

应用型人才培养视角下的生物工程类专业“生产实习”课程教学改革与实践

董彬¹, 王君¹, 吴涛^{1*}, 刘滨¹, 宿志伟¹, 赵丽萍¹, 张韩杰¹, 吴信明²,
付石军², 刘南南¹, 孙春龙¹, 姚志刚¹

1 滨州学院 生物与环境工程学院, 山东 滨州 256603

2 山东绿都生物科技有限公司, 山东 滨州 256603

董彬, 王君, 吴涛, 刘滨, 宿志伟, 赵丽萍, 张韩杰, 吴信明, 付石军, 刘南南, 孙春龙, 姚志刚. 应用型人才培养视角下的生物工程类专业“生产实习”课程教学改革与实践[J]. 生物工程学报, 2023, 39(2): 755-768.

DONG Bin, WANG Jun, WU Tao, LIU Bin, SU Zhiwei, ZHAO Liping, ZHANG Hanjie, WU Xinming, FU Shijun, LIU Nannan, SUN Chunlong, YAO Zhigang. Teaching reform and practice of ‘Production Internship’ course for biotechnology specialty from the perspective of training application-oriented talents[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2023, 39(2): 755-768.

摘 要: 生产实习是本科阶段大学生利用专业技能, 开展工程训练的重要教学环节, 是生物工程类专业应用型人才培养的重要抓手。本文介绍了滨州学院“生物工程类专业生产实习”课程组在地方普通本科高校向应用型转变, 培养高水平应用型人才背景下, 立足黄河三角洲——滨州生物与医药产业集群特色, 深化校企合作, 以绿色荧光蛋白(green fluorescent protein, GFP)多克隆抗体为例, 从教学内容、教学模式、考核方式、课程持续改进等内容进行改革与实践。一方面对其开发、生产、流通等环节的内容进行设计与重排, 利用虚拟仿真等线上资源和平台开展培训, 并通过实操检测和“校友邦”等软件平台进行实习过程记录、追踪与监测; 另一方面建立注重实习过程的实践性与应用性的考核方式和持续改进的双向评价模式。通过近年的改革与实践, 取得了一定的教学成效, 促进了生物工程类专业应用型人才的培养, 希望能对同类课程的教学实践改革提供借鉴。

关键词: 生物工程; 生产实习; 应用型人才; 产教融合; 教学改革

资助项目: 山东省一流本科课程建设项目; 国家自然科学基金(47977124); 山东省职业教育教学改革研究项目(2021154); 山东省高等学校青年科技创新团队项目(2020KJD005); 教育部产学研协同育人项目(201902187010, 201902187011); 滨州学院教学改革研究项目(BYJYYB202228)

This work was supported by the First Class Undergraduate Course Construction Project in Shandong Province, China, the National Natural Science Foundation of China (47977124), the Research Project on Teaching Reform of Vocational Education in Shandong Province, China (2021154), the Science and Technology Support Plan for Youth Innovation of Colleges and Universities in Shandong Province, China (2020KJD005), the Ministry of Education of Cooperative Education between Production Project, China (201902187010, 201902187011), and the Research Project on Teaching Reform in Binzhou University, China (BYJYYB202228).

*Corresponding author. E-mail: wtsdbz@163.com

Received: 2022-06-15; Accepted: 2022-08-17; Published online: 2022-08-22

Teaching reform and practice of ‘Production Internship’ course for biotechnology specialty from the perspective of training application-oriented talents

DONG Bin¹, WANG Jun¹, WU Tao^{1*}, LIU Bin¹, SU Zhiwei¹, ZHAO Liping¹, ZHANG Hanjie¹, WU Xinming², FU Shijun², LIU Nannan¹, SUN Chunlong¹, YAO Zhigang¹

1 College of Biological and Environmental Engineering, Binzhou University, Binzhou 256603, Shandong, China

2 Shandong Lvdu Bio-Science & Technology Co., Ltd, Binzhou 256603, Shandong, China

Abstract: Production internship is an important teaching tache for undergraduate students to carry out engineering training by using professional skills, and it is a key starting point for fostering application-oriented talents in biotechnology. The Course Group of ‘production internship of biotechnology majors’ of Binzhou University is investigating application-oriented transformation for local regular colleges and universities, as well as fostering high-level application-oriented talents. By taking green fluorescent protein (GFP) polyclonal antibody as an example, the reform and practice on teaching content, teaching mode, assessment method, continuous improvement of curriculum were carried out. Moreover, the characteristics of the Yellow River Delta—Binzhou Biotechnology & Pharmaceutical Industrial Cluster were taken into account to intensify academic-enterprise cooperation. On one hand, this Course Group designed and rearranged the course contents, carried out essential training through online resources and platforms such as virtual simulation, and recorded, tracked and monitored the progress of production internship through practical testing and software platforms like ‘Alumni State’. On the other hand, this Course Group established a practice-and application-oriented assessment method in the process of production internship and a dual evaluation model for continuous improvement. These reform and practices have promoted the training of application-oriented talents in biotechnology, and may serve as a reference for similar courses.

Keywords: biotechnology; production internship; application-oriented talents; integration of industry and education; reform in education

自教育部、国家发展改革委、财政部2015年联合发布《关于引导部分地方普通本科高校向应用型转变的指导意见》以来^[1], 全国范围内许多地方本科院校积极响应, 加强产教融合, 不断推动“校地合作”“校企合作”, 探索应用型人才的新模式^[2], 在人才培养方面持续向应用型转变^[3]。目前, 随着生物技术在国家 GDP 中的比重也越来越高^[4], 对人才的需求也是日益旺盛, 特别是对创新与

应用并重的高水平应用型人才更是十分渴求^[5]。

因此, 如何强化生物工程类专业学生应用实践能力的培养, 培养出更加符合新时代发展需要的高素质应用型人才, 成为当前生物工程类专业高校教学改革研究的热点。生产实习作为学生学习生产技能、进行工程训练的教学环节, 是将所学的基础理论、专业技术与实际应用相结合的实践过程, 是生物工程类专业应用型人才的重要抓手, 也是创新创业型人才培养

