

# 生化实验自主设计型项目的开发和实践

姚雨峰 张新军 张佩景 陈明洁

(华中科技大学生命科学与技术学院, 国家级生命科学与技术虚拟仿真实验教学中心, 湖北 武汉 430074)

**摘要:**我们在生化实验教学中,以学生为中心,将学生创新意识、探究能力的培养融入到实验教学中,开发自主设计型实验项目,更新和完善生物化学实验教学内容,通过由浅入深循序渐进的教学设计、线上线下相结合、融入思政元素的案例式教学等方法,循序渐进地培养学生自主学习和创新探究的能力,取得较好的教学效果。

**关键词:**生化实验;自主设计型项目;以学生为中心;实践创新能力

生物化学是用化学的语言和原理在分子水平上诠释生命的物质基础、物质与能量变化(新陈代谢)的学科,是生命科学的共同语言,其理论与实验技术已广泛应用于生命科学的各个领域。因此《生物化学》及《生物化学实验》课程是各国高等学校生命科学教学中最重要的专业基础课,得到广泛重视。华中科技大学生命科学与技术学院(以下简称我院)深入贯彻教育部“以本为本”的教育方针,将本科教育置于人才培养的核心地位,通过优质教学和创新科研,培养具有国际视野和竞争力的高素质创新人才。实践创新能力培养是国家实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程”的主要建设内容之一。作为生命科学人才培养的重要基础课程,《生物化学实验》的教学改革与探索,对于学生实践创新能力的培养具有十分重要的意义。

## 一、原有的教学内容和存在的问题

一直以来我院生物化学实验开设于大学二年级,分上、下两个学期完成,共计48学时,主要分为验证型和综合型实验两大类,如表1所示,验证型实验包括生化实验经典内容,要求学生严格按照实验方案操作,取得预期实验结果,目的在于培养学生实验操作能力和结果分析能力;在此基础上开展的综合型实验由教师提供实验方案,学生通过优化实验方案获得最佳实验结果,旨在培养学生分析和解决问题的能力。

表1 原有的生物化学实验教学内容

实验类型	实验项目名称
验证型实验	3,5-二硝基水杨酸比色法测定原糖含量
	Folin-酚法测定蛋白质含量
	肝脏谷丙转氨酶活力测定
	脂肪酸的 $\beta$ -氧化与酮体生成测定
综合型实验	酶促反应动力学
	SDS-PAGE分离分析蛋白质
	真核生物基因组DNA的分离与检测
	离子交换柱层析纯化蛋白质

以上教学内容兼顾了基础性、科学性和实用性,达到了提高实验技能、夯实理论基础的目的。但是在教学中我们发现,实验项目各自独立,未能融合成一个完整体系,学生能够按照要求完成每一个实验,但是并不知道如何将所学的实验方法和技术应用

于科学研究中,如何用所学的实验方法设计实验、解决科学问题;而且实验内容缺乏探究性和创新性,一定程度上影响了学生学习的动力和兴趣,不利于高素质创新性人才的培养。

为提高生化实验教学效果,加强学生的探究能力和创新思维的培养,教学改革势在必行。由于学时受限,在维持48总学时的前提下,我们在教学内容和教学方式上进行变革:保留原有的16学时4个验证型实验项目,以培养、强化学生基本实验技能;保持原有的综合型实验主题不变,融入授课教师的科研工作和大学生创新创业训练计划项目(以下简称大创项目),开发自主设计型实验,针对性地培养学生探究能力、科学素养和创新意识。

## 二、自主设计型实验项目的开发

自主设计型实验在原有的综合型实验的基础上加以改进、整合,依次分为“酶促反应动力学”“核酸提取与检测”和“蛋白质的纯化与鉴定”等三个主题,循序渐进地培养学生自主学习和创新探究的能力。

### (一) 酶促反应动力学实验的自主设计

酶促反应动力学是研究酶促反应速率及其影响因素的科学,酶促反应动力学实验主要研究酶催化的反应速度以及影响反应速度的各种因素,是生化实验的经典实验项目。之前学生基本都照本宣科,按照老师提供的教案,测定碱性磷酸酶米氏常数 $K_m$ 和pH值、温度对酶促反应速度的影响,缺少思考和探究。为此我们首先在该实验教学中引入了自主设计的元素,要求学生在实验前,在理论课所学知识的基础上查阅文献,充分了解碱性磷酸酶的生物学性质、临床意义和应用,然后在此基础上设计实验,探究酶浓度、底物浓度、pH值、温度、激活剂和抑制剂等因素对酶促反应的影响,确定碱性磷酸酶的最适反应条件。此举有助于培养学生分析和解决问题的能力。

