



培养发酵工程卓越工程师后备人才的教学改革与实践

黄瑶* 邓冬梅 廖春燕 赵东玲 孙宇飞 易弋

广西科技大学生物与化学工程学院 广西高校糖资源加工重点实验室 广西糖资源绿色加工重点实验室
广西 柳州 545006

摘要: 针对发酵行业发展要求,以培养具备发酵过程优化控制和工艺创新能力的发酵工程卓越工程师后备人才为目标,通过改革生物工程专业课程教学方法、实践环节实验内容以及开展课外专业竞赛等措施培养学生的实践能力和创新能力。经过实践取得了较好的效果,学生对专业的学习兴趣、对发酵工艺过程进行设计和优化,以及创新的能力得到了提高。

关键词: 教学改革, 教学实践, 发酵工程, 卓越工程师

Teaching reform and practice of cultivating backup outstanding engineers in fermentation engineering

HUANG Yao* DENG Dong-Mei LIAO Chun-Yan ZHAO Dong-Ling SUN Yu-Fei
YI Yi

Department of Chemistry and Biological Engineering, Guangxi University of Science and Technology, Key Laboratory for Processing of Sugar Resources of Guangxi Higher Education Institutes, Guangxi Key Laboratory of Green Processing of Sugar Resources, Liuzhou, Guangxi 545006, China

Abstract: In order to cultivate backup outstanding engineers with the abilities of process optimization, technological innovation and conformation to the demand of fermentation industry, reform in teaching methods of bioengineering specialty curricula was carried out and experimental teaching contents and extracurricular professional contests were developed to improve students' practical and innovative abilities. By these measures, good results have been gained, showing that students' interest in the bioengineering has been enhanced and the abilities of fermentation process optimization and innovation have been improved.

Keywords: Teaching reform, Teaching practice, Fermentation engineering, Outstanding engineer

Foundation items: Higher Education Undergraduate Teaching Reform Engineering Project of Guangxi (2017JGB291); Higher Education Undergraduate Teaching Reform Engineering Key Project of Guangxi (2017JGZ136); Open Project of Key Laboratory of Guangxi Higher Education Institutes (2015TZYKF07)

*Corresponding author: Tel: 86-772-2687033; E-mail: 100000480@gxust.edu.cn

Received: 09-04-2018; Accepted: 15-06-2018; Published online: 21-06-2018

基金项目: 广西高等教育本科教学改革工程项目(2017JGB291); 广西高等教育本科教学改革工程项目重点项目(2017JGZ136); 广西高校重点实验室开放课题(2015TZYKF07)

*通信作者: Tel: 0772-2687033; E-mail: 100000480@gxust.edu.cn

收稿日期: 2018-04-09; 接受日期: 2018-06-15; 网络首发日期: 2018-06-21

发酵工程是指采用工程技术手段, 利用生物(主要是微生物)和有活性的离体酶的某些功能, 为人类生产有用的生物产品, 或直接用微生物参与控制某些工业生产过程的一种技术。发酵工程是发酵工业的支撑学科, 也是整个生物工程的核心。随着生物技术的发展, 发酵工程的技术和理论已经广泛应用于生物制药、食品化工、环境化工等领域。通过多年的建设和积累, 我国已构建了新的发酵工程技术研究体系与平台, 应用新技术手段的新菌种和酶的改造和筛选已形成体系, 极大地提高了筛选效率、缩短了周期。目前我国生物发酵产业产品总量居世界第一位, 成为名符其实的发酵大国^[1-2]。

随着新技术新设备的不断更新换代, 发酵行业需要充分认识到科技对行业创新发展的重要作用, 需要不断调整结构、优化升级、转变增长方式, 才能实现节能减排提高收益的重任, 需要加快新产品、新技术、新设备的研发步伐。这就需要大量的高素质发酵工程技术人才来解决这些难点问题, 不管是原料改革、菌种培育、发酵条件控制, 还是产品提取、清洁生产等方面都需要不断进行工艺优化和创新, 才能够对原有的落后或不合理的发酵生产过程进行改造, 解决生产中的实际问题。

