

虚拟仿真资源在生物制药人才培养中的探索实践

金慧, 师帆, 徐阳, 林楠

上海市医药学校生物技术制药系, 上海

收稿日期: 2024年9月29日; 录用日期: 2024年11月13日; 发布日期: 2024年11月20日

摘要

通过虚拟仿真技术加强生物制药类创新型人才培养, 探索教育变革与教学创新发展的新途径。结合生物制药类专业人才培养的需要, 本文组建校企结合团队, 优化生物制药工艺专业人才培养方案, 构建虚拟仿真实验实训教学管理平台, 实现资源的整体管理和调配共享, 将行业中的新技术转化为教学资源, 虚拟仿真与实践实操相互促进, 推动教学模式改革, 助力生物制药类高素质技术技能人才的培养。

关键词

生物制药, 人才培养方案优化, 虚拟仿真, 混合式教学

Exploration and Practice of Virtual Simulation Resources in the Training of Biopharmaceutical Talents

Hui Jin, Fan Shi, Yang Xu, Nan Lin

Biotechnology and Pharmaceutical Department, Shanghai Pharmaceutical School, Shanghai

Received: Sep. 29th, 2024; accepted: Nov. 13th, 2024; published: Nov. 20th, 2024

Abstract

This article explores new pathways for educational reform and teaching innovation by strengthening the cultivation of innovative talents in the biopharmaceutical field through virtual simulation technology. In response to the need for talent development in biopharmaceutical programs, a school-enterprise collaboration team has been established to optimize the training framework for biopharmaceutical process professionals. A virtual simulation laboratory and training management

platform have been constructed for comprehensive resource management and sharing. This platform transforms new technologies from the industry into teaching resources, facilitating mutual reinforcement between virtual simulations and practical training, promoting reforms in teaching methods, and enhancing the development of high-quality technical talents in the biopharmaceutical sector.

Keywords

Biopharmaceuticals, Optimization of Talent Training Program, Virtual Simulation, Blended Teaching

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

党的二十大报告明确提出“推进教育数字化”，教育数字化转型已经成为当前教育改革的重要方向。2023年7月，《教育部办公厅关于加快推进现代职业教育体系建设改革重点任务的通知》提出，要建设职业教育示范性虚拟仿真实训基地，其中主要任务之一就是共建共享共用虚拟仿真实训资源。虚拟仿真技术是模拟真实的生产实训环境，让学生身临其境地体验学习过程，为了更好地适应后疫情时代的特点和数字化变革需要，虚拟仿真越来越多地运用到人才培养和课程教学过程中。生物制药类专业着重培养学生的实践能力、专业能力和创新能力，但是在传统授课过程中普遍存在实训实习条件的限制、知识点的抽象、新技术新方法未及时融入、考核方法不科学等情况，导致授课质量不高[1]，致使培养的学生难以满足医药行业对人才的要求。

本文将通过组建校企合作团队，优化生物制药工艺专业的人才培养方案，构建虚拟仿真实验实训教学管理平台，优化和更新虚拟仿真教学资源，开展线上线下相结合的课堂教学，推动教学模式改革，助力生物制药类高素质技术技能人才的培养。

2. 生物制药类专业人才培养现状分析

2.1. 生物医药产业需要大量实践性强的复合型人才

2021年3月，《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》提出，推动生物技术和信息技术融合创新，加快发展生物医药。全国很多省市自治区都制定出相应的发展规划政策，将生物医药产业列为重点发展领域，生物医药也是上海市三大先导产业之一。在人才培养过程中呈现出以下几个特点：(1) 实验条件制约。药品生产质量管理规范和生物安全性的要求，需要生物制药在厂房建造和设施设备配置上进行高投入和高风险控制，如在GMP生产车间的环境下完成人员更衣、领料称量、配液、生产、质量控制等，无法满足众多学生在真实的生产环境中进行学习。(2) 设施设备不足。生物制药过程中会用到微生物发酵罐、生物反应器等比较昂贵的设施设备，实训室无法购置足够数量的仪器设备，使学生实验机会受到限制。在微生物发酵过程中，需要对发酵罐进行参数设置和阀门操作，真实操作会涉及蒸汽而有潜在的安全隐患，因微生物发酵罐体积大，管路复杂，设施设备数量有限，老师指导部分学生按照标准操作规程进行演示，无法保证每位学生的实际操作机会。(3) 教学成本高。搭建相关实验场景困难，有些实训试剂耗材昂贵，有些生物试剂(比如酶、试剂盒等)稳定性差，使用

