

产学研联动模式下“发酵工程原理”课程教学改革与实践

王震¹, 姜宝杰¹, 魏月¹, 邵娟娟¹, 曾凡力², 周欣^{1*}

1 河北农业大学 理工系, 河北 沧州 061100

2 河北农业大学 生命科学学院, 河北 保定 071001

王震, 姜宝杰, 魏月, 邵娟娟, 曾凡力, 周欣. 产学研联动模式下“发酵工程原理”课程教学改革与实践[J]. 生物工程学报, 2024, 40(9): 3255-3269.

WANG Zhen, JIANG Baojie, WEI Yue, SHAO Juanjuan, ZENG Fanli, ZHOU Xin. Teaching reform and practice of “Principles of Fermentation Engineering” under the integration of production, education, and research[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2024, 40(9): 3255-3269.

摘要: 新工科背景下专业课程教学改革是高等院校培养新工科专业型人才和落实“立德树人”根本任务的重要途径。“发酵工程原理”是生物类和食品类专业的核心课程, 教学内容具有极强的科学性、实践性和历史性, 是大学生专业课程教学改革与实践的优质载体。本文以河北农业大学食品科学与工程专业“发酵工程原理”课程为例, 探究产学研联动模式下专创融合教学改革与实践路径, 从教学内容、教学方式、评价方法等多个维度, 构建了“成果导向、以赛代考、以研促学”的“产、学、研”三位一体教学新模式, 实现了专业教学与创新创业教育的有机融合, 为新工科背景下专业教学改革和专业型人才培养奠定基础。

关键词: 新工科; 发酵工程原理; 产学研联动; 专创融合; 教学改革

资助项目: 2021–2022 年度河北省高等教育教学改革研究与实践项目(2021GJJG104); 2024 年河北省研究生教育教学改革研究项目(YJG2024037)

This work was supported by the Research and Practice Project of Higher Education Teaching Reform of Hebei Province from 2021 to 2022 (2021GJJG104) and the 2024 Hebei Province Graduate Education Teaching Reform Research Project (YJG2024037).

*Corresponding author. E-mail: zhouxin@hebau.edu.cn

Received: 2023-12-08; Accepted: 2024-04-22; Published online: 2024-04-25

Teaching reform and practice of “Principles of Fermentation Engineering” under the integration of production, education, and research

WANG Zhen¹, JIANG Baojie¹, WEI Yue¹, SHAO Juanjuan¹, ZENG Fanli², ZHOU Xin^{1*}

1 College of Science and Technology, Hebei Agricultural University, Cangzhou 061100, Hebei, China

2 College of Life Sciences, Hebei Agricultural University, Baoding 071001, Hebei, China

Abstract: Under the background of developing new engineering disciplines, teaching reform is a key strategy applied by higher education institutions to develop new engineering professionals and accomplish the mission of cultivating morality and nurturing talents. As a foundational course for majors of life sciences and food sciences, “Principles of Fermentation Engineering” has a strong scientific, practical, and historical focus. It serves as an excellent resource for changing the way that college students are taught professional courses. To examine the reform and practical route of specialized course teaching combined with innovation and entrepreneurship fostering under the integration production, education, and research, this article takes the teaching of “Principles of Fermentation Engineering” for undergraduates majoring in food science and engineering at Hebei Agricultural University as an example. A new teaching paradigm integrating production, education, and research is developed considering a variety of factors, including instructional content, teaching methods, and evaluation approaches. This paradigm is result-oriented, replaces examination with competition, and promotes learning by research. It achieves the integration of specialized course teaching and innovation and entrepreneurship fostering and lays a foundation for the teaching reform and the development of professional talents in the context of developing new engineering disciplines.

Keywords: new engineering discipline; Principles of Fermentation Engineering; integration of production, education, and research; integration of specialized course teaching and innovation and entrepreneurship fostering; teaching reform

近年来高新技术迅猛发展，培养新工科专业型人才是国家经济和新产业发展的迫切需求^[1]。在成果导向的教育背景下，高校顺利开展创新创业教育教学改革是培养新工科专业型人才的重要保障^[2]。然而，在高校人才培养过程中缺乏双创认知、双创能力和双创经验的“三缺”以及自主创业率低、专业型创业比例低、创业项目科技含量低及创业成功率低的“四低”现象普遍存在^[3]。专创融合教学模式将课程专业

知识与学生创新创业能力有机融合，突破传统学科界限，不仅能够使学生掌握必要的专业知识，还能够培养学生的科研创新思维、创业就业意识和项目实践能力。因此，专创融合教学改革是解决高等院校“三缺、四低”问题的重要途径。当前，我国在专创融合教学改革过程中高校与社会、政府、产业的联动有待进一步加强^[4]。教育部为推动新工科建设提出国际国内相结合、校内校外相结合、产学研相结合，培

养目标协同、教师队伍协同、资源共享协同、管理机制协同的“三结合、四协同”及“强化政产学研协同育人”^[5]。将专业知识内容与企业生产实践深度融合,发挥校、企各自优势,把高校课堂教学的单一模式扩展为校企结合育人的模式,重构教学内容,创新教学方法,最终建立产学研联动育人新体系,是未来高校专创融合教学改革的重要方向。本文以食品类专业“发酵工程原理”课程为例开展教学改革研究,构建专创融合和思创融合教学和实践新体系,为推动新工科人才培养奠定基础。

1 课程教学改革目标及意义

本课程以成果导向教育(outcome based education, OBE)为教学理念,以培养新工科人才为目标,以“金课”建设标准——即“创新性、高阶性、挑战度(两性一度)”为标准^[6],使创新

创业能力的培养贯穿专业教学的全过程,并结合河北农业大学办学特色制定如下教学目标:(1)知识目标。使学生熟练掌握发酵工程基本理论和前沿技术,了解发酵领域最新发展动态;(2)能力目标。使学生具备创新创业能力及课程相关思辨能力;(3)价值目标。使学生拥有“求真务实”的科学素养和“强农兴农”的家国情怀。

发酵技术是现代生物制造产业应用的重要手段,是生物类和食品类专业一门重要的专业核心课程。课程团队通过5年的教学改革探索(图1),在企业陪跑模式下构建了产学研联动的专创融合教学新体系。本课程进行了线上线下混合式教学模式探究,通过雨课堂等平台推送企业元素的专创案例和慕课学习资源,拓宽了学生学习的知识面。学校理工系率先与河北世翔生物技术有限公司建立产学研创新基地,同时课程团队还建立了“食”代新脉等10余个创