“卓越工程师教育培养计划”(以下简称“卓越计划”)主要目标是面向工业界、面向未来、面向世界, 培养造就一大批创新能力强、适应经济社会发展需要的高质量各类型工程技术人才, 为建设创新型国家、实现工业化和现代化奠定坚实的人力资源基础, 增强我国的核心竞争力和综合国力^[3]。“卓越计划”具有三个特点: 一是行业企业深度参与培养过程, 二是学校按通用标准和行业标准培养工程人才, 三是强化培养学生的工程能力和创新能力。

我们针对发酵行业发展要求, 以培养能够进行发酵过程优化控制和工艺创新的发酵工程卓越工程师后备人才为目标, 通过课程教学的改革、实验教学的改革、实践环节的改革以及课外专业竞赛的开展, 联合企业实习进行学生的实践能力和创新能力培养, 让学生在掌握现代发酵工程技术及其产业化的原理、技术工程过程、工程设计和产品开发等

专业理论与科研技能的基础上, 更进一步具备较强的发酵工程领域的科学研究能力、实验室工作能力以及新产品、新设备、新技术、新工艺的研究开发能力等, 同时通过积极参加学科竞赛、创新训练项目、创业竞赛、“挑战杯”、“互联网+”等, 加强学生在人文素质、企业管理、产品贸易、团队精神等方面的培养, 以适应发酵工程产业工程师人才的需要, 为企业输送优秀的工程技术和工程管理人才。近几年来, 我们进行的教学改革和实践内容有以下几个方面。

1 进行理论课程教学改革, 加强学生的自主学习能力

我校生物工程专业本科生的专业必修课“酒精与酿酒工艺学”共 40 学时, 该课程的目的和任务是要求学生运用已学过的微生物学、生物化学、分析化学、物理化学和化工原理等基础理论, 结合发酵分析和发酵工程设备等专业知识, 认识与解决酒精与酒类生产中的具体生产技术问题, 选择合理的工艺流程, 熟悉原料的特点和生产菌种的特性, 掌握酒精与酒品的发酵机理和生产工艺理论, 明确工艺对设备结构的要求。理论联系实际, 使学生初步具有选用新菌种及探索新工艺、新技术的科学研究能力和工厂设计能力。

“酒精与酿酒工艺学”教学内容与日常生活关系密切, 是学生学习兴趣较浓厚、课堂气氛较活跃的一门课程, 较为适合建立“翻转课堂”教学模式。我们在教学过程中经过多年的积累, 科学地调整教学内容和教学方式, 将课程内容分为两个部分。

课程第一部分是“酒精和蒸馏酒的生产工艺”, 此部分内容采用多媒体课堂讲授的方法, 结合启发式教学和对分式课堂讨论。

在进行课堂讨论时, 将学生分成 4-6 人的学习小组, 教师针对课堂知识点提出问题。例如, “人为什么会醉酒, 怎样解酒, 喝酒脸红还是脸白?” “酒精生产原料有哪些类型, 它们各有什么特点? 预处理方法有何不同?” “酵母从出发菌株扩大培养到酒母罐是怎样完成的?” “针对蒸馏工艺进行分析,

怎样制作流程图? 工艺有何优点和缺点? 怎样改进?”提出的课程问题可以当堂进行讨论, 也可以延续到课后, 再回到课堂上解决。组员们积极讨论收集信息, 进行记录、分析和总结得出结论并进行演说。这样的讨论式教学设计既能获得活跃的课堂氛围, 增进同学间的交流, 又能锻炼学生分析总结和形成报告的能力, 真正做到以培养学生能力为目标进行教学。在课堂上还可以设计选择题请学生举手投票, 针对知识点进行复习和总结。这些教学手段可以使学生的精力全程集中在课堂上, 课堂参与度高, 对知识的理解和掌握更为深入透彻。“以学生为主体”“以问题为导向”教学的课堂设计能够较好地提升教师教学能力, 也能加强教师对课堂的整体设计和把控能力。