不注意容易失活或者被污染；有些用到昂贵的精密仪器，参数设置不对就会对仪器造成损害。(4) 专业实践性强。生物制药操作周期长、不可逆，间断操作会导致实验失败，部分操作较难，需反复练习，比如贴壁细胞传代实验需一个多小时，操作之前耗材灭菌不彻底或试剂被污染，生物安全柜或超净台内无菌操作不当，都可能引起细胞污染，但这个结果只有在培养过夜甚至三五天后才能看到实验现象。(5) 原理深奥复杂。生物制药属于高新技术产业，反应原理枯燥不易懂，设施设备复杂不直观，缺乏全视角的空间动态直观感，数字化、可视化的程度不够，且新技术、新方法、新工艺更新迭代快。

2.2. 虚拟仿真技术在生物制药类专业中的应用

虚拟仿真技术为职业院校创设了新的实验实训提供了技术支持，不仅能对教学内容进行优化，降低安全风险，节约成本，强化教学、学习、实训相融合的教育教学活动，弥补职业教育实训中看不到、进不去、成本高、危险大的特殊困难[2]。针对生物制药的人才培养特点，虚拟仿真技术在一些医药类专业中已实现应用。鉴于微生物发酵实训周期较长、发酵罐管路阀门众多、操作复杂，存在错误操作造成风险等原因，李娜[3]探讨了运用虚拟仿真技术在发酵工程课程上进行线上线下混合式课程改革，培养学生复杂工程问题的能力与创新思维，教学成果显著。张潇恺[4]等依托国家虚拟仿真实验教学课程共享平台开展了虚拟仿真实验教学探索，解决实践教育中“不能做”、“不敢做”、“不好做”的问题，帮助学生掌握最前沿的实验技术和弥补生产实训环节的缺失。还有些高职院校[5][6]将虚拟仿真技术运用到生物学、药物制剂综合实训等课程，结合学校的硬件和软件设施，以虚实并举，互为补充的原则，重构教学和实践体系，配合详细的赋分系统，作为评价学生学习成果的标志。

3. 生物制药工艺专业人才培养方案的优化

本文以生物制药工艺专业为核心，根据生物制药岗位的特点，组建校企结合的团队，优化人才培养方案，按照教学规律，梳理虚拟仿真技术融入人才培养的方式和手段，提升人才培养质量。

3.1. 组建项目团队

上海市医药学校隶属于上海医药集团有限公司，与迈威(上海)生物科技股份有限公司等 8 家生物医药标杆企业建立深度合作关系，聘请抗体药物、微生态、新型疫苗、溶瘤病毒、细胞治疗等生物医药领域的能工巧匠以及劳模工匠作为产业导师，定期举行教学研讨，提高团队“产-学-研”能力。

3.2. 确定人才培养目标

聚焦上海生物医药产业发展需求，围绕产业对人才的需求，生物制药工艺专业主要培养面向生物医药产品研发、生产等企事业单位，能从事细胞培养、生物药物分离纯化、生物药物检测、药物制剂等相关工作，具有职业发展基础的知识型、发展型技术技能人才。按照职业面向的一致性和行业对复合型技术技能人才需求，充分利用企业优质资源，优化课程体系(见图 1)，实现人才培养与企业岗位要求的零距离。