的关键途径^[6-7]。近年来,随着生物技术产业升级,地方高校转型发展,原有的生产实习环节面临着新的问题与挑战。因此,对现有生物工程类专业的生产实习进行改革与探索,将课堂真正放在企业,把理论知识真正转化为实践生产,加强校企合作育人,深化人才培养,将有助于实现应用型人才培养的目标。本文旨在通过介绍滨州学院“生物工程类专业生产实习”课程组近年来依托校企协同育人的理念,以培养高水平应用型人才为目标,对生物工程类专业如生物技术、生物制药、食品质量与安全的“生产实习”课程教学内容、教学模式、考核方式、课程改进等方面结合当地企业优质资源,进行教学改革与实践,并取得了一定的教学效果,促进了应用型人才的培养,希望能对同类课程的教学实践改革提供借鉴,发挥示范引领作用。

1 生物工程类专业“生产实习”课程教学现状

生产实习作为实践能力培养的重要环节,其重要性近年来逐渐被更多高校认可,许多高校也作出了改革,但依然存在着一些问题,使实习达不到预期目标,主要表现在以下几个方面:(1) 实习模式过于单一,受制于企业生产实际、员工数量不够等因素,大多数的实习主要是通过指导老师带队前往企业进行参观,以看为主,缺少实实在在的实践动手操作,导致实习成为“走马观花”,学生学不到太多实质性和专业性的应用知识与技能,极大地影响了学生的学习积极性^[8];(2) 教学内容不系统,由于校企之间单位性质不同,普通合作关系的企业一般不愿意花费大量时间、人力和资金配合学校进行学生实习内容的设计与优化,

导致学生的实习内容具有随机性,不够系统和完善^[9];(3) 过程缺少监测,大多数的实习是将学生交给企业指导老师进行管理,校内指导教师并不清楚学生在实习单位的实习具体表现,是否按时出勤、参与企业生产研发,是否能和企业指导老师进行良好沟通,实践能力是否有所提高和改善^[10];(4) 缺少教学评价系统,传统的实习评价主要借助最终的实习报告由指导老师对其评价效果进行判断,不够全面和精准,有可能存在“高分低能”等情况,不利于学生应用能力的真正提升;(5) 实习单位积极性不高,企业以生产为主,若校企之间未能建立良好的合作机制,将会导致实习单位对高校人才培养的参与性和积极性不高^[11]。基于以上问题,亟需对生物工程类专业的生产实习开展教学改革和探索,加强应用型人才培养,促进地方普通高校向应用型转变。

滨州学院是山东省首批应用型本科建设高校,其中,生物技术专业是山东省一流本科专业,且以生物技术、生物科学、生物制药、食品质量与安全为主的生物技术专业群作为山东省高水平应用型专业建设群,学院高度重视应用型人才的培养。滨州学院“生物工程类专业生产实习”课程组自2016年开始,注重以应用型人才培养为导向,通过虚拟仿真、企业实习、顶岗锻炼等教学模式,培养生物工程类专业学生综合运用所学基础理论和技能开展独立分析并解决实际问题的能力。

2 生物工程类专业“生产实习”课程的改革与实践

2.1 课程建设的目标与定位

课程组依托滨州学院生物与医药现代产业学院和滨州畜牧兽医研究院,立足黄河三

角洲——滨州生物与医药产业集群特色,进行“生产实习”课程建设,将生物制品研发、生产、流通等全产业链关键点纳入到教学内容中,并让学生实地参与企业生产过程,进行人才培养的“上路测试”,最终实现培养应用型人才的目标。具体目标包括知识目标、能力目标和素质目标 3 个维度,如表 1 所示。我们通过校企合作进行“生产实习”课程建设,理论知识与产业实习实现高度融合,使学生在实习中可以接触与本专业相关的实际工作,增强专业认识,培养和锻炼学生综合运用所学基础理论、基本技能和专业知识的能力,提升其独立分析和解决实际问题的能力,同时可以检验理论教学效果,为进一步提高教学质量,培养出合格人才提供经验。

2.2 课程建设的思路

本课程的建设思路是以培养生物工程类应用型人才为最终目标,结合学校所处地理位置,针对与生物工程类专业紧密相关的生物与医药产业集群,联合当地畜禽生物制品开发与生产龙头企业,选择核心产品,如 GFP 多克隆抗体、抗猪瘟(classical swine fever virus, CSFV)多克隆抗体、三聚氰胺(melamine)多克隆抗体

等作为学生学习对象,首先将其开发、生产、流通等环节的内容与所涉及的理论课程(如细胞生物学、微生物学、生物化学等)进行知识重排,设计包含抗原表达、抗原纯化、动物免疫、抗体纯化、效价检测、产品贮藏等生产环节的课程内容;其次,在实习前将学生进行分组,并通过线上线下等形式引导学生利用课余时间了解实习企业的基本情况和核心产品,并完成与实习内容相关的虚拟仿真软件学习,同时开展实习动员和生产安全教育,到达企业后由企业合作导师与校内导师共同引导学生开展相关课程并做好理论讲解与实训工作,通过实操检测和“校友邦”等软件平台进行过程记录、追踪与监测;最后,结合过程实际表现与能力达标测试进行课程考核与评价,检测课程目标达成度。每一次学生的实习完成后,课程组对实习过程进行总结分析,并针对实习发现的新问题,提出改进措施,不断优化课程(图 1)。

2.3 教学内容的设计

课程组在进行教学内容设计时做了大量前期调研,“生产实习”课程时间设置在大四上学期,时间为 4 周,这一时间学生已学习完成基础课程和主干核心课程的修读,具有一定的专