课程的第二部分内容是“啤酒、葡萄酒、黄酒的生产工艺和酒文化知识”, 该部分内容实行“翻转课堂”教学模式。传统教学过程包括知识传授和知识内化两个阶段, 知识传授通过教师在课堂中的讲授来完成, 知识内化则需要学生在课后通过作业、操作或者实践来完成。在“翻转课堂”上, 这种形式受到了颠覆, 知识传授通过信息技术的辅助在课后完成, 知识内化则在课堂上经老师的帮助与同学的协助而完成, 从而形成“翻转课堂”^[4]。课程由教师先提供教学视频, 学生利用课外时间观看视频自主学习, 了解每种酒的基本生产流程和主要设备构造。然后要求学生查阅资料, 把关键的工艺操作细化, 通过论文和 PPT 课件的方式上交小组作业。教师课后对每组作业进行分别讲评并提出整改要求。学生修改后选出优秀课件, 在课堂上向同学们展示并讲课。

以“啤酒生产工艺”(2 学时)的课堂设计为例, 设计 40 min 的演讲时间, 30 min 的解答时间。根据教学进展提出“浸麦度应该怎样控制?”“啤酒产品的杀菌类型和口味有何关系?”“啤酒花是怎样决定啤酒质量的?”“啤酒发酵的温度为什么低于其他酒类? 发酵温度对啤酒质量有何影响?”“什么是杀口力?”等一些问题。提出问题和解决问题的过程是知识拓展过程, 把课后没有考虑到的工艺

问题在课堂上理解和深化, 这是翻转课堂实现高认知的重要步骤。最后教师对该课题进行 10 min 的总结和补充, 布置课后作业考察学生对知识的掌握程度。从课前准备到课堂演练, 整个过程需要教师合理安排时间才能更好地达成教学目标, 使学生从“翻转课堂”教学模式中真正实现知识和能力提升。

“翻转课堂”教学模式使学生实现“预习时间的最大化”, 鼓励学生自主学习和同侪学习。学生的课堂表现好, 课堂气氛活跃, 教师愉快地教, 学生快乐地学。在翻转课堂上学生成为主角, 对教师的课堂设计提出了挑战, 如何实现课堂的高效性, 怎样才能跟学生交互性更强, 如何更好地扩展专业知识的深度和广度都是教师需要认真考虑和准备的。通过这样的教学方式改革, 教师和学生都受益匪浅。

为了锻炼学生进行工艺设计和解决实际问题的能力, 我们对课程作业内容进行了改革。由分析已有工艺流程图提升为设计工艺流程, 设计自己的酒厂, 设计“互联网+酒”的企业推广方案等, 鼓励学生多设计创新型工艺, 提出更多生产新型酒品的方案。在课堂上老师和学生一起对这些工艺和创新的可行性进行讨论分析。学生们提出的新式酒品构思多种多样, 有针对家乡特产提出的各式果酒工艺设计, 有针对新口味啤酒的研究开发, 有进行个性化定制的酒品和酒品外包装, 这些工艺经过与教师探讨后, 形成可行方案的可为学生的毕业论文研究课题。能够按自己的思路生产创新型产品, 学生很有成就感。看到学生对课程学习真正用了心, 教师也收获了职业满足感。

2 进行实践环节的实验内容改革, 培养学生进行发酵过程设计与优化控制的能力

发酵工程技术产业所取得的每一个进步都和实验技术的发展密切相关, 高素质的发酵工程专业人才不仅要掌握坚实的基础理论知识, 更需要熟练地掌握实验操作技能, 在实验中发现和解决问题, 才能加快发酵产品的研发步伐。为了满足发酵产业对应用型、技能型、创新性人才的需求, 必须提高对发酵工程专业实验的重视程度, 把传统的实验教