3.3. 梳理虚拟仿真技术融入人才培养的方式

按照教学规律，结合虚拟仿真技术的优势和特点，梳理出虚拟仿真技术融入到生物制药类人才培养的过程。

在认识实习阶段，学生到上海普康药业有限公司的生产和质检岗位进行认识实习，这是学生熟悉专业、走进企业、了解职业、认知岗位的重要载体。

在专业教学阶段(见表 1)，学生在校内实训中心利用虚拟仿真资源学生学习生产案例、岗位标准、技术规范的重要载体。

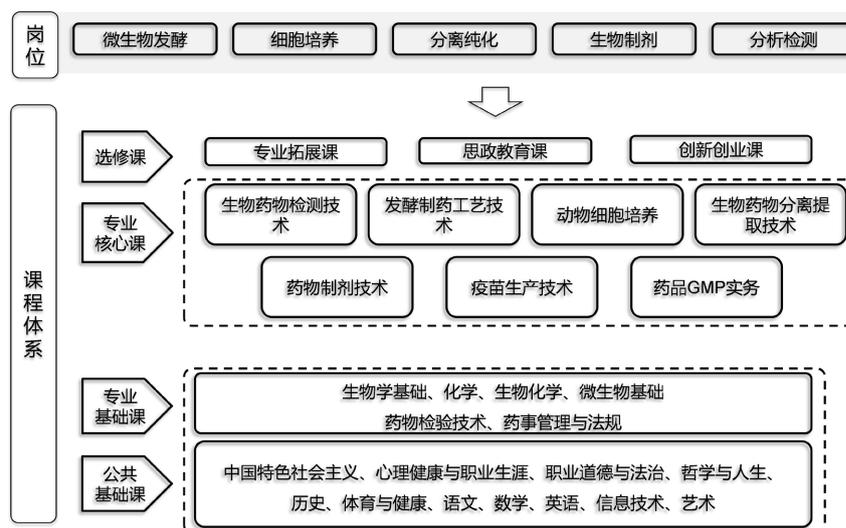


Figure 1. Curriculum system of biopharmaceutical technology major
图 1. 生物制药工艺专业课程体系

Table 1. Process of integrating virtual simulation technology into talent cultivation
表 1. 虚拟仿真技术融入人才培养过程

人才培养环节	学习场所	虚拟仿真资源名称
专业基础课程教学	上海市生物技术开放实训中心 上海市药物检测开放实训中心 (校内实训中心)	个人防护安全 化学品洒出事故 停水停电事故 实验室火灾事故 实验室安全常识
专业核心课程教学	上海市生物技术开放实训中心 上海市药物检测开放实训中心 (校内实训中心)	发酵罐整体结构; 空气、蒸汽、冷却水、冷冻水管路结构; 发酵罐内结构 阿普利康生物反应器操作 紫外可见分光光度计操作 气相色谱仪操作 液相色谱仪操作 不溶性微粒检测 渗透压摩尔浓度测定 细菌内毒素检测 蛋白质含量测定 原料药生产实训 固体制剂生产 GMP 实训 注射用奥美拉唑钠冷冻干燥操作
综合技能训练	上海上药康希诺生物制药有限公司 (校外实践基地)	一次性生物反应器操作

1. 通过虚拟仿真资源学习实验室安全基本常识, 了解化学品洒出、停水停电事故等处理方法, 掌握个人防护的基本要求后, 再进入学校的实训中心学习基本的实验操作技能。

2. 在动物细胞培养的课程中, 利用仿真资源学习阿普利康生物反应器的操作, 掌握 pH 电极和溶氧电极的校正、夹套预热、发酵温度、搅拌速度的设定以及过滤器灭菌的操作。

3. 在发酵制药工艺技术课程中, 利用虚拟仿真技术帮助学生认识发酵罐的基本结构、操作要求和注意事项, 减少蒸汽或者操作不当引起的安全隐患。

4. 在药品 GMP 实务课程中, 通过仿真教学资源了解医药企业的厂区、车间基本布局和要求以及药品生产质量管理规范的要求。

5. 在药物制剂技术的课程中, 利用注射用奥美拉唑钠冷冻干燥操作的仿真资源, 破解冷冻干燥原理难懂的难点, 实现操作过程可视化, 提高学习积极性。

6. 在生物药物检测技术课程中, 利用紫外可见分光光度计、液相色谱仪等精密仪器以及渗透压摩尔浓度测定等典型检测项目等仿真资源, 掌握精密仪器的操作和维护保养方法以及典型项目的检验操作流程, 为真实操作奠定良好的基础。

在综合技能训练阶段, 虚拟仿真资源是促进学生职业感知与岗位认知的重要载体。通过学习一次性生物反应器操作的仿真资源, 学生掌握培养袋的安装、溶氧电极和 pH 电极的安装与校正、取样、接种、补料的基本操作流程。待完成仿真考核之后, 学生再到生物制药有限公司的细胞培养、分离纯化、药物制剂和分析检测岗位进行综合技能训练, 学习新型疫苗的生产技术, 有效提升实训效果。

3.4. 构建虚拟仿真实验实训教学管理平台

以学校为中心建立集中管理的统一入口, 构建虚拟仿真实验实训教学管理平台, 将原有在不同平台的仿真软件集约到一起, 打通原有平台数字化教学资源的壁垒, 实现资源的整体管理和调配共享。通过教学管理平台, 将数字化教学与实训中心设施设备一起构成完整的教学生态, 支持虚实一体的智慧教学。教学管理平台能实时记录学生实验过程中的学习时长、互动次数以及每一步操作的正确性等各项数据, 并对实验数据进行收集、整理和分析, 为教师提供学生实验成果的依据[7]。