表 1 “生产实习”课程建设人才培养目标

Table 1 Training objectives of the ‘Production Internship’ course

知识目标 Knowledge objectives	能力目标 Capability objectives	素质目标 Quality objectives
1. 掌握生产实习过程中学到的相关产品制备的工艺流程 1. Master the process flow of relevant product preparation	1. 具备实习所生产产品的基本生产操作技能 1. Master the basic operation skills for the products produced	1. 具有严谨的科学态度和实事求是的工作作风以及沟通能力 1. Have rigorous scientific attitude, practical and realistic work style and communication skills
2. 能在本学科和相关学科的学习和工作中熟练、灵活运用其基本理论和基本概念 2. Be able to skillfully and flexibly apply the basic theories and concepts mastered	2. 具有实习所生产产品的质量评定能力 2. Master the ability to evaluate the quality of products produced	2. 具有良好的职业道德和法律、规范意识 2. Have good awareness on professional ethics, legal and regulatory affairs

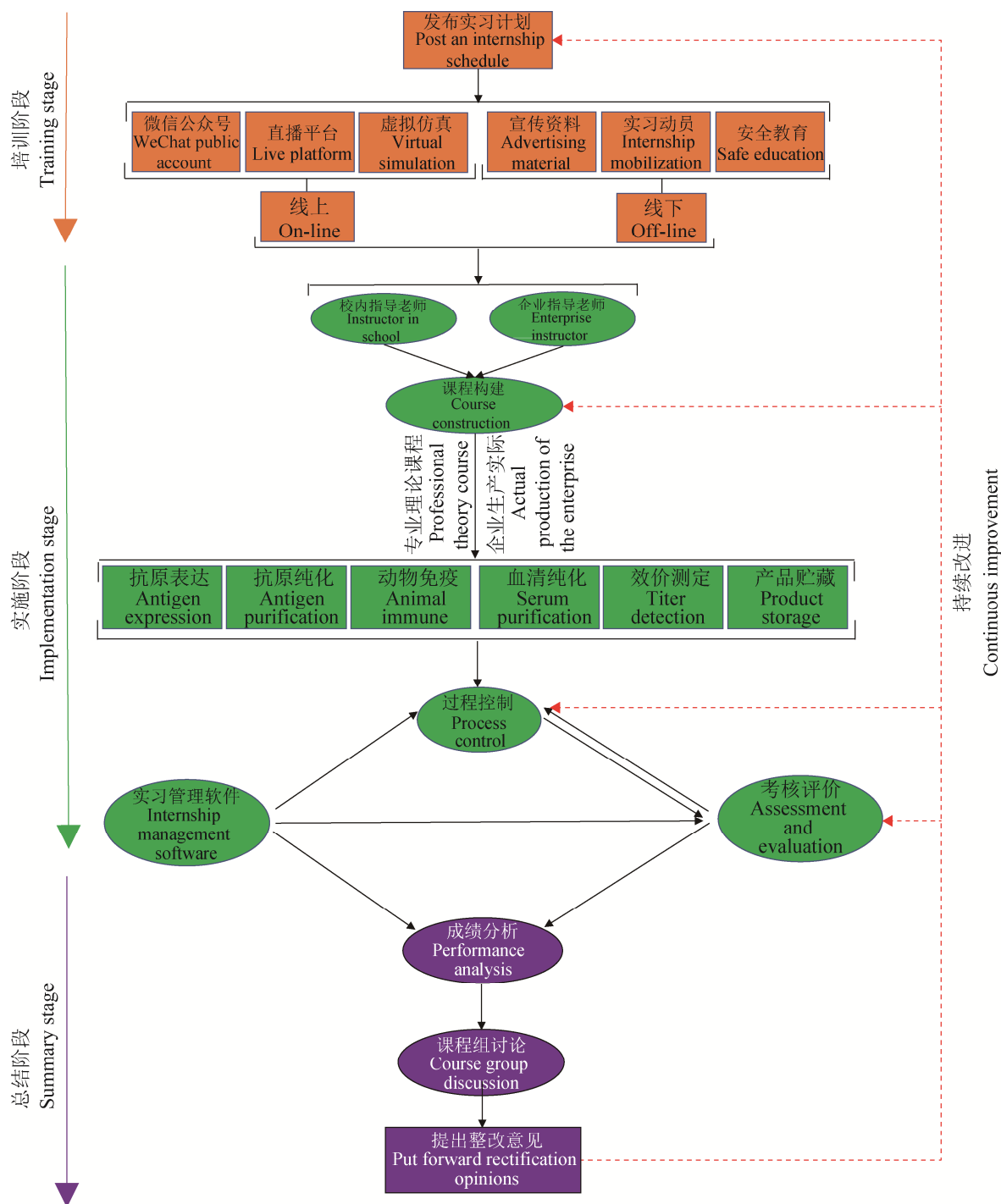


图1 课程建设的思路

Figure 1 Ideas for developing the course.

业基础和实践能力，部分学生课外时间还参与过教师科研项目 and 大学生创新项目，这时

开展专业性较强的生产实习，接受度和适应性都较好，容易掌握相关知识要点，并对专

业的认识会更加深刻,有助于应用型人才培养目标的实现^[10]。近年来,我们与当地生物工程有限公司开展了6届学生的生产实习,下面将以“绿色荧光蛋白GFP多克隆抗体的研

发和生产”为例^[12-13],从实践要点、教学内容、教学目的、涉及到的理论课程、教学要求及时间分配等方面着手,介绍教学内容的设计,如表2所示。

表2 绿色荧光蛋白GFP多克隆抗体制备的生产实习内容设计

Table 2 Design for preparation of green fluorescent protein (GFP) polyclonal antibody