学内容转向综合研究型、应用创新型模式^[5]。

“发酵工程技术训练”和“生化分离技术训练”这两门课程是本校生物工程专业学生必修的实践性实验课程,分别安排的是两周的实验时间。对于发酵过程来说,从设计实验到培养基配置、菌种扩大培养、发酵过程连续控制、产品检测和产品提取分离,两周时间是不够的。因此以前开设实验时只能教师提供方案,学生直接实验操作进行摇瓶发酵,或者从现有样品中进行分离提取,只要求检测出产品,对产量不作要求。这不利于培养学生理论与实践相结合解决发酵过程实际问题的能力。

所以我们对以上两门课程的教学内容进行了改革,适当增加实验学时,修改实验教学大纲,扩充实验教学内容,多增设研究型创新型实验项目。将学生分成小组,实践性实验课程由一个指导教师改为多个指导教师,分别指导学生小组进行实验设计、发酵过程优化控制直到分离提取得到发酵产品的整个过程,将实验室的发酵罐、生物传感分析仪、气液相色谱等相关设备充分利用起来,实验时间贯穿整个学期,而实验项目也在原来“谷氨酸发酵”“柠檬酸发酵”的经典实验的基础上再增加“新型啤酒发酵及工艺条件优化”“发酵废水微生物降解处理”“目的微生物的筛选、分离纯化和鉴定”“降解尾矿的微生物菌种选育”等内容。改革后的实验内容更好地调动了学生动手实验的积极性,激发了学生的探索能力和创新能力,学生为了得到自己的产品而积极钻研、查阅资料和讨论,同学间的团结协作精神也得到了加强。

3 开展生产发酵产品的专业竞赛,增强学生专业学习的兴趣,培养学生的研究精神,提高学生的考研率

每次接到大一新生,他们都会问“我们这个专业能做什么?”由于学生对专业不了解,导致他们对学习基础课程的积极性不高,学习主动性欠缺。所以,为了让低年级的学生也能够参加专业实验和实践,从2015年起由教研室组织每年开展一次生物工程专业竞赛,大一到大四学生均可以自由报名参加。

专业竞赛以生产常见的发酵产品为目标,如啤酒、糯米甜酒、红葡萄酒等,使用简单的发酵工具如保温罐、发酵桶就可以实现生产,实验难度不高,但是想要得到口味好的产品并不容易。学生自行设计实验方案,进行发酵工艺过程操作和优化控制,直到获得自己想要的目标产品。在准备竞赛的过程中,学生为了赢得比赛,积极与专业教师联系讨论,查阅资料,设计实验,对实验结果和成败原因进行分析。竞赛活动受到了学生们的欢迎,2015年、2016年收到学生主动报名的参赛组分别是15组和13组,每组3人,则参赛人数每年平均为42人,约占生物工程学生总人数(160人)的26%。连续两届“啤酒大赛”圆满举办,生产得到的啤酒产品质量较好,口味佳,决赛现场请100名老师和学生进行品尝评分,得到了好评。举办专业竞赛的另一个收获是提高了专业影响力,增进其他专业的学生对生物工程专业的认识。

开展专业竞赛的活动过程可以解决低年级学生很少见到教研室教师,对专业不了解,不知道学习基础课程有什么用,学习兴趣不强等问题。进行专业竞赛既可以锻炼学生动手能力以及独立分析问题、解决问题的能力,培养良好的科学研究精神和创新精神。又可以让学生有机会与专业教研室教师多见面多接触,在提问谈话过程中对专业有更深入的认识,提高学习兴趣,增加学生进一步学习深造的意愿,从而达到促使学生学好专业理论知识,提高考研率和上研率的目的。老师们的工作收到了良好的效果,2015年和2016年没有毕业生考上研究生,而2017年和2018年共72名毕业生中,有7人考上研究生,接近10%,虽然与其他高校相比处于较低水平,但是作为西部二本院校的一个专业,与本校和本学院其他专业相比,已经是一个不错的成绩。教研室为了提高学生的学习兴趣和考研意愿,还经常将4个年级的学生召集在一起,召开学术讲座,考研动员,宣传英语学习的重要性等。这些工作也收效不小,低年级的学生表现出较高的考研意愿。据查计划2019年报考研究生的生物工程专业大三学生比率超过本班人数的30%。