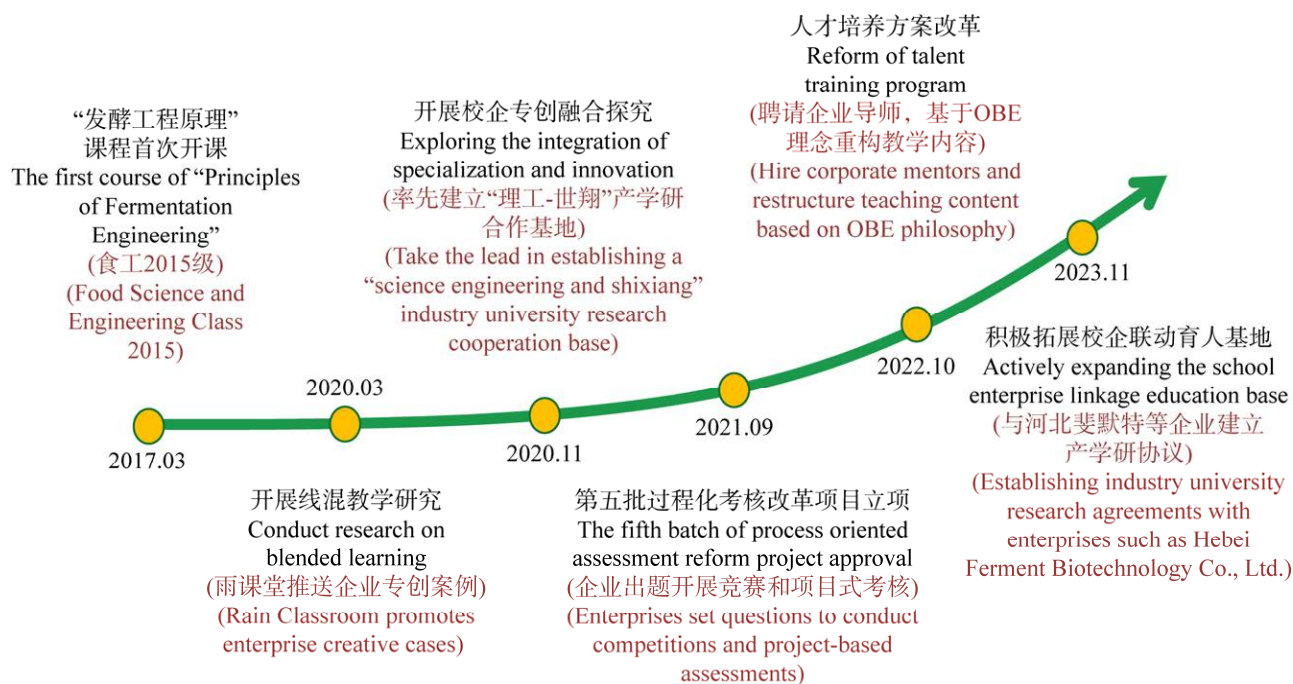


图1 “发酵工程原理”课程建设历程

Figure 1 The course construction process of “Principles of Fermentation Engineering”.

新工作室。本课程获批河北农业大学渤海学院第二批过程化考核改革项目,课程团队积极探索了企业出题进行知识竞赛、创新竞赛和项目式多元化考核方式。在新的人才培养方案改革过程中,积极邀请企业导师参与培养方案修订,并与河北斐默特生物科技有限公司、黄骅市福祥水产饲料有限公司等建立产学研合作协议,为学生开辟第二课堂。本课程通过校企联动育人,有助于拓宽食品科学与工程专业学生在生物发酵领域的视野,有助于培养具有创新创业能力和意识的新时代人才,为推动 OBE 理念下新工科人才培养提供借鉴。

2 课程专创融合教学体系的构建与实践

“发酵工程原理”是理论和实践并存的课程,作为一门基础课程,同时为食品专业后续课程学习提供理论基础和实践技能支持。因此,“发酵工程原理”课程在建设过程中避免填鸭式知识灌输思维,培养学生理论与实践相结合,勤于思考、善于动手的能力,并以“目标导向”“问题导向”和“OBE 理念”为教学改革理念,注重“产出导向”的效果评价,始终贯彻“以学生发展为中心”的培养方针。在课程内容学习基础上,按照“两性一度(高阶性、创新性和挑战度)”的建设指标,实时引入最新研究进展,结合最新产业技术发展和社会需求,革新教学理念、改进教学方法、改革考核模式、突出育人成效,综合改革“发酵工程原理”的教学理念和方法,全面落实课程教学和育人目标。课程团队对课程内容建设进行了积极探索,从教学内容、课程设计、教学方式和评价方法等 4 个角度对课程教学进行了重构(图 2)。

2.1 创新教学内容,增加知识的广度和深度

2.1.1 建立融合企业元素的专创融合案例库

案例教学法在培养学生创新创业能力和改善教学效果方面有着突出的优势^[7]。在“发酵工程原理”课程传统教学过程中存在教材内容重理论、轻实践的问题,知识点零散且枯燥,难以使学生充分地掌握专业知识和激发创新创业热情。为了实现“两性一度”的课程建设指标,课程团队对专业教学内容进行系统地优化和拓展,建立融合企业元素的专创融合案例库,引入案例教学新方法,如在绪论章节引入“安琪酵母”聚焦酵母蛋白创新解决我国饲料蛋白原料严重依赖进口的“卡脖子”问题的案例,在第 2 章发酵代谢调控章节引入河北帝鉴食品有限公司通过改良酿酒酵母发酵作用创新黄骅非物质文化遗产早碱麦面花加工生产的案例等。任课教师根据课程教学内容和目标,组织学生课程中专创案例进行分析、交流和讨论,将重要知识点和基本原理等与案例相融会贯通,加深学生对专业知识的理解并调动学生创新创业的积极性,培养学生解决问题和创新探索的能力,推动完成科研创新和就业创业能力目标的培养。课程团队针对每一个教学单元都系统地设计了融合企业元素的专创融合案例(表 1)。

2.1.2 补充慕课资源,拓展知识广度

中国大学慕课(massive open online courses, MOOC)在线课程学习平台具有优质且丰富的教育资源,因其开放、在线的优点而深受广大师生青睐,已逐渐成为高校专业课程的一部分。引入慕课资源的线上线下混合式教学不仅能够丰富高校教育教学方式,还有助于拓展专业知识的丰富程度,提升学生的课程学习效果。本课程在创新教学内容的过程中积极引入