### (二) 基因组DNA的提取与检测实验的自主设计

基因组DNA的提取与检测是生命科学研究中常用的技术,是学生必须熟练掌握的技术。之前实验中统一提取大白菜叶片基因组DNA,但是不同材料基因组DNA的提取方案各有不同。为了让学生系统全面地掌握该技术,我们先让学生通过阅读文献,了解基因组DNA提取的原理和基本操作,比较不同材料提取方案的差异并明确其原理。在此基础上,学生根据各自的兴趣或者针对参与的课题研究,自主选择材料并设计实验方案,经过与老师讨论确定方案以后进入实验操作环节。在本实验的自主设计中开始将教学与科研相结合,提高了教学效果,拓宽学生视野。

### (三) 蛋白质的纯化与鉴定实验的自主设计

作为生命的物质基础和生命活动的主要承担者,蛋白质是生命科学的重要研究对象,是生化实验的重要部分。之前的教学计划包含三个蛋白质相关实验(详见表1),着重于学生实验技能的培养,使学生得到较全面的学习和训练。但是我们并不能满足于此,作为人才培养的重要环节,生化实验应该承载更多,如加强知识的系统性连续性、引导学生开启科研思维、培养学生运用所学实

验技术解决实际问题的能力。为此我们将以上三个实验整合成“蛋白质的纯化与鉴定”自主设计综合型实验,将授课老师的科研成果转化为教学资源,如血管生成因子 AGGF1 蛋白、PD-1 单克隆抗体、GST 融合蛋白等作为实验材料,学生自由组合组建实验小组,根据兴趣自主选择所研究的蛋白质类型,通过查阅文献设计实验方案,制定实验计划,设计实验流程,论证方案可行性、预测实验结果,提交老师审阅确定方案后,独立开展实验。此举鼓励学生从兴趣出发,勇于创新,并引导学生参与教师承担的科研项目并将之融入到自主设计型实验中,培养学生探究能力。

### 三、自主设计型实验的实践

自主设计型实验改变过去照本宣科的重复性实验,强调自主性设计性,通过由浅入深循序渐进的教学设计和线上线下结合的教学方式,针对性地培养学生的创新意识和探究能力,提升教学效果。

#### (一) 由浅入深循序渐进的教学设计

学生探究能力的培养是一个循序渐进的过程,因此在生化实验教学中,我们开展了由浅入深循序渐进的教学设计。首先开展的 16 学时验证型实验重点在于培养学生基本实验技能、结果分析能力以及良好的实验素养,为开展自主设计型实验、培养学生探究能力打下坚实基础。三个主题的自主设计型实验由浅入深。首先开展自主设计的酶促动力学实验难度较小,学生在原有底物浓度、温度、pH 对酶活性影响的基础上,增加抑制剂、激活剂影响的探究,提高了实验设计的系统性和完整性。在第二个开展的自主设计型实验“基因组 DNA 的提取与检测”中,学生自主选择材料,根据所选材料确定实验方案,自主设计性增强,难度随之增加,同时开始在教学中插入科创元素。

蛋白质的纯化与鉴定的自主设计实验将蛋白质含量测定、层析技术、SDS-PAGE 三个独立分割的实验有机整合成一个较为完整的蛋白质实验,使学生不仅掌握实验技术,更为重要的是学习将这些实验技术用于解决科学问题。与前两个自主设计型实验相比,该实验难度更大,耗时更长,更具挑战性。