教学内容 Teaching content	实践要点 Practice points	教学目的 Teaching objectives	涉及的理论课程 The theory courses involved	教学要求及时间分配 Teaching requirements and time allocation
抗原表达 Antigen preparation	1. 质粒提取与转化 1. Plasmid extraction and transformation 2. 载体构建 2. Vector construction 3. 诱导表达 3. Induced expression 4. 蛋白电泳分析 4. Protein electrophoresis analysis	1. 对大肠杆菌培养和 发酵技术进行综合实践 1. Comprehensive practice of <i>Escherichia coli</i> culture and fermentation technology 2. 掌握 GFP 在大肠杆菌中 的重组表达技术 2. Master the recombinant expression technology of GFP in <i>E. coli</i>	“微生物学”“基因工程” “分子生物学” Microbiology, Genetic Engineering, Molecular Biology	第 1-3 天 The 1st-3rd days
抗原纯化 Antigen purification	1. 菌体高压破碎 1. High pressure fragmentation of thallus 2. 冷冻高速离心 2. Refrigerating high- speed centrifugation 3. Ni 柱亲和纯化 3. Ni column affinity purification 4. 分子筛层析纯化 4. Gel-filtration purification 5. 冷冻干燥 5. Freeze drying	掌握重组 GFP 蛋白的亲和 纯化与层析纯化技术 Master the affinity purification and chromatography purification techniques of recombinant GFP	“生物化学” Biochemistry	第 4-5 天 The 4th-5th days
动物免疫 Animal immune	1. 免疫抗原与免疫佐剂 的乳化 1. Emulsification of immune antigen and immune adjuvant 2. 动物皮下注射 2. Subcutaneous injection of animals	1. 掌握机体发生免疫反应 的原理和必备条件 1. Master the principles and necessary conditions of immune response 2. 对实验动物(新西兰大白 兔)免疫注射技能的实践 2. Practice of immune injection skills for experimental animals (New Zealand white rabbit)	“免疫学”“动物生理学” “生物技术制药” Immunology, Animal Physiology, Biotechnology Pharmacy	第 6-20 天 The 6th-20th days

(待续)

(续表 2)

教学内容 Teaching content	实践要点 Practice points	教学目的 Teaching objectives	涉及的理论课程 The theory courses involved	教学要求及时间分配 Teaching requirements and time allocation
血清纯化 Serum purification	1. 动物股动脉取血 1. Animal femoral artery blood collection 2. 抗血清的分离 2. Isolation of antiserum 3. 利用 Protein A 纯化柱进行 IgG 的亲和纯化 3. Affinity purification of IgG was performed using Protein A purification column	1. 掌握 Protein A 对抗体进行捕获的原理 1. Master the principle of Protein A to capture antibodies 2. 利用 Protein A 纯化柱实现对含有 GFP 抗血清的纯化实践 2. Protein A purification column was used to purify GFP antiserum	“免疫学” Immunology	第 21–25 天 The 21st–25th days
效价检测 Titer detection	1. GFP 抗原包被与纯化后抗血清梯度稀释 1. GFP antigen coating and purified antiserum gradient dilution 2. 酶联免疫吸附测定 (enzyme linked immunosorbent assay, ELISA) 检测实验过程 2. ELISA test process 3. 标准曲线的制定与检测数据分析 3. Standard curve formulation and test data analysis	1. 掌握 ELISA 法的实验原理 1. Master the experimental principle of ELISA 2. 掌握对 GFP 多克隆抗体效价进行检测的技术 2. Master the technology of detecting the titer of GFP polyclonal antibody	“生物化学” “免疫学” Biochemistry, Immunology	第 26–28 天 The 26th–28th days
产品贮藏 Product storage	1. 3 个月到半年, 4 °C 保存, 保存时要加入 0.1%–0.2% NaN ₃ 以防腐 1. For storing 3 months to half a year, products should be stored at 4 °C, 0.1% to 0.2% NaN ₃ should be added 2. 3–5 年, 低温保存, 放在 –20–40 °C, 防止反复冻融, 反复冻融几次则效价明显降低。因此低温保存应用小包装 2. For storing 3–5 years, products should be divided into small packages, stored at –20 °C–40 °C, avoiding	掌握抗血清的不同保藏方法原理和实践 Master the principle and practice of different preservation methods of antiserum	“免疫学” “生物技术制药” Immunology, Biotechnology Pharmacy	第 26–28 天 The 26th–28th days

(待续)

教学内容 Teaching content	实践要点 Practice points	教学目的 Teaching objectives	涉及的理论课程	(续表 2)
			The theory courses involved	教学要求及时间分配 Teaching requirements and time allocation
	repeated freeze-thaw as it will decrease the potency significantly 3. 冷冻干燥, 最后制品内 水分不应高于 0.2%, 封装后 可以长期保存, 一般在冰箱 中 5-10 年内效价不会明显 降低 3. For storing 5-10 years without reducing the potency significantly, products should be freeze dried and encapsulated, the moisture in the final product should not exceed 0.2%			

2.4 教学内容的实施

2.4.1 发布实习计划, 运用仿真平台+线上方式进行岗前培训

在生产实习学期初, 教师将本学期要进行实习的单位、实习内容、实习时间通过“校友邦”平台进行发布, 并指定与实习有关的学习内容供学生利用课余时间自学, 为开展实习奠定基础, 包括: (1) 利用课外时间通过虚拟仿真软件《重组蛋白质的分离与纯化虚拟仿真实验教学项目》进行自学, 如重组蛋白的表达、亲和纯化、分子筛纯化等, 测试成绩纳入实习总成绩, 合格后方可参加下一步实习; (2) 通过微信公众号、企业网站、QQ 群、微信群等线上方式向学生推送实习企业的生产经营、科技研发、管理规范、岗位职责等内容, 引导学生利用“零碎”时间对企业进行了解。同时, 校内外指导教师与学生通过线上线下结合的方式保持沟通^[14], 解答学生对实习的疑惑与可能出现的问题, 并引导学生积极思考, 将理论知识与实践生产相结合。

2.4.2 严密组织, 积极到岗, 在企业开展实习

学生到达实习单位后, 由企业指导老师负责日常管理, 按照企业实习内容稳步开展(图 2)。

(1) 抗原制备: 实习第 1-3 天, 进行抗原制备内容的实践, 通过讲解抗体制备所需抗原的分类和来源、介绍 GFP 获得 2008 年诺贝尔化学奖的科研人物故事^[15], 引导学生了解行业发展形势, 树立坚韧不拔和善于解决问题的素养与能力; 同时, 按照实验管理要求和实验规范步骤完成 GFP 在大肠杆菌中的重组表达生产实验。