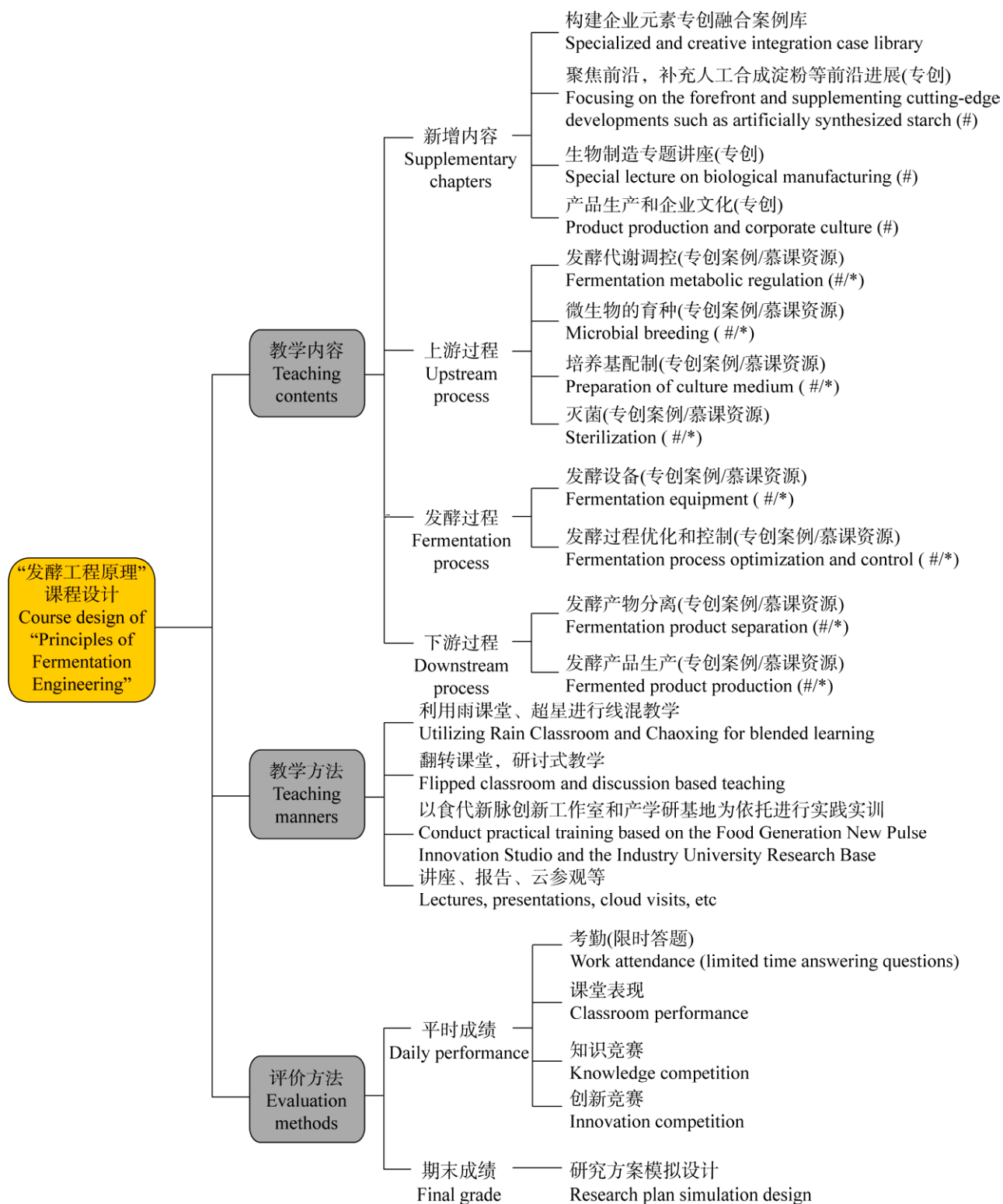


图 2 课程教学体系重构 *：专创融合案例；#：慕课资源

Figure 2 Reconstruction of curriculum teaching system. *: Cases of integration of specialization and innovation; #: MOOC resources.

表 1 “发酵工程原理”课程教学组织与安排

Table 1 Teaching organization and arrangement of the course “Principles of Fermentation Engineering”

章节	知识单元/学时	教学设计	教学形式	对应课程目标	
Chapter	Knowledge unit/Class hour	Teaching design 专创融合 Specialized innovation integration	Teaching form 课外补充 Extracurricular supplement	Corresponding course objectives	
1	绪论/2 Introduction	<p>1. 以我国重大需求为导向, 基于新时期发酵行业领域或社会大众的发酵产品需求分析, 洞察我国发酵行业痛点, 通过我国饲用蛋白原料严重依赖进口, 行业发展受制于人, 讨论推动我国发酵蛋白替代的必要性, 以安琪酵母为例(批判性思维)</p> <p>2. 未来食品的低碳生物制造^[8] (创新思维)</p> <p>1. Guided by the major needs of our country and based on the analysis of fermentation product demand in the fermentation industry or the general public in the new era, this study aims to gain insight into the pain points of China's fermentation industry. Through the analysis of China's serious dependence on imported feed protein raw materials and the constraints on industry development, this study discusses the necessity of promoting the substitution of fermentation protein in China. Taking Angel Yeast as an example (critical thinking)</p> <p>2. Low carbon biomanufacturing for future food^[8] (innovative thinking)</p>	<p>课前在雨课堂上推送国家精品课程“生物技术概论”在线课程, 学生自主学习: 微生物发酵发展历程</p> <p>Before class, promote the national high-quality course “Introduction to Biotechnology” online course in Rain Classroom, and students can learn independently about the development process of microbial fermentation.</p>	<p>线下教学 插曲法、讲授法、云参观</p> <p>Offline teaching interlude method and teaching method cloud tour to enterprises</p>	b, c
2	发酵代谢调控/2 Fermentation metabolic regulation	<p>1. 利用微生物发酵知识解析牛奶“光明问题牛奶”事件的本质, 以光明乳业为例(需求三角理论)</p> <p>2. 以贵州茅台集团的茅台酒为例谈微生物发酵^[9] (设计思维)</p> <p>3. 生物基产品与生物技术公司创业案例, 以世翔生物为例(精益创业方法论)</p> <p>4. 生活中的发酵工程应用, 以制作黄骅早碱麦面花的河北帝鉴食品有限公司为例(发散性思维)</p> <p>1. Using microbial fermentation knowledge to analyze the essence of the “Bright Poisoned Milk” incident in milk, taking Guangming Dairy as an example (demand triangle theory)</p> <p>2. Talking about microbial fermentation with Kweichow Moutai liquor as an example^[9] (design thinking)</p> <p>3. Biobased products and biotechnology company entrepreneurship cases, taking Shixiang biology as an example (lean entrepreneurship methodology)</p>	<p>课前在雨课堂上推送国家精品课程“微生物学”在线课程, 学生自主学习: 微生物代谢的基本特征</p> <p>Before class, promote the national high-quality course “Microbiology” online course in Rain Classroom, and students can learn independently about the basic characteristics of microbial metabolism</p>	<p>线上教学 讲授法、小组讨论法</p> <p>Online teaching lecture method and group discussion method</p>	a, b, c

(待续)

(续表 1)