如此由浅入深、循序渐进的教学设计,有利于学生打好基础,增强自信心,提升学习的积极性、探究性和有效性。

#### (二) 线上线下结合

虽然在自主设计型实验开展之前学生经过了验证型实验的学习和训练,但是对于大二学生,自主设计型实验无疑具有较大挑战性。为此我们采取线上线下结合的教学方式以使自主设计型实验顺利有效地开展。随着教育信息化的发展,实验教学也随之发生变革和进步,微课和虚拟仿真实验成为实验教学的重要补充。一直以来本实验教学中心一直坚持加强教学资源建设,制作实验教学视频,开发虚拟仿真综合设计实验,这些工作为自主设计型实验奠定了较好的基础。学生通过线上微课 ([https://m.youku.com/video/id\\_XMzQzODY0MzQwMA==.html](https://m.youku.com/video/id_XMzQzODY0MzQwMA==.html)) 学习实验操作,了解实验流程;在虚拟仿真实验平台上 (<http://lifelab.hust.edu.cn/xnfz/gxpt.htm>),学生不仅能够进行三维仿真操作,而且能够通过模块的组合、参数变化进行实验方案设计。完成线上学习后,学生再结合各自的实验材料进行实验方案设计,达到事半功倍的效果。

#### (三) 融入思政元素的案例式教学

案例式教学是一种有效引导学生探索、培养学生探究能力的

教学方法。在自主设计实验教学中,我们将授课教师的科研成果转化为实验教学案例,表 2 所示的实验项目均来自教师的科研成果。在自主设计型实验案例式教学中我们融入思政元素,让学生了解最新科研进展,知悉我国相关研究处于国际领先水平,提升民族自豪感和自信心,踊跃参与到创新研究中。

表 2 已经开展的部分自主设计型实验项目

实验项目名称	实验内容
酶促反应动力学实验	酶浓度、底物浓度、pH 值、温度、激活剂和抑制剂等因素对酶促反应的影响,确定碱性磷酸酶的最适反应条件
TaSPL4 转基因水稻的分子鉴定	从叶片中提取基因组 DNA,根据转录因子 SPL 4 序列,设定特定引物,对大粒小麦进行 SPL 13 基因的扩增并鉴定
AGGF1 蛋白的分离纯化与鉴定	亲和层析纯化目标蛋白,BCA 法测定蛋白浓度,SDS-PAGE 分析蛋白纯度,ELISA 分析小鼠中目标蛋白表达量变化
转基因小麦的蛋白质表达分析	通过小麦籽粒储藏蛋白的分离、纯化,SDS-PAGE 电泳分析,筛选鉴定转基因材料
淫羊藿抑制 786-O 细胞增殖的机制研究	从细胞培养物中纯化蛋白质,Western Blot 分析细胞周期蛋白的表达,探究淫羊藿抑制 786-O 细胞增殖的分子机制
水稻 OsCatA 的原核表达与纯化	原核表达水稻 OsCatA,GST Resin 亲和层析纯化水稻 OsCatA 重组蛋白 GST-OsCatA

### 四、收获与思考

通过循序渐进的教学设计、线上线下相结合和融入思政元素的案例式教学,自主设计型生化实验项目得以顺利开展,实验内容丰富,实验技术全面,学生的实验设计与操作、时间统筹安排、自我管理、数据分析和写作能力均得到提升。

以前教学中固定的实验内容养成学生被动接受的习惯,未能有效引导学生主动探索科学问题,创新意识薄弱。自主设计型实验丰富和完善教学内容,针对性地将学生创新意识、探究能力的培养融入到生化实验教学中,有一定的创新性。自主设计型实验的开展有效激发学生科学探索的兴趣,提高学生综合素质和创新能力,具有可行性和重要意义。

#### 参考文献:

- [1] 教育部.坚持以本为本推进四个回归建设中国特色、世界一流的一流本科教育.[J] 中国大学教,2018(6):5-6.
- [2] 刘亚丰,鲁明波,马聪,赵元第,卢群伟,余龙江.教育信息化背景下持续推进实验教学改革.高校生物学教学研究(电子版),2019,9(5):3-6.
- [3] 陈明洁,王擎,常俊丽,何光源,杨广笑\*.基因组学案例式教学方法的探索与实践.高校生物学教学研究(电子版),2017,7(4):12-15.

本文系项目信息:华中科技大学研究生教改项目 MS039,华中科技大学教学研究项目(项目编号 2021111 和 2022100)的成果。

通讯作者简介:陈明洁,华中科技大学生命科学与技术学院副教授,长期从事生化与分子生物学教学与科研。