4 鼓励高年级本科生走进重点实验室开放平台, 参加全国全区各级项目竞赛, 使学生具备“卓越工程师”素质

“卓越工程师”需要具备良好的科学素养、扎实的专业基础、全面的科学思维、丰富的创新意识、良好的团队协作能力和快速应急能力等高水平的素质。培养发酵工程专业的“卓越工程师”后备人才, 让学生走进实验室, 动手实践是最直接有效的方式。

生物工程教研室大部分专任教师科研方向在发酵工程领域。教研室鼓励教师积极与学生交流, 将学生带进实验室, 让学生利用课余时间做实验, 将发酵工艺理论知识应用到实践中解决问题。指导学生通过实验进行发酵过程优化控制和工艺创新, 包括原料创新、过程创新、代谢控制发酵、代谢菌种选育和产品设计等。学生根据自己的实验时间, 利用本学院的广西生物化工重点实验室、广西糖资源重点实验室开放平台进行实验, 自拟题目或由指导教师给定题目, 查阅文献写出实验计划, 经教师评审通过后进行实验, 学生详细记录实验过程, 分析实验结果, 撰写研究论文。在此基础上, 教师积极指导学生参加“挑战杯”、“创新创业训练”等项目竞赛, 让学生在竞赛过程中使自己的专业技能和综合素质得到更进一步的提高。2015、2016 年本专业学生承担“大学生创新创业训练项目”共 7 项, 学生参加“广西大学生化学化工论文竞赛”各获得一、二、三等奖各一项。2016 年本科生参与发表研究论文 7 篇。这是教研室老师们积极培养学生的科研精神和创新能力所收获的成果。

5 加强与企业联合培养人才的合作, 为企业输送优秀实习生和毕业生, 建立良好声誉, 解决学生就业问题

深入企业学习是卓越工程师培养的重要环节, 是学校培养向企业后延, 企业人力资源向学校前伸的联合培养方式。学生通过在企业实习和学习了解工程实际需要, 熟悉工程应用、工程设计、工程研究的基本方法, 有利于提高职业素养、分析能力、沟通表达能

力、团结协作能力、管理能力等工程综合能力, 从而具有独立从事具体领域内的产品设计与运行、分析与集成、研究与开发、管理与决策等能力。

良好的校企合作模式, 既能够增强学生的实践能力, 强化实习基地的建设, 也能为学生的就业创造良好的契机, 给企业和学生提供双向选择的可能。据往届毕业生工作情况调查, 提前进入工厂实习能够培养学生优秀的工作精神和创新能力, 能够为企业的产品研发做出贡献并较快地出成果。以 2013 届毕业生廖荣平同学为例, 从大四第二学期开始在柳州博隆食品有限公司实习并就业, 为企业解决生产过程中的问题, 帮助企业研发新产品并申请专利。他参与申请的专利就有: 金桔膏的制作方法(申请号 CN201410084792.5, 第 2 发明人); 一种具有养生作用的红酒的制作方法(申请号 CN201410022182.2, 第 4 发明人); 一种具有百香果味的莲藕汁的制作方法(申请号 CN201410022183.7, 第 4 发明人); 一种鲜姜膏的制作方法(申请号 CN201410022184.1, 第 5 发明人)。