章节	知识单元/学时	教学设计	教学形式	对应课程目标	
Chapter	Knowledge unit/Class hour	Teaching design	Teaching form	Corresponding course objectives	
		专创融合 Specialized innovation integration	课外补充 Extracurricular supplement		
3	微生物的育种/2 Microbial breeding	4. Application of fermentation engineering in daily life. Taking Hebei Dijian Food Co., Ltd., which produces Huanghua drought alkali wheat flour flowers, as an example (divergent thinking) 1. 引入中国科学院天津工业生物技术研究所“亿元教授”张学礼团队在丁二酸生产菌育种案例 ^[10] , 激发创新创业意识(创新创业思维) 2. F. Sanger 的两次诺贝尔奖 1. Introduce the case of Zhang Xueli, a “hundred million yuan professor” from Tianjin Institute of Industrial Biotechnology, Chinese Academy of Sciences, in the breeding of succinic acid producing bacteria to stimulate innovation and entrepreneurship awareness ^[10] (innovation and entrepreneurship thinking) 2. F. Sanger’s two Nobel Prizes	课前在雨课堂上推送国家精品课程“微生物学”在线课程, 学生初步了解: 微生物育种的几种常用技术 Before class, promote the national high-quality course “Microbiology” online course in Rain Classroom, and students will have a preliminary understanding of several commonly used techniques in microbial breeding	线上教学 案例法、讲授法 Online teaching case study and methods	a, b
4	培养基/2 Culture medium	1. 世界人口爆炸式发展和粮食危机角度, 粮食用作为发酵原料, 以中粮集团有限公司为例(批判性思维) 2. 大食物观背景下, 秸秆、甘蔗渣等农业资源废弃物的循环利用 ^[11] , 以中科康源(唐山)生物技术有限公司为例(互联网思维) 3. 二氧化碳人工合成淀粉 ^[12] (颠覆式创新) 1. From the perspective of the world’s explosive population development and food crisis, food is used as a fermentation material. Taking COFCO Group Co., Ltd. as an example (critical thinking) 2. In the context of the big food concept, the recycling of agricultural resource waste such as straw and sugarcane bagasse ^[11] . Taking Zhongke Kangyuan (Tangshan) Biotechnology Co., Ltd. as an example (internet thinking) 3. Artificial synthesis of starch using carbon dioxide ^[12] (disruptive innovation)	课前在雨课堂上播放国家酵母龙头企业安琪酵母的宣传片, 学生从中领悟低值、非粮培养基的来源与应用 Before class, students will have a promotional video of Angel Yeast, a leading national yeast enterprise, in the Rain Classroom, where they will understand the sources and applications of low value, non-grain culture media	线下教学 讨论法、翻转课堂 Offline teaching discussion method and flipped classroom	a, b
5	灭菌/2 Sterilization	1. 乳品微生物污染事件(批判性思维) 2. 灭菌设备的开发及市场调研(创业思维) 1. Dairy microbial contamination incident (critical thinking) 2. Development and market research of sterilization equipment (entrepreneurial thinking)	课前在雨课堂上推送国家精品课程“微生物学”在线课程, 学生初步了解: 微生物灭菌的几种常用技术 Before class, promote the national high-quality course “Microbiology” online course in Rain Classroom,	线下教学 讲授法、讨论法 Offline teaching lecture and discussion methods	a, b

(待续)

(续表 1)

章节	知识单元/学时	教学设计	教学形式	对应课程目标	
Chapter	Knowledge unit/Class hour	Teaching design 专创融合 Specialized innovation integration	Teaching form	Corresponding course objectives	
			课外补充 Extracurricular supplement		
			and students will have a preliminary understanding of several commonly used techniques for microbial sterilization		
6	发酵设备/2 Fermentation equipment	1. 发酵罐里“酿”出青蒿素这种技术帮人类实现“造物自由” ^[13] (积木式创新) 2. 大叔创新研发滚筒式发酵设备, 让畜牧废弃物“变废为宝”, 以青岛兴开环境科技有限公司为例(创业思维) 1. The technology of “brewing” artemisinin in fermentation tanks helps humans achieve “creative freedom” ^[13] (building block innovation) 2. A middle-aged man innovates and develops drum fermentation equipment to turn livestock waste into treasure. Taking Qingdao Xingkai Environmental Technology Co., Ltd. as an example (entrepreneurial thinking)	课后带领学生参观“食”代新脉创新工作室, 了解灭菌锅、发酵罐、超净台等发酵过程设备, 加深学生理解 After class, lead students to visit the “Shidai Xinmai Innovation Studio” to understand the fermentation process equipment such as sterilization pots, fermentation tanks, and ultra clean tables, and deepen their understanding	线下教学 案例法、 翻转课堂、 知识竞赛 云参观企业 Offline teaching case study, flipped classroom, knowledge competition cloud tour to enterprises	a, b, c
7	发酵过程优化 和控制/4 Optimization and control of fermentation process	1. 英国科学家 Mitchell 的研究经历(颠覆式创新) 2. 实例讲述英国科学家 HansAdolf Krebs 发现三羧酸循环获得 1953 年诺贝尔生理和医学奖的故事给予我们什么启示(积木式创新) 3. 酵母细胞高温胁迫耐性响应 ^[14] (互联网思维) 1. Research by British scientist Mitchell experience (disruptive innovation) 2. An example tells the story of British scientist HansAdolf Krebs, who discovered the tricarboxylic acid cycle and won the 1953 Nobel Prize in Physiology and Medicine. What does this tell us (building block innovation) 3. Yeast cell tolerance to high temperature stress ^[14] (internet thinking)	课前在雨课堂上推送关于中国科学院天津工业生物技术研究所马延和研究员团队“利用二氧化碳人工合成淀粉”的前沿知识讲座 Push a lecture on the cutting-edge knowledge of using carbon dioxide to artificially synthesize starch, directed by Director Ma Yanhe of the Tianjin Institute of Industrial Biotechnology, Chinese Academy of Sciences, in the Rain Classroom before class	线下教学 案例法、 翻转课堂 Offline teaching case study and flipped classroom	a, b
8	发酵产物 分离/2 Separation of fermentation products	1. COVID-19 病毒疫苗的生产 ^[15] , 以北京科兴中维生物技术有限公司为例(发散思维) 2. 啤酒发酵过程中, 絮凝的调控及应用 ^[16] (TRIZ 创新) 1. Production of COVID-19 vaccine ^[15] , taking Sinovac Life Sciences Co., Ltd. as an example (divergent thinking) 2. Regulation and application of flocculation during beer fermentation process ^[16] (TRIZ innovation)	课后学生云参观“巨子生物园区”, 加深对生物发酵过程的认识 After class, students will virtual visit the “Juzi Biological Park” to deepen their understanding of the biological fermentation process	线上教学 讨论法、 沉浸式体验 Online teaching discussion method and immersive experience	a, b

(待续)

(续表 1)

章节	知识单元/学时	教学设计	教学形式	对应课程目标	
Chapter	Knowledge unit/Class hour	Teaching design 专创融合 Specialized innovation integration	Teaching form 课外补充 Extracurricular supplement	Corresponding course objectives	
9	发酵产品生产/2 Fermented product production	1. 未来食品——人造肉 ^[17] , 以美国 Beyond Meat 公司为例(颠覆式创新) 2. 从植物提取到发酵合成, 己糖合成的前世今生 ^[18] (发散思维) 3. 如何生产番茄红素 ^[19] (产品思维) 4. 微生物发酵饲料(创业思维)	课前推送慕课在线课程“发酵工程”, 让学生了解常见的发酵产品 Before class, push the online course “Fermentation Engineering” on MOOC to help students understand common fermentation products	线下教学 案例法、 翻转课堂 (专题讲座) Offline teaching case study and flipped classroom (special lecture)	a, b, c
10	项目式实验/4 Project based experiments	1. 低温发酵面包和葡萄酒的制备; (需求三角理论、产品思维) 2. 天然产物产业设计(互联网思维) 1. Preparation of low-temperature fermented bread and wine (demand triangle theory, product thinking) 2. Natural product industry design (internet thinking).	企业出题, 学生准备竞赛作品, 以赛代考, 以赛促学 Enterprise raises questions, students prepare competition work to replace exams and promote learning through competitions	线下教学 翻转课堂、 创新竞赛 Offline teaching flipped classroom and innovation competition	a, b, c

a: 知识目标; b: 能力目标; c: 价值目标

a: Knowledge objectives; b: Ability objectives; c: Value objectives.