(2) 抗原纯化: 实习第 4-5 天, 对表达后的 GFP 蛋白进行纯化, 介绍亲和纯化^[16]、分子筛纯化蛋白的技术方法及相关生物制品^[17], 拓展学生对蛋白纯化技术的了解, 掌握多种纯化方法在实际生产应用中的组合, 可以达到最终的生产目的。

(3) 动物免疫: 实习第 6-20 天, 将纯化后的 GFP 蛋白作为抗原用于动物免疫以获取抗

体。在这部分实践过程中,首先向学生强调动物实验的基本伦理要求,所有操作应符合人类的道德伦理标准和国际惯例,应尊重动物生命,充分考虑动物的利益,让学生了解国家对科学研究、企业生产中涉及到动物实验的法规和要求,培养良好的职业操守与道德素养^[18];其次,向学生介绍抗原进入机体后产生抗体的原理,以我们注射的“新冠疫苗”大多数也是3次为例,引发学生思考“为什么要免疫3次”;最后,通过提问“为什么还要加入佐剂并进行乳化后才能注射?”,向学生介绍动物免疫的基本操作以及注射抗原的成分。在这一阶段,因动物免疫每5 d进行一次,学生可继续参与到抗原制备和重组蛋白纯化的生产中,并不断熟练和提高实践能力。

(4) 血清纯化:实习第21–25天,免疫完成后的动物(新西兰大白兔)需处死并获取血清^[19–20]。这一阶段引导学生一方面了解血清中的成分是什么,纯化抗体的原理是什么;另一方面,掌握抗体纯化的技术,同时介绍生产中常用的抗体纯化方法与应用情况,拓宽学生了

解抗体纯化方法的视野。

(5) 效价测定+产品贮藏:实习第26–28天,对纯化后的GFP多克隆抗体进行效价检测^[21–22]。在这一阶段的实习,引导学生一方面注重生产产品的品质控制,通过效价检测可以确定抗体品质高低,掌握酶联免疫吸附测定(enzyme linked immunosorbent assay, ELISA)的方法和技术;另一方面,掌握生产中抗体品质测定和控制的其他技术,促进学生生产实践素养的提升,加强生产过程的全局意识。最后,再根据产品在市场上的用途分类,选择不同类型的处理方式(添加保护剂、冷冻干燥等)对其进行贮藏。

2.4.3 全面考核,突出重点,持续改进

实习的考核包含3个部分,第一部分是岗前培训情况(20%)具体由指定内容学习情况、企业了解情况、虚拟仿真软件得分情况综合评定;第二部分是实习过程(50%),具体由工作出勤情况、工作参与情况、工作实操情况、工作完成情况、工作态度表现情况综合评定;第三部分是实习报告(30%),由学生的工作总结情况、

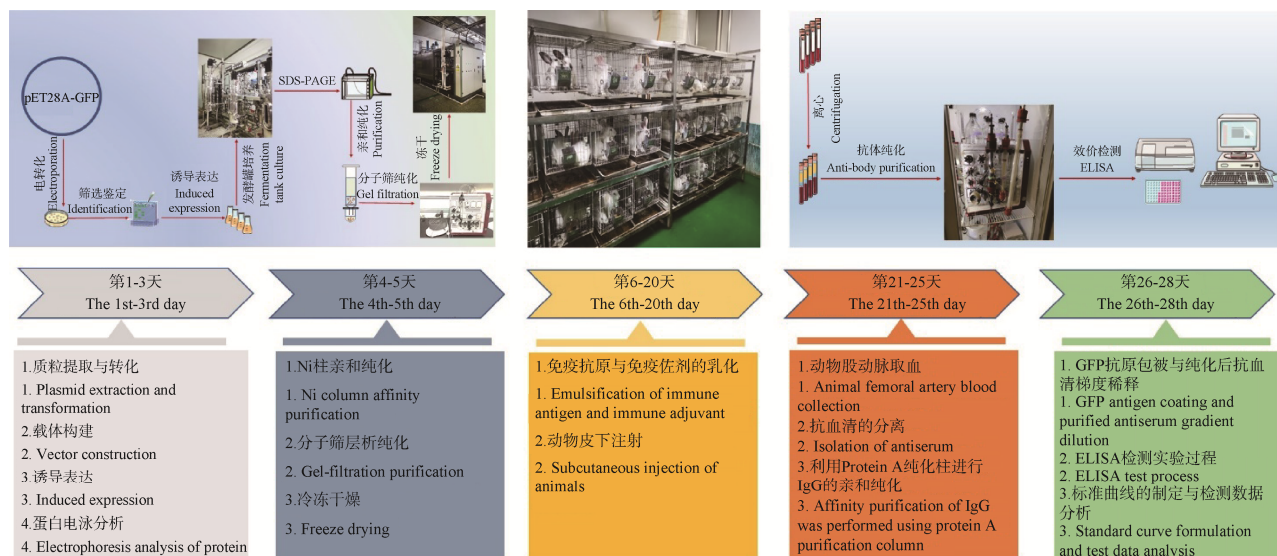


图2 实习单位实习内容

Figure 2 The workload and time-scale in the internship unit.