聚焦生物医药产业发展需求, 学校建立了资源更新机制, 每年定期从教师、学生、行业专家和企业收集对现有资源的反馈和建议, 根据收集的信息和调研结果, 制定详细的更新计划, 邀请行业专家和教育专家对更新计划进行评审, 确保内容的科学性和实用性, 组建专业团队进行资源的开发。近两年, 基于毛细管电泳、流式细胞仪、多功能酶标仪等在生物制药中的广泛应用, 团队成员开发相对分子量测定、宿主蛋白质残留量检查以及外源性 DNA 残留量检查等相关的虚拟仿真教学资源; 基于生态保护的需要, 原内毒素检测用的鲎试剂越来越稀缺, 开发重组 C 因子法进行细菌内毒素检测的虚拟仿真教学软件。优化虚拟仿真的评价方法, 实现虚拟仿真教学全环节、全过程数据自动记录, 教与学的结果数据自动生成, 对教与学的行为具有统计分析、监测预警功能, 实现教学组织与实施、监督与评价的数字化、智能化、无纸化, 使课堂教学资源过程可追溯[8]。

4. 虚拟仿真在《生物药物检测技术》课程的应用

《生物药物检测技术》是生物制药工艺专业的专业核心课, 对接生物药物分析检测岗位, 包括理化检验、生化检验和微生物检验。由于检验项目众多, 检验原理复杂, 操作流程繁琐, 需要从业人员具备较高的理论知识和动手操作能力, 在教学过程中存在着原理枯燥难懂、流程众多易混淆、仪器规范性要求高等特点, 基于虚拟仿真实验实训教学管理平台, 创新理实一体的教学模式, 提高教师在教学实践中运用数据的敏锐度以及解读分析数据的准确度。下面以紫外 - 可见分光光度计测定高锰酸钾溶液吸光度为案例展示虚拟仿真技术在实际教学中的应用。

4.1. 教学策略

依托上海市生物技术开放实训中心和虚拟仿真实验实训教学管理平台开展理实一体教学。课程引入企业真实工作任务, 采用实验探究的方法进行课堂教学。检测工作的细节对于结果的准确性有很大的影响, 学生在细小环节出错极易造成结果偏差, 却无法找到操作错误点, 而教师精力有限, 缺少过程性评价手段, 难以关注到每个学生的全部操作过程, 及时给予评价和指导。借助虚拟仿真实验实训教学管理平台的仿真软件,

让学生练习操作流程,并提供即时评价和反馈,从而帮助学生纠正操作细节,熟记操作细节,解决教学重点。

4.2. 教学过程

教学过程分为课前联系生活激发兴趣,课中规范流程探究原理、实际应用解决问题,课后拓展任务巩固提高四个阶段,学生这个过程中逐步达到知识与技能的统一。

联系生活、激发兴趣:课前教师发布任务,利用紫外灯、比色皿、暗盒和手机,改变光的角度、光源种类等条件,观察样品吸收光强度,学生根据实验现象,初步了解光吸收的影响因素。

规范流程、探究原理:课中通过分享课前实验现象和结果,导入紫外可见分光光度计,教师讲解仪器的基本结构。接着,教师发布任务--使用仿真软件测定高锰酸钾溶液吸光度,学生使用仿真软件熟悉紫外可见分光光度计的操作流程,教师通过学习平台实时监控学生的操作过程,对遇到困难的学生进行个性指导。依据平台分析报告,师生共同梳理出现的共性问题,教师对学生出现的问题,进行逐一演示,进一步帮助学生掌握操作细节。然后,教师发布任务--利用紫外可见分光光度计交互软件探究溶液吸光强度与溶液的浓度和液层厚度的关系。通过探究软件调节溶液的浓度和比色皿的厚度,观察吸光度的大小,引出光的吸收定律,在一定的条件下物质吸收光的程度与溶液的浓度和液层厚度成正比,有效突破教学难点。

实际应用、解决问题:引入工作情景,教师发布任务,按照《中国药典》高锰酸钾溶液吸光度测定。学生两人一组,分别测定不同浓度高锰酸钾溶液的吸光度,一人操作,一人打分。教师根据学生的操作情况,评估学生岗位技能和职业素养,及时发现学生操作步骤中的问题,给予针对性指导。然后,教师展示学生实操结果,并对结果进行点评,通过实际场景让学生运用一定的流程保证测定结果的准确性,解决教学难点,达成教学目标。