慕课资源(表 1), 如绪论章节使用雨课堂在课前推送国家精品课程“生物技术概论”, 使学生了解微生物发酵发展历程, 在第 3 章微生物育种章节使用雨课堂推送国家精品课程“微生物学”在线课程, 使学生回顾和全面了解微生物育种的几种常用技术。通过引入“生物技术概论”等慕课资源, 使接触生物学知识相对较少的食品专业学生更加全面地掌握专业知识, 有助于推动完成课程建设的知识目标。

2.1.3 补充科研学术进展, 增加知识深度

当前部分高校专业课程教学过程中存在对

行业实际生产和痛点问题知之甚少, 对科研学术前沿进展了解不足的问题, 导致学生创新精神和创业能力严重短缺。用科研驱动专业教育教学是培育创新型人才的重要手段。本课程构建了多个科研案例(表 1), 并根据最新的科研进展实时更新科研专创融合案例库, 如在第 3 章微生物育种章节引入中国科学院天津工业生物技术研究所“亿元教授”张学礼选育丁二酸生产菌案例和天津大学元英进团队“再造酵母”科研案例; 在第 4 章培养基章节引入中国科学院天津工业生物技术研究所、大连化学物理研究所

利用二氧化碳化学加氢后生成的一碳有机物如甲醇为底物,通过生物法合成淀粉和己糖等颠覆式创新科研案例;在第9章发酵产品生产章节引入江南大学陈坚团队通过代谢改造和发酵技术利用酿酒酵母、毕赤酵母等合成血红蛋白和肌红蛋白进而合成“人造肉”科研案例等。在专业教学中融入最前沿的科研进展案例,以科研反哺教学,不仅有助于学生掌握本学科领域内最新的前沿进展和科研方法,还可以提升学生的创新意识和价值观念。

2.2 创新教学方法,激发学生学习热情

2.2.1 以学校为第一课堂的多元化教学

当前高校在该课程教学中存在偏于理论、教学效果差、与社会需求脱节等问题,需要改革教学模式。在新工科背景下如何结合自身领域专业情况,培养适应社会需求的创新创业型人才是我们教学需要解决的问题。为此,我们课程团队经过充分的调研、讨论后,以“两性一度”为指标、以学生为中心、以提升学生能力为目的,对本课程的教学方法进行了系统的重构,具体如下:(1)采用线上、线下混合式教学是优化传统教学模式和提升教学质量的发展趋势^[20],开展线上线下混合教学模式,充分利用线上资源进行预习、测验、答疑、讨论,保留线下优势进行讲授、翻转、实操训练、小组讨论等;(2)以OBE理念为指导,创设情境并提出问题,指导学生组织分工、明确问题的目标和已知条件,引导学生尝试利用已经学到的基础理论知识,探索解决问题的方案,对解决方案进行评价,并将评价及改进措施反馈给学生;(3)开展案例教学,引入研究进展案例以及最新技术应用案例,指导学生讨论案例中涉及的发酵工程理论和技术知识,加深学生对教材内容理解,拓宽学生视野,提升学生学习兴趣;(4)进行项目式教学,鼓励开展创新研究,对发酵工程感兴趣

的同学组队,指导兴趣小组设计并撰写研究方案,并以此为基础申请“河北农业大学大学生创新创业训练计划项目”“河北农业大学师生协同创新项目”等项目,如研究项目(方案)获得校级立项,则进一步支持相应的团队进入实验室开展项目研究工作。

2.2.2 基于企业陪跑的第二课堂教学

新时代背景下“新工科”建设需要创新型和应用型的人才,基于高等院校、政府和企业的产学研联动育人模式为培养新工科人才提供了新路径。专创融合教学改革不能照搬传统的专业课教学模式,应该开辟课程教学内容相关的第二课堂,将人才培养的课堂延伸到企业^[21]。经过课程团队近5年的不断努力,已初步形成了企业陪跑、校企联动育人的教学方式,具体的案例包括:(1)建立了“食”代新脉创新工作室、营养与发酵创新工作室等9个创新工作室,并与国家高新技术河北世翔生物有限公司共建了“理工-世翔”产学研创新基地,在第5章灭菌章节学生到创新工作室和创新基地,实地学习紫外灭菌、高温灼烧灭菌和高温高压蒸汽灭菌等操作,并现场学习灭菌锅的基本构造、工作原理和操作方法;在第6章发酵设备章节,学生到营养与发酵创新工作室,学习10L发酵罐的基本构造和操作方法,创新工作室和创新基地还承担课程研究项目的孵化和实施。同时,团队教师还开辟了河北斐默特生物科技有限公司、北京艾旗斯德科技有限公司等20余个企业实习实践基地;(2)聘请河北世翔生物技术有限公司、河北斐默特生物科技有限公司、河北三狮生物科技有限公司等企业负责人或技术人员共20余人作为企业导师,为学生提供双创项目指导,并邀请企业负责人或技术人员为学生开展专题学术讲座,如在第9章发酵产品生产章节,邀请河北世翔生物技术有限公司刘

荣军董事长为学生进行“微生物发酵饲料”专题讲座；(3) 线上企业云参观,使学生感受企业生产实践的魅力,如在第 1 章绪论章节带领学生通过在线视频参观了解安琪酵母,在第 6 章发酵设备章节带领学生在线参观海克斯康。第二课堂教学约 4 学时,占总课时的 1/6,企业陪跑校企协同育人是专业课程教学的有力补充,为学生了解行业发展需求、认识生产实践过程和开展为解决企业需求和问题的创新创业项目夯实基础。

2.3 建立多元化评价方式

多元化课程评价是评价教学效果和提升课程质量的重要着力点^[22]。传统的“发酵工程原理”课程考核评价体系中,过分重视期末考试成绩,且基本都是标准答案试题,而平时考核比重低、形式单一。这种传统的考核方式,虽然能够在一定程度上反映学生对专业知识的掌握情况,然而对学生的思辨能力培养不够,很难体现课程教学的“挑战度”。同时,过度依赖结