工作记录情况、工作心得综合评定。最终,按照 A(优秀)、B(良好)、C(及格)和 D(未及格)4 个等级确定学生实习成绩。此外,指导教师需要对实习指导过程进行记录,做好总结工作并整理归档,不断提升和优化实习方案。

3 课程教学特色

3.1 实习内容设计特色

充分挖掘当地生物制品企业优质资源,以典型生物制品——多克隆抗体的制备和生产作为实习内容,设置了包含抗原表达、抗原纯化、动物免疫、抗体纯化、效价检测、产品贮藏为主线的生物制品生产工艺,覆盖生物工程类专业学生的多门核心专业课程(如细胞生物学、微生物学、生物化学等),具有针对性和代表性,能使学生将自己的理论知识充分应用到企业的生产实践中去,推动学生应用型能力的提升,拓展学生对生物工程产业的认识,帮助学生尽早适应生产工作。

3.2 教学模式特色

采用岗前培训和生产实训相结合的方式开展,增加了利用虚拟仿真技术的岗前培训,将整个生产任务按照生产过程进行拆分,确定生产时间节点,通过校内外导师线上线下指导、学生线上线下学习、实地操作,让其沉浸在真实研发生产氛围中,能帮助学生熟悉并适应真实的企业生产,让学生在实践过程中学会主动发现问题,并寻找解决问题的方法,有助于学生学会沟通与团队合作,提升自身的生产实践素养和综合能力,增强责任意识与担当意识。

3.3 评价体系特色

基于应用型视角下的人才培养目标,注重实习过程的实践性与应用性,分别从岗前培训情况、实习过程和实习报告总结 3 个维度进行综合评价,岗前培训情况(考核占比 20%)通过

问卷作答(占该项考核 50%)和虚拟仿真软件作答(占该项考核 50%),检验学习情况、企业了解情况、培训情况,低于 60 分不能参加下一步实习,评分纳入总评成绩;第二部分是实习过程(考核占比 50%),具体由小组长和企业指导老师进行记录和评价,包含工作出勤情况(占该项考核 10%)、工作参与情况(占该项考核 20%)、工作实操情况(占该项考核 50%)、工作完成情况(占该项考核 10%)、工作态度表现情况(占该项考核 10%),得分低于该部分 50%视为此过程不达标,考核不通过;第三部分是实习报告(考核占比 30%),包含学生的工作总结情况(占该项考核 35%)、工作记录情况(占该项考核 35%)、工作心得(占该项考核 30%),由指导老师对内容进行评审确定。

4 课程教学改革成效

4.1 学生应用实践能力提升,课程获得学生普遍好评

重排后的实习内容涵盖生物工程类专业多门主干课程,理论知识与生产实践深度融合,且产品的开发与生产专业性强、应用性广、前瞻性优,与产业的需求联系紧密。我们通过调研发现,与传统生产实习相比,改革后的实习让学生能更加了解专业、行业与产业,增强认识与兴趣,培养专业素养,能确保学生不会“走马观花”与“浑水摸鱼”,切实保证学生在实习过程中从要我学、学不会、不愿学,转变为我要学、学得会、愿意学和主动学。通过对近 3 届毕业生的持续追踪,35.72%的学生在药品生产、生物质利用与开发、发酵控制等生物工程领域的相关企业从事生产制造、管理和技术开发等工作,高于实施教改前的 19.64%。同时,对用人单位进行调研沟通,普遍反映近年来入职学生实践

应用能力提升,适应周期变短,综合素质提升。此外,截至目前,改革后的实习课程已经在本校食品质量与安全、生物技术和生物制药这3个专业中连续4年进行实施,累计近300名学生完成了这一实习课程。每届学生完成实习后,实习课程组一方面会对学生的总

体满意度进行调查,另一方面会对实习的具体过程和环节的教学质量指标进行打分,结果显示:95%的学生表示非常满意,4%的学生表示基本满意,1%的学生表示不满意;学生对实习实施过程和环节中的教学评价也表示满意,显示出了较好的评价效果(表3)。

表3 学生对课程各项教学质量指标评价

Table 3 Various teaching quality indicators of the course evaluated by the students

一级指标 Primary index	权重 Weight	二级指标 Secondary index	满分分值 Full score	平均分 Average score
教学目标 Teaching objectives	0.15	有完整的教学计划、明确的教学目标 The teaching has a complete teaching plan and clear teaching objectives	5.00	5.00
		能按计划完成教学任务 The teaching task is completed as planned	5.00	5.00
教学过程 Teaching process	0.50	符合学生实际需求,联系紧密 The teaching meets the actual needs of students and keep close contact	5.00	5.00
		教学内容翔实,紧密联系实际,符合大纲要求,注重应用能力的培养 The teaching content is detailed and closely related to the actual production process, meets the requirements of the outline, and pays attention to the training of application ability	10.00	9.50
		实践教学导入结合生产实际,理论转化实践突出 The introduction of practical teaching is combined with production practice, and the transformation of theory into practice is prominent	10.00	9.00
		教学过程条理清晰,以点带面,层层递进建立畅通的沟通渠道和方式 The teaching process is clear, efficient communication channels and methods are established	5.00	5.00
		引导学生培养爱国主义情怀和注重实验伦理等职业素养 The teaching guides students to develop patriotism and attaches importance to experimental ethics	10.00	9.20
		注重学生的实践能力培养,可及时解决学生实践过程中遇到的问题 The teaching pays attention to fostering students' practical ability, timely solves the problems encountered by students during the internship	10.00	9.00
		教学方法新颖,与时俱进,便于实施加强学习自觉性与主动性 The teaching method is novel and timely, which is easy to implement and strengthen the consciousness and initiative of learning	5.00	5.00
教学方法 Teaching method	0.20	符合新时代教学模式和体系发展新方向 The teaching is in line with the new era teaching mode and the new direction of system development	5.00	4.50

(待续)

(续表 3)

一级指标 Primary index	权重 Weight	二级指标 Secondary index	满分分值 Full score	平均分 Average score
教学效果 Teaching effectiveness	0.15	注重启发式教学, 举例生动形象 The teaching pays attention to heuristic teaching and gives vivid examples	5.00	4.00
		学生掌握了实习涉及的企业生产基本流程, 具备良好的沟通能力 Students have mastered the basic production process involved in the internship and have good communication skills	5.00	5.00
		初步具备了专业相关的职业基本素养和道德规范 Students have developed preliminary professional basic qualities and ethics	5.00	5.00
		达到了锻炼学生理论知识转化实践生产能力的要求 The teaching meets the requirements of training students' ability to transform theoretical knowledge into practical production	5.00	4.50
总体评价得分 Overall evaluation score	94.20			

