很不符合(0.3)。请同学们如实填写, 谢谢配合!

评价指标 Evaluation indicators	自我评价 Self-evaluation	得分 Score
掌握三种培养基(斜面培养基、种子培养基和发酵培养基)的区别、作用及其制备(5 分) Master the role and preparation of the strain preservation medium, seed culture medium and fermentation medium and the distinction between them (5 points)		
准确地掌握发酵罐各管路(水路、蒸气路和空气路)的走向(7 分) Accurately grasp the pipeline of the water, the air and the vapor in the fermentor (7 points)		
清楚地掌握各阀门的开关顺序及作用(5 分) Grasp the switching sequence and the role of every valve (5 points)		
了解理论的发酵过程中各参数曲线(还原糖、pH、酶活、生物量)(3 分) Know the parameter curves of reducing sugar, pH, enzyme activity and biomass in the process of fermentation (3 points)		
对发酵罐和摇瓶各参数的比较及讨论(5 分) Compare the fermentation parameters between the fermentor and the shake flask (5 points)		
三种培养基的制备(5 分) Preparation of the three mediums (5 points)		
试车及灭菌前的准备工作(6 分) Testing and preparatory work before sterilization (6 points)		
发酵罐的管消及空消(9 分) Sterilization of air filter and empty fermentation vessel (9 points)		
发酵罐的实消(9 分) The medium sterilization (9 points)		
接种与取样(6 分) Inoculation and sampling (6 points)		
放罐、清洗罐体及空气压缩机的处理(5 分) Fermentation finish, cleaning the fermentor and treatment of the compressor (5 points)		
发酵过程中各参数(搅拌转速、通气量、罐压、温度)的设置及控制(6 分) Setting and control of parameters including stirring speed, ventilation, tank pressure and temperature in the process of fermentation (6 points)		
发酵液参数(还原糖、pH、酶活、生物量)的测定(9 分) Determination fermentation parameters including reducing sugar, pH, enzyme activity and biomass in the process of fermentation (9 points)		
严格按照实验要求完成了全部实验内容(5 分) Complete the total experiment in strict accordance with the requirements (5 points)		
在实验过程中态度认真, 积极配合其他同学参与实验(5 分) Actively cooperate with other students in the experiment with earnest attitude (5 points)		
在实验过程中我积极思考, 提出了有意义的问题(5 分) Positive thinking and put forward meaningful problems in the course of experiments (5 points)		
自评成绩= 各小题分值 × 权重 The performance of self-evaluation= the score of every problem × weight	自评成绩	

动性不高, 离开了教师给出的详细实验步骤, 就显得有些茫然。没有很好地完成自己负责的实验部分, 影响了本小组乃至整个大组的实验进程。因此教师不能完全放手, 对基础比较差的学生应及时的鼓励

和引导, 指导他们查阅文献、培养解决实际问题的能力。

另外, 由于模块实验内容多, 时间有限, 需要同学们分工合作, 有些学生只把自己分配的实验内

容完成得很好, 其余的内容则不管不顾, 这与模块实验的初衷相悖, 除了学生需要提高自觉主动性之外, 还需要教师督促学生对实验进程和实验结果进行集体研讨。

4.2 学生的分析能力不足

发酵工程实验具有一定的工科性质, 不同于传统的形态结构的观察, 实验结果数据较多。学生通过两周的实验, 得到了一大堆的实验数据, 但有些同学只是把实验数据简单地罗列在最后的科研小论文里面, 没有进行必要的分析, “知其然, 不知其所以然”; 有些同学虽然进行了分析, 但很显然从参考文献中的内容照抄照搬; 更有些同学数据分析时出现错误的科学术语。实验数据分析的确有些困难, 建议教师在实验前充分重视这方面的训练, 对数据分析方面加强练习。督促学生在查阅文献时在这方面有一定的侧重, 这对以后的科研乃至工作生活将会有很大的帮助。

4.3 实验时间不能充分保障

由于是综合性的大实验, 所以我们安排的时间是在大四的上学期, 但学生普遍面临找工作和考研的压力, 工作实习及准备考研占用很多时间。这就与模块大实验产生了冲突, 所以我们尽量把时间安排在大四上学期开课, 利用两周的时间上完, 这样最大限度地减少后面的就业及升学冲突, 并且通过该模块的亲身体会对二者起到积极的促进作用。

参 考 文 献

- [1] 潘进权. 发酵工程课程教学改革的设想. 酿酒, 2005, 32(2): 17-19.
- [2] 陈小虎, 刘化君, 曲华昌. 应用型人才培养模式及其定位研究. 中国大学教学, 2004, 5: 58-60.
- [3] 许波, 黄遵锡, 杨云娟, 等. 发酵工程实验教学改革初探. 微生物学通报, 2007, 34(3): 600-603.

征订启事

欢迎订阅 2009 年《植物保护》杂志

《植物保护》创刊于 1963 年, 由中国植物保护学会和中国农业科学院植物保护研究所主办, 为全国中文核心期刊、中国科技核心期刊、“中国期刊方阵”双百期刊, 曾荣获中国科协优秀科技期刊奖、全国优秀科技期刊奖, 北京市全优期刊奖、国家期刊奖提名奖等多个奖项。收录的数据库有英国《CABI 文献数据库》、《Agrindex (FAO)》、美国《化学文摘》(CA)、《中国科学引文数据库》、《中文科技期刊数据库》、《生物学文摘》、《万方数据—数字化期刊群》、《中国农业文摘数据库》、《中国科技论文与引文数据库》、《中国学术期刊(光盘版)》、《中国期刊网》。本刊主要刊登有关植物病理、农林业昆虫、杂草及鼠害等农作物有害生物、植物检疫、农药等植物保护学科各领域原始研究性论文和具有创新性、实用性技术成果文章。设有专论与综述、研究报告、调查研究、基础知识、实验技术、国外植保、争鸣、应用与交流、病虫新动态、学会动态与信息、新书新产品介绍等栏目。

竭诚欢迎全国各地科研院所研究人员、大专院校教师及研究生、各级植保科技工作者等踊跃订阅。欢迎广大作者踊跃投稿! 并欢迎咨询洽谈广告业务!

本刊为双月刊, 大 16 开, 160 页, 铜版纸印刷。每期定价 25.00 元, 全年 150.00 元。邮发代号: 2-483, 全国各地邮局均可订阅。直接在本刊编辑部订阅, 可享受 9 折优惠价, 全年 135 元, 若需挂号, 每期另加 3 元。

联系地址: 北京圆明园西路 2 号中国农科院植保所《植物保护》编辑部 邮编: 100193

电话: 010-62819059, 62815914 传真: 010-62815914

E-mail: zwbh1963@263.net 网址: www.plantprotection.ac.cn

联系人: 王 音 高洪荣

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