果性评价也导致“平时不学,考前突击”的现象比较普遍。要实现教育部提出的让大学生“动起来、忙起来”,就必须改革考核形式和内容。让学生主动地动起来、忙起来的改革才能让学生有实效地掌握知识。为此,课程团队查阅相关资料、总结他人教学改革成果、反复研讨,最终按照 OBE 教学理念构建了多元化的评价体系(图 3),课程总成绩分为两大模块:平时成绩和期末成绩,其中平时成绩占比 50%,期末成绩占比 50%。平时成绩由以下几部分构成:考勤、课堂表现、知识竞赛、创新比赛^[23]。

考勤总计 6 次,该部分占平时成绩比例为 30%。不同于传统的点名,本课程通过 6 次雨课堂限时答题统计考勤,对于线上线下混合式教学,尤其是线上教学时通过雨课堂辅助的答题式“点名”有助于提高学生线上学习注意力,同时通过学生的答案可以及时掌握学生对知识点的掌握程度。课堂表现总计约占 1 学时,通过案例分享、路演、学生互评等形式综合评价

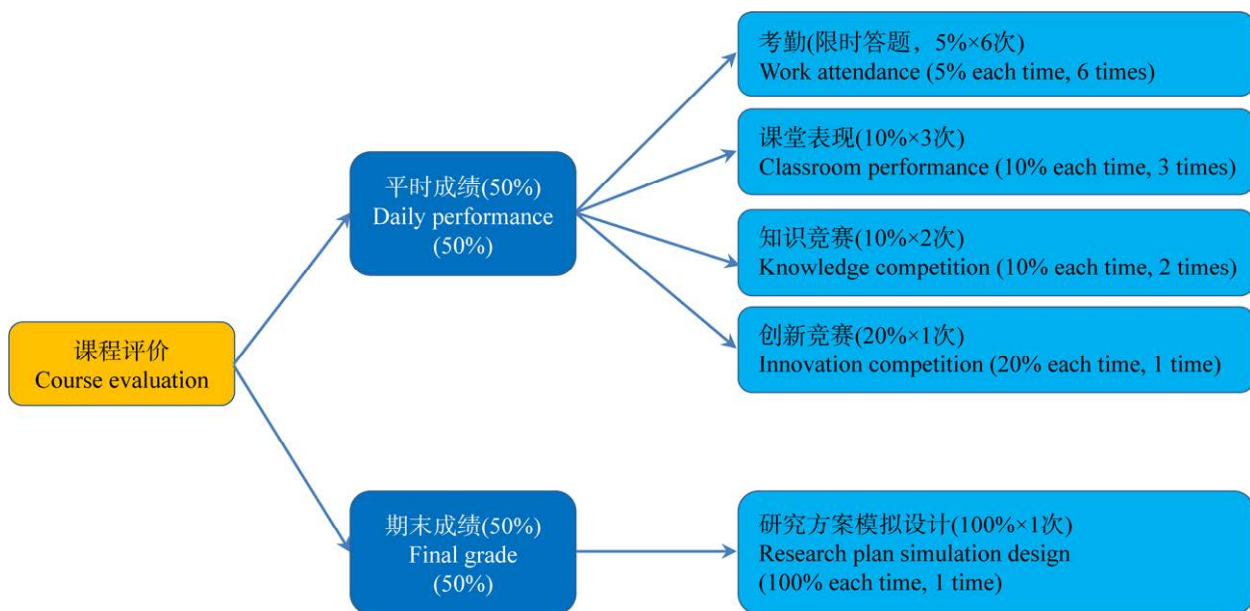


图 3 课程多元化评价体系

Figure 3 Construction of a specialized and innovative integrated teaching system.

学生的课堂表现,占平时成绩的30%。知识比赛约占1学时,课程进行一半及结束时分别进行一次专业知识竞赛,占平时成绩的20%。创新比赛约占1学时,根据课程内容学生进行创新设计,占平时成绩的20%。课堂表现、知识竞赛和创新竞赛在评价过程中,学生按4-5人一组进行分组,按组进行评价,一方面可以有效利用课堂时间,一方面可以增加学生的团队协作能力。期末考试摒弃以往标准答案试题模式的闭卷考试形式,作为一门具有较强应用性的课程,学以致用才是课程学习的根本目的,因此该课程期末考试以研究方案模拟设计的形式进行考核,要求每个学生参考近3年发酵工程领域相关文献,模拟设计一份微生物发酵研究方案,并参照“河北农业大学大学生创新创业训练计划项目”申请书,最终以项目申请书的形式提交模拟设计,该部分占期末成绩的100%。

3 专创融合实践及效果

“发酵工程原理”课程教学改革探究已有5年,在此期间申请了“河北农业大学渤海学院第五批过程化改革项目”并成功立项。课程团队从教学内容、教学方式、评价方法等多个维度,构建了“成果导向、以赛代考、以研促学”的“产、学、研”三位一体教学新模式,建立了包含50余个专创融合案例的专创案例库。此外,课程团队初步构建了“深入挖掘-无痕设计-多元实施-综合评价-循环改进”的教学改革和保障体系^[24]。通过“食”代新脉等创新工作室以及“理工-世翔”产学研创新基地进行产学研联动模式下专创融合教学改革研究,取得一定效果。

取得的教学效果包括:(1)通过“翻转课堂”“小组讨论”和“小组展示”等课堂改革与创新,学生学习主动性显著提高;(2)通过小组

讨论、团队合作、组间互评形式的学习,学生团结协作意识显著增强;(3)通过专业知识比赛、创新比赛、研究方案设计,提升学生的理论知识和实践能力及创新意识,初步实现“高阶性、创新性、挑战度”的建设指标;(4)通过引入产业案例、学术前沿案例,将知识、能力、素质、价值有机融合起来,学生思辨能力和创新创业能力明显提升。

近3年课程团队建立了9个创新工作室和20个实习实践基地,并以此为基础培训和培养学生1000余人次;邀请河北世翔生物技术有限公司、黄骅市福祥水产饲料有限公司、北京艾旗斯德科技有限公司企业围绕“微生物发酵饲料”“酵母蛋白在水产养殖中的应用”及“食品安全快检产品的开发与应用”等主题开展专题讲座3次,学生参与人数达324人;指导学生作为第一作者发表国内外高水平论文12篇,立项大学生创新创业训练项目国家级1项、省级3项、校级10项。在教学过程中,通过创新竞赛和项目式教学积极孵化创新创业项目,并与合作企业积极联动指导学生开展创新创业项目,近3年在首届全国大学生职业规划大赛、“挑战杯”和全国大学生生命科学竞赛中5次获奖(表2)。

在课程结课后通过雨课堂发放不记名问卷并进行现场访谈调查,调研结果显示,2018级、2019级和2020级学生对发酵工程原理课程校企联动育人人才培养满意度均高于90%。2018级、2019级和2020级学生中非常满意的比例分别为41%、45%和58%。此外,2018级、2019级和2020级分别有82%、83%和88%的学生认为发酵工程原理创新性教学模式,更有助于使学生掌握专业理论知识,提升创新能力和创业意识,明确创业就业方向。