4.2 建立校企合作新模式, 推进产教深度融合

传统的生产实习大多数是学生到达实习单位后由企业指导老师接手, 协助指导老师参与相关工作, 工作内容不系统、不全面, 随机性较强, 对学生来说, 虽然参与了企业的生产和工作, 但对专业知识的应用和实践未能充分展现^[23]。正是针对这一普遍性问题, 课程组与企业指导教师经过反复探讨、多重论证、深度沟通, 结合专业特点和企业资源优势, 制定实习内容和教学方式, 既提升了课程组教师自身专业能力, 也加强了团队内部协作及与企业沟通合作的能力, 可以让校企合作协同育人真正落在实处, 形成示范效应, 有助于下一步在其他课程和实践环节的深度融合。

5 总结与展望

生产实习是生物工程类专业学生将理论知识转化为实践应用的关键培养环节, 是学生对专业、行业以及产业进行了解和探索的基石, 也是培养应用型人才的关键一环。目前, 如何利用好“生产实习”这一实践课程, 破解应用型

人才培养的痛点和堵点, 逐渐受到越来越多的高校关注和重视。笔者所在学院依据学校培养高水平“应用型”人才这一顶层设计, 结合专业特点和地区产业优势, 联合优势企业, 对生物工程类专业“生产实习”课程进行了课程内容重构、教学内容重排、教学模式更新、教学考核加强等系列改革, 取得了较好的实践成效。下一步, 课程组将继续深化课程内容和教学模式改革, 引入更多企业生物制品的研发与生产, 加强学生的专业能力和职业素养的培训, 持续推动生物工程类专业“应用型”人才的培养。

REFERENCES

- [1] 邓泽民, 董慧超. 地方普通本科高校向应用型转变的探索[J]. 中国职业技术教育, 2016(32): 77-82.
DENG ZM, DONG HC. Exploration on the transformation of local ordinary undergraduate universities into application-oriented universities[J]. Chinese Vocational and Technical Education, 2016(32): 77-82 (in Chinese).
- [2] 薛华, 纪延俊. 校企合作机制下应用型人才培模式研究[J]. 教育信息化论坛, 2019, 3(5): 38-39.
XUE H, JI YJ. Research on the training mechanism of application-oriented talents in enterprises under the background of school-enterprise cooperation[J].

- Educational Informatization Forum, 2019, 3(5): 38-39 (in Chinese).
- [3] 童桂, 郑忻. 从“校企合作”到“校企融合”的应用型人才培养创新模式[J]. 南京工程学院学报: 社会科学版, 2018, 18(1): 76-80.
- TONG G, ZHENG X. An innovation mode of applied talent training: from school-enterprise cooperation to school-enterprise fusion[J]. Journal of Nanjing Institute of Technology: Social Science Edition, 2018, 18(1): 76-80 (in Chinese).
- [4] 杨伊静. 强化生物领域战略科技力量 支撑经济社会高质量发展: 国家发展改革委印发《“十四五”生物经济发展规划》[J]. 中国科技产业, 2022(5): 24-25.
- YANG YJ. Strengthening the strategic scientific and technological force in the biological field to support the high-quality development of the economy and society- the national development and reform commission issued the ‘14th five year plan’ for bioeconomic development [J]. Science & Technology Industry of China, 2022(5): 24-25 (in Chinese).
- [5] 张玉, 方尚玲, 陈茂彬. 高等工科院校创新型生物科技人才培养的探索与实践[J]. 教育教学论坛, 2020(4): 266-267.
- ZHANG Y, FANG SL, CHEN MB. Exploration and practice of innovative biotechnology talents training in higher technology colleges[J]. Education Teaching Forum, 2020(4): 266-267 (in Chinese).
- [6] 申彤, 岳海涛, 陈红征, 杨洁. 生物工程专业本科生专业实习现状与改革探讨[J]. 教育教学论坛, 2018(47): 102-104.
- SHEN T, YUE HT, CHEN HZ, YANG J. The present situation and discussion of reform on professional practice for undergraduate majored in bioengineering [J]. Education Teaching Forum, 2018(47): 102-104 (in Chinese).
- [7] 杨梅, 李婷婷, 黄秋婷, 任重远. 地方高校转型背景下生产实习教学中创新应用型人才培养的研究[J]. 吉林化工学院学报, 2018, 35(6): 26-29.
- YANG M, LI TT, HUANG QT, REN CY. Research on cultivation of innovative and applied personnel in the production and practice teaching in the context of local colleges’ transformation[J]. Journal of Jilin Institute of Chemical Technology, 2018, 35(6): 26-29 (in Chinese).
- [8] 曾超珍, 刘志祥. 生物工程专业校外实习教学改革[J]. 现代农业科技, 2020(8): 252-253, 255.
- ZENG CZ, LIU ZX. Reform of off-campus practice teaching for bioengineering majors[J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2020(8): 252-253, 255 (in Chinese).
- [9] 赵辉, 凌宏志, 王葳, 韩晓云, 吴国峰. 高校生物工程专业生产实习模式的改革与探索[J]. 安徽农学通报, 2016, 22(6): 160-162.
- ZHAO H, LING HZ, WANG W, HAN XY, WU GF. Exploration on the mode of production practice of bioengineering specialty in colleges and universities[J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2016, 22(6): 160-162 (in Chinese).
- [10] 谭红铭, 曹理想. 生物工程专业“生产实习”课程的教学改革探索[J]. 微生物学通报, 2018, 45(3): 717-720.
- TAN HM, CAO LX. Teaching reform of Specialized Production Practice courses for students majored in Bioengineering[J]. Microbiology China, 2018, 45(3): 717-720 (in Chinese).
- [11] 朱其顺, 王顺昌, 张科贵. 应用型本科高校生物工程专业企业实习总结与思考: 以安徽益益乳业顶岗实习为例[J]. 中国教育技术装备, 2018(18): 134-136.
- ZHU QS, WANG SC, ZHANG KG. Summary and reflection on practice of biological engineering practice in undergraduate colleges and universities: taking practice in Anhui Yiyi dairy post as example[J]. China Educational Technology & Equipment, 2018(18): 134-136 (in Chinese).
- [12] 董彬, 胡贺贺, 王晶, 孟德梅, 樊振川. 绿色荧光蛋白 GFP 多克隆抗体的制备及在多种细胞中的特异性鉴定[J]. 天津科技大学学报, 2017, 32(2): 7-12.
- DONG B, HU HH, WANG J, MENG DM, FAN ZC. Preparation of polyclonal antibody for green fluorescent protein (GFP) and characterization of its specificity in different cells[J]. Journal of Tianjin University of Science & Technology, 2017, 32(2): 7-12 (in Chinese).
- [13] 徐志霞, 孙杰, 杨勇, 丁利. 面向应用创新型本科生培养的生物化学实验教学设计: 以 GFP 蛋白的表达分离纯化为例[J]. 实验室研究与探索, 2022, 41(1): 226-229, 258.
- XU ZX, SUN J, YANG Y, DING L. Design of biochemistry experiment teaching based on cultivation of undergraduates’ application and innovation ability—taking the isolation and purification of GFP proteins as an example[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2022, 41(1): 226-229, 258 (in Chinese).
- [14] 董彬, 吴涛, 姚志刚, 王君, 李建庆, 赵文娟, 刘龙祥, 孙春龙, 宿志伟, 刘滨. 基于虚拟仿真技术的生