归纳总结、课后拓展:师生共同汇总课前学习平台、课中的仿真操作及实操的评分,梳理实验操作过程,再次强调实验过程中的关键点和职业素养要点,教师鼓励学生的探究精神。课后教师发布任务,让学生查阅《中国药典》制定维生素 B₁₂ 含量测定的实验方案。

4.3. 特色创新

4.3.1. 教学过程对接生产过程

通过学校和企业的联动,教学过程对接生产过程的真实工作任务,同时将检验的新标准、新方法和新技术及时融入课程教学,开展理实一体化教学,强化学生的标准运用能力,关注操作过程中的安全因素和质量控制点,强化学生分析问题和解决问题的能力,培养学生扎实的理论知识、娴熟的操作技能、诚信合规的职业素养和精益求精的工匠精神。

4.3.2. 智慧教学提升教学效果

课程团队在教学过程使用虚拟仿真实验实训教学管理平台,将枯燥的原理形象化,将仪器的结构可视化,破解教学难点;通过仿真教学软件熟悉操作流程,细化操作步骤,关注操作细节,通过仿真考核后才能进入实操演练,有效突破教学重点。通过全过程的数据反馈,教师及时调整教学策略,满足个性化教学的需要,促进教学向智能化、精准化和个性化方向发展。

5. 结语

基于虚拟仿真技术的优势和特点,本校组建校企专兼结合的团队,研究虚拟仿真技术在生物制药类不同课程中的融入方式和手段,根据行业新技术、新工艺、新标准的发展需要,开发和更新了相应的教学资源,并开展了互联网+教育的线上线下相结合的教学模式探索,生物制药工艺专业 2021 级的学生参加生化药品制造工职业技能等级证书的考核,实践合格率达到 100%,《生物药物检测技术》被评为上

海职业教育市级一流核心课程立项建设,并被推荐到教育部。借助虚拟仿真教学资源,实训项目、仪器设备设施不受时间和空间的限制,使虚拟仿真与实际操作相互补充,提高了学生学习的主动性和积极性,团队教师指导学生参加全国职业院校技能大赛食品药品检验技能大赛荣获二等奖。虚拟仿真技术虽然提供了强大的模拟和可视化能力,但在某些情况下,仍然无法完全替代真实的实验操作,尤其是在需要实际操作技能和感观体验的生物制药领域,所以后续需要继续开展线上线下相结合的课程教学。随着人工智能(AI)的广泛应用, AI 技术日益成为提高教学质量和效率的关键,后续将结合 AI 和虚拟现实(VR)技术,创建高度逼真的虚拟实验室环境,让学生在安全的虚拟环境中进行实验操作, AI 助手可以实时监控学生的实验操作,并提供即时的操作建议和纠正,提高实验的成功率,助力生物制药类高素质技术技能人才的培养。

参考文献

- [1] 赵立斐,于东晓.基于虚拟仿真技术的高职院校制药类课程体系的建设与实践——以黑龙江农业经济职业学院为例[J].山东畜牧兽医,2022,43(2):48-50.
- [2] 杨磊,张靓,申巧俐.高职院校虚拟仿真实验教学体系建设探究[J].中国职业技术教育,2023(23):42-47.
- [3] 李娜,朱超,王晓玥,等.“发酵工程”课程“理论-仿真-实操”教学体系研究[J].职业教育研究,2024(2):81-86.
- [4] 张笑恺,罗萍,程平,等.国家虚拟仿真实验教学课程共享平台用于“生物技术制药”课程实验教学实践[J].中国药业,2023,32(12):42-44.
- [5] 王莉楠,孟佳,张宇.虚拟仿真在药物制剂综合实训中的应用研究[J].卫生职业教育,2022,40(6):66-67.
- [6] 尹燕霞,宋宏涛,向本琼.生物学虚拟仿真实验教学平台的应用[J].中国现代教育装备,2023(9):29-31.
- [7] 庄伟,周博.虚拟仿真实训教学管理平台的实践与应用[J].天津职业院校联合学报,2024,26(1):43-46.
- [8] 胡新岗,黄银云,沈璐.高职院校教学数字化转型:价值意蕴、实施逻辑和推进路径[J].中国职业技术教育,2023(8):83-89.