表 2 近 3 年指导食品系学生开展创新创业项目情况

Table 2 Guidance on innovation and entrepreneurship projects for food department students in the past three years

创新创业项目名称 Innovation and entrepreneurship project name	奖励名称 Reward name	奖励级别 Reward level	参与指导企业 Enterprises participating in guidance
创新农业生物技术, 助力“三农” 振兴发展(2023 年) Innovative agricultural biotechnology to support the revitalization and development of agriculture, rural areas, and farmers (2023)	首届全国大学生职业规划大赛 The first national college student career planning competition	省赛金奖 Provincial competition gold award	河北世翔生物技术有限公司 新产教河北信息科技有限公司 Hebei Shixiang Biotechnology Co., Ltd. New Industry Education Hebei Information Technology Co., Ltd.
无敌克星-泥鳅脱腥技术的研究 (2023 年) Invincible killer-research on the technology of removing fish from loach (2023)	2023 年“挑战杯”河北省大学生 创业计划竞赛 2023 “Challenge Cup” Hebei Province college student entrepreneurship plan competition	省赛二等奖 Second prize in provincial competition	唐山瑞翔农业科技发展有限公司 Tangshan Ruixiang Agricultural Technology Development Co., Ltd.
竭尽所能-向酵母要蛋白(2023 年) Do your best-ask yeast for protein (2023)	河北农业大学第二十三届“挑战 杯”大学生创业计划竞赛 The 23rd “Challenge Cup” college student entrepreneurship plan competition of Hebei agricultural university	校赛一等奖 First prize in school competition	河北世翔生物技术有限公司 河北斐默特生物科技有限公司 Hebei Shixiang Biotechnology Co., Ltd. Hebei Ferment Biotechnology Co., Ltd.
节能型食品级干燥箱的开发与应用 (2022 年) Development and application of energy-saving food grade drying oven (2022)	全国大学生生命科学竞赛 (2022, 创新创业类) National college student life science competition (2022, innovation and entrepreneurship)	国赛三等奖 Third prize in the national competition	唐山瑞翔农业科技发展有限公司 Tangshan Ruixiang Agricultural Technology Development Co., Ltd.
“枣”上致富路-冬枣无公害防治与产 销体系的构建(2021 年) Construction of a pollution-free prevention and production and sales system for winter jujube on the “Zao” road to prosperity (2021)	全国大学生生命科学竞赛 (2021, 创新创业类) National college student life science competition (2021, innovation and entrepreneurship)	国赛三等奖 Third prize in the national competition	黄骅市天丰生态食品有限公司 黄骅市必佳生物制品有限公司 Huanghua Tianfeng Ecological Food Co., Ltd. Huanghua Bijia Biological Products Co., Ltd.

教学质量方面的提升包括: (1) 课程团队成员专创教学本领逐步提高, 建立了一支“高素质、专业化、创新型”的教学团队; (2) 已形成 1 份完善的适用于食品科学与工程专业的课程教学大纲, 1 套与创新创业教育高度融合的课程教学体系, 为后续进一步优化课程建设夯实了基础; (3) 完善食品科学与工程专业专创融合导师库, 建立了适用于我校的食品科学与

工程“发酵工程原理”专创融合微课视频库; (4) 总结了 1 套完善体现课程改革成效的课程建设材料和 1 个具有课程优势、特色的“企业元素专创融合”案例库。

4 结语

以国家重大需求为导向, 以解决企业、行业痛点问题为着力点, 积极开展校企产学研联

动合作, 为学生开辟创新创业教育的“第二课堂”, 让学生把期末考试写在科研趣味的比赛中, 把毕业论文写在企业实践过程中, 这将是新工科背景下专业课程专创融合教学改革的落脚点^[25]。进一步积极完善专创融合教学新体系, 充分发挥企业资源和作用, 优化校企联动育人新体系, 以推动食品类专业教学改革, 促进新工科专业型人才培养, 这将是未来高校教学改革的重点方向。

REFERENCES

- [1] 王新磊, 王文燕. 新工科背景下食品专业研究生双创教育路径探究[J]. 科教导刊, 2023(25): 21-23.
WANG XL, WANG WY. Exploring the path of entrepreneurship and innovation education for graduate students majoring in food under the background of new engineering[J]. The Guide of Science & Education, 2023(25): 21-23 (in Chinese).
- [2] 尚阳阳, 吕焯. 高等院校创新创业教育与劳动教育融合的路径研究[J]. 云南开放大学学报, 2023, 25(4): 67-72.
SHANG YY, LÜ Y. Research on the integration path of innovation and entrepreneurship education and labor education in higher education institutions[J]. Journal of Yunnan Open University, 2023, 25(4): 67-72 (in Chinese).
- [3] 沈云慈. 地方高校创新创业教育支持体系的构建: 基于产学研协同全链条融通视角[J]. 中国高校科技, 2020(12): 72-76.
SHEN YC. The construction of support system for innovation and entrepreneurship education in local universities: based on the perspective of industry-university-research's collaborative whole chain integration[J]. Chinese University Science & Technology, 2020(12): 72-76 (in Chinese).
- [4] 李子林, 吴志强, 丁建华. 产教城融合背景下地方高校内涵式高质量发展路径探究[J]. 唐山师范学院学报, 2023, 45(5): 138-141.
LI ZL, WU ZQ, DING JH. Exploring the connotative and high-quality development path of local universities under the background of industry-education-city integration[J]. Journal of Tangshan Normal University, 2023, 45(5): 138-141 (in Chinese).
- [5] 吴爱华, 杨秋波, 郝杰. 以“新工科”建设引领高等教育创新变革[J]. 高等工程教育研究, 2019(1): 1-7, 61.
WU AH, YANG QB, HAO J. The innovation and reform of higher education under the leadership of emerging engineering education[J]. Research in Higher Education of Engineering, 2019(1): 1-7, 61 (in Chinese).
- [6] 宋专茂, 刘荣华. 课程教学“两性一度”的操作性分析[J]. 教育理论与实践, 2021, 41(12): 48-51.
SONG ZM, LIU RH. An operational analysis of “two-nature and one-extent” in curriculum teaching[J]. Theory and Practice of Education, 2021, 41(12): 48-51 (in Chinese).
- [7] 李楠楠, 李维维. 高校案例教学改革与发展研究: 以审计学课程为例[J]. 投资与合作, 2022(6): 199-201.
LI NN, LI WW. Research on the reform and development of case teaching in colleges and universities: taking Audit course as an example[J]. Investment and Cooperation, 2022(6): 199-201 (in Chinese).
- [8] 李德茂, 童胜, 曾艳, 杨建刚, 齐显尼, 王钦宏, 孙媛霞. 未来食品的低碳生物制造[J]. 生物工程学报, 2022, 38(11): 4311-4328.
LI DM, TONG S, ZENG Y, YANG JG, QI XN, WANG QH, SUN YX. Low carbon biomanufacturing for future food[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2022, 38(11): 4311-4328 (in Chinese).
- [9] 范光先, 王和玉, 崔同弼, 陈爱菊, 韩萍, 蒋红军, 江鹏, 王莉, 郭坤亮. 茅台酒生产过程中的微生物研究进展[J]. 酿酒科技, 2006(10): 75-77.
FAN GX, WANG HY, CUI TB, CHEN AJ, HAN P, JIANG HJ, JIANG P, WANG L, GUO KL. Researching development of Maotai microorganisms[J]. Liquor-Making Science & Technology, 2006(10): 75-77 (in Chinese).
- [10] ZHU XN, TAN ZG, XU HT, CHEN J, TANG JL, ZHANG XL. Metabolic evolution of two reducing equivalent-conserving pathways for high-yield succinate production in *Escherichia coli*[J]. Metabolic Engineering, 2014, 24: 87-96.
- [11] ZHANG B, REN DY, LIU Q, LIU XC, BAO J. Coproduction of single cell protein and lipid from lignocellulose derived carbohydrates and inorganic ammonia salt with soluble ammonia recycling[J]. Bioresource Technology, 2023, 384: 129345.
- [12] CAI T, SUN HB, QIAO J, ZHU LL, ZHANG F, ZHANG J, TANG ZJ, WEI XL, YANG JG, YUAN QQ, WANG WY, YANG X, CHU HY, WANG Q, YOU C, MA HW, SUN YX, LI Y, LI C, JIANG HF, et al. Cell-free chemoenzymatic starch synthesis from carbon