- 物工程类综合实验教学改革与实践[J]. 生物工程学报, 202, 38(4): 1671-1684.
- DONG B, WU T, YAO ZG, WANG J, LI JQ, ZHAO WJ, LIU LX, SUN CL, SU ZW, LIU B. Teaching reform and practice of bioengineering comprehensive experiment based on virtual simulation technology[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 202, 38(4): 1671-1684 (in Chinese).
- [15] 周程. 诺贝尔奖级科学成就究竟是怎样取得的?——绿色荧光蛋白的发现、表达与开发[J]. 安徽大学学报: 哲学社会科学版, 2016, 40(4): 8-21.
- ZHOU C. How did Nobel prize level scientific achievements come about? -Discovery, expression and development of green fluorescent protein[J]. Journal of Anhui University: Philosophy and Social Sciences Edition, 2016, 40(4): 8-21 (in Chinese).
- [16] 武文轩, 孙冬琳, 孙海明, 金焰. 亲和标签在重组蛋白纯化领域的研究进展[J]. 国际遗传学杂志, 2016, 39(3): 138-143.
- WU WX, SUN DL, SUN HM, JIN Y. Research progress of the affinity tag in the field of recombinant protein purification[J]. International Journal of Genetics, 2016, 39(3): 138-143 (in Chinese).
- [17] 吕新宇, 刘英杰, 刘英莉, 李莉, 江敏. FPLC 在纯化马铃薯酪氨酸酶中的应用[J]. 江苏工业学院学报, 2007, 19(4): 37-40.
- LV XY, LIU YJ, LIU YL, LI L, JIANG M. Research on separation and purification of potato tyrosinase by FPLC method[J]. Journal of Jiangsu Polytechnic University, 2007, 19(4): 37-40 (in Chinese).
- [18] 苏美洋伊, 邓巍. 关于实验动物福利伦理审查的几点建议[J]. 中国比较医学杂志, 2020, 30(5): 104-107.
- SU MY, DENG W. Suggestions on the welfare ethical review of laboratory animal care and use[J]. Chinese Journal of Comparative Medicine, 2020, 30(5): 104-107 (in Chinese).
- [19] 董彬, 王君, 孙静, 王报贵, 孙春龙, 吴涛. Cpf1 核酶的原核表达、纯化及多克隆抗体制备与鉴定[J]. 生物学杂志, 2020, 37(6): 23-27.
- DONG B, WANG J, SUN J, WANG BG, SUN CL, WU T. Prokaryotic expression and purification of Cpf1 in *Escherichia coli* and preparation of polyclonal antibody[J]. Journal of Biology, 2020, 37(6): 23-27 (in Chinese).
- [20] 董彬, 吴松, 王晶, 孟德梅, 樊振川. 莱茵衣藻纤毛内运送蛋白 IFT27 的原核表达、纯化及多克隆抗体制备[J]. 生物技术, 2016, 26(6): 532-538.
- DONG B, WU S, WANG J, MENG DM, FAN ZC. Prokaryotic expression, purification and polyclonal antibody preparation of the *Chlamydomonas Reinhardtii* intraflagellar transport protein(IFT27)[J]. Biotechnology, 2016, 26(6): 532-538 (in Chinese).
- [21] 袁媛, 陈志, 罗卫星, 蔡惠芬. RERG 基因的原核表达、蛋白纯化及多克隆抗体的制备[J]. 黑龙江医药科学, 2019, 42(5): 1-4.
- YUAN Y, CHEN Z, LUO WX, CAI HF. Prokaryotic expression of RERG gene, purification of protein and preparation of polyclonal antibodies[J]. Heilongjiang Medicine and Pharmacy, 2019, 42(5): 1-4 (in Chinese).
- [22] 赵丽花, 栗慧, 魏东. 四环素多克隆抗体的制备及鉴定[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2019(3): 114-117.
- ZHAO LH, LI H, WEI D. Preparation and identification of tetracycline polyclonal antibody[J]. Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine, 2019(3): 114-117 (in Chinese).
- [23] 左爱仁, 吴莉, 孙有智, 邵文祥, 徐佳, 舒青龙. “五定五考核”模式提升生物工程专业本科生生产实习质量探索[J]. 科教文汇: 下旬刊, 2019(11): 74-76.
- ZUO AR, WU L, SUN YZ, SHAO WX, XU J, SHU QL. Exploration on improving the quality of production practice of biological fermentation by the “five determinations and five assessments” mode[J]. The Science Education Article Collects, 2019(11): 74-76 (in Chinese).

(本文责编 陈宏宇)