- dioxide[J]. *Science*, 2021, 373(6562): 1523-1527.
- [13] RO DK, PARADISE EM, OUELLET M, FISHER KJ, NEWMAN KL, NDUNGU JM, HO KA, EACHUS RA, HAM TS, KIRBY J, CHANG MCY, WITHERS ST, SHIBA Y, SARPONG R, KEASLING JD. Production of the antimalarial drug precursor artemisinic acid in engineered yeast[J]. *Nature*, 2006, 440: 940-943.
- [14] QI XN, WANG Z, LIN YP, GUO YF, DAI ZJ, WANG QH. Elucidation and engineering mitochondrial respiratory-related genes for improving bioethanol production at high temperature in *Saccharomyces cerevisiae*[J]. *Engineering Microbiology*, 2024, 4(2): 100108.
- [15] 吴俟, 刘珏, 刘民, 梁万年. 全球新冠疫苗研发与接种策略进展[J]. *中华疾病控制杂志*, 2023, 27(8): 955-962.
- WU Y, LIU J, LIU M, LIANG WN. Progress in global COVID-19 vaccine development and vaccination strategies[J]. *Chinese Journal of Disease Control and Prevention*, 2023, 27(8): 955-962 (in Chinese).
- [16] HOU D, XU X, WANG JJ, LIU CF, NIU CT, ZHENG FY, LI Q. Effect of environmental stresses during fermentation on brewing yeast and exploration on the novel flocculation-associated function of *RIM15* gene[J]. *Bioresource Technology*, 2023, 379: 129004.
- [17] 王廷玮, 周景文, 赵鑫锐, 张国强, 李雪良, 堵国成, 陈坚, 孙秀兰. 培养肉风险防范与安全管理规范[J]. *食品与发酵工业*, 2019, 45(11): 254-258.
- WANG TW, ZHOU JW, ZHAO XR, ZHANG GQ, LI XL, DU GC, CHEN J, SUN XL. Research progress on lab-grown meat risk prevention and safety management norms[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2019, 45(11): 254-258 (in Chinese).
- [18] YANG JG, SONG W, CAI T, WANG YY, ZHANG XW, WANG WY, CHEN P, ZENG Y, LI C, SUN YX, MA YH. *De novo* artificial synthesis of hexoses from carbon dioxide[J]. *Science Bulletin*, 2023, 68(20): 2370-2381.
- [19] 孙玲, 王均华, 蒋玮, 李由然, 张梁, 丁重阳, 顾正华, 石贵阳, 徐沙. 高效合成番茄红素酿酒酵母菌株的构建[J]. *生物工程学报*, 2020, 36(7): 1334-1345.
- SUN L, WANG JH, JIANG W, LI YR, ZHANG L, DING CY, GU ZH, SHI GY, XU S. Construction of a highly efficient synthetic lycopene engineered *Saccharomyces cerevisiae*[J]. *Chinese Journal of Biotechnology*, 2020, 36(7): 1334-1345 (in Chinese).
- [20] 王玉蓉. 后疫情时代的双线混融教学的思考与实践[J]. *新教育*, 2023(S2): 173-174.
- WANG YR. Thinking and practice of double-line blending teaching in post-epidemic era[J]. *New Education*, 2023(S2): 173-174 (in Chinese).
- [21] 李雪. 新时代大学生创新创业第二课堂现状分析与培育路径[J]. *科技风*, 2023(33): 72-74.
- LI X. Analysis of the current situation of the second class of college students' innovation and entrepreneurship in the new era and its cultivation path[J]. *Technology Wind*, 2023(33): 72-74 (in Chinese).
- [22] 普荃. 建立多元化高职课程评价体系的思考与实践: 以“工程测量”为例[J]. *教育教学论坛*, 2021(3): 129-132.
- PU Q. Thinking and practice of establishing the diversified evaluation system in higher vocational courses: taking engineering survey course as an example[J]. *Education Teaching Forum*, 2021(3): 129-132 (in Chinese).
- [23] 张会香, 李子院, 李静, 李霞, 李海云. “以成果为导向, 以赛促学”理念下微生物学实验教学改革与实践[J]. *工业微生物*, 2023, 53(3): 145-147.
- ZHANG HX, LI ZY, LI J, LI X, LI HY. On the reform and practice of microbiology experimental teaching under the concept of “outcome oriented education and promoting learning by competition”[J]. *Industrial Microbiology*, 2023, 53(3): 145-147 (in Chinese).
- [24] 王震, 邵娟娟, 姜宝杰, 曾凡力, 魏月, 周欣. “发酵工程原理”课程思政教学设计与探索[J]. *饮料工业*, 2023, 26(6): 50-54.
- WANG Z, SHAO JJ, JIANG BJ, ZENG FL, WEI Y, ZHOU X. Teaching design and exploration of ideological and political education in Principles of Fermentation Engineering[J]. *Beverage Industry*, 2023, 26(6): 50-54 (in Chinese).
- [25] 杨友文, 刘继广, 方晓刚. 赛训结合推进研究生专创融合能力培养[J]. *教育教学论坛*, 2023(45): 181-184.
- YANG YW, LIU JG, FANG XG. The cultivation of graduate students' professional and innovative entrepreneurial ability by combination of competition and training[J]. *Education and Teaching Forum*, 2023(45): 181-184 (in Chinese).

(本文责编 陈宏宇)