高校培养人才需要面向产业、面向先进领先技术、面向社会发展需求进行大模块的专业基础整合。这就必须在教学中明确产业需求, 以需求引领改革方向, 突破传统工科的思维模式, 关注新工科的动态特征, 主动布局未来国际竞争的战略必争领域, 打破“学科陷阱”和“路径依赖”, 促进多学科交叉与深度融合。在“学科交叉、课程改革”的基础上, 为学生提供更自由的选择与发展空间^[6]。为了适应国家“新工科”建设和改革需要, 我们利用毕业生在优秀企业中工作的机缘, 近两年在假期里开展毕业生工作情况调查, 不断与优秀企业建立良好的关系, 积极努力地以后的学生寻找更多生物工程企业的实习岗位和就业机会。例如我们走访了“安琪酵母”、“丹宝利”、“广州万孚”等公司。企业均热情欢迎我们的到访, 校企双方诚恳地交流了企业对学生知识能力的需求和对专业教育在培养目标、知识结构、课程内容等方面所期望的改革, 并表达了以多种方式进一步合作培养学生的意愿。此外, 教

研室邀请企业人员到校讲授就业指导课,让学生了解来自生产一线的专家对本专业学生各方面素质的要求,更好地对专业学习进行明确定位,从而能够较好地把握自己未来的职业发展方向;企业则建议教研室的硕士研究生导师提供与企业相关的研究课题,由校企双方共同指导研究生完成课题。企业也可以从中物色优秀的科研人才。

一直以来,本专业学生的就业工作由专任辅导员主要负责管理,教研室专任教师很少因为学生而走进企业。但辅导员不直接参与教学,企业对人才专业知识的切实需求没有很好的渠道交到教研室教师的手上。现在我们主动走进企业,企业的态度激励着我们积极走出校门,同时可以与企业签订协议接收在校学生到岗实习,表现优秀的学生可以直接签订就业协议。近三年本校生物工程专业毕业生截至每年7月底统计的就业率平均值是97.3%,相信教研室老师们的努力能够使学生有更多的机会进入优秀的企业工作,解决毕业生就业问题,提高学生的就业率。

6 小结

发酵工业是我国轻工行业的重要组成部分,发酵工程专业工程教育是关系国计民生的主体专业。随着现代发酵工业的发展,培养以工为主、并具有开发引领市场创新产品能力的研究型工程人才是本学科人才培养的目标与使命^[7]。人才培养不仅在于教给学生多少知识,更重要的是提高学生获取知识和运用知识的能力。这种能力只有在创新过程中才能得到培养和提高,并通过接近或参与一定的创新实践工作,增强学生对社会需求的适应能力,才能培养和造就出适应科技发展迅猛、企业更新快速的高级创新型人才^[8]。因此,培养出能够掌握现代发酵工程技术及其产业化的原理、技术工程过程、工程设计和产品开发等专业理论与科研技能的卓越工程师人才是国家和社会的需要,培养具备发酵过程优化控制和工艺创新能力的发酵工程卓越工程师后备人才是其中的重要一环,我们将为实现此

目标而不断努力。

REFERENCES

- [1] Biological fermentation[EB/OL]. [2018-06-15]. <https://baike.baidu.com/item/%E7%94%9F%E7%89%A9%E5%8F%91%E9%85%B5/2936107?fr=Aladdin> (in Chinese)
生物发酵[EB/OL]. [2018-06-15]. <https://baike.baidu.com/item/%E7%94%9F%E7%89%A9%E5%8F%91%E9%85%B5/2936107?fr=Aladdin>
- [2] GMP Laboratory. The 13th five-year development plan for biological fermentation industry in China[EB/OL]. (2015-10-16). http://www.360doc.com/content/15/1016/17/8302206_506106880.shtml (in Chinese)
GMP 实验室. 中国生物发酵产业“十三五”发展规划[EB/OL]. (2015-10-16). http://www.360doc.com/content/15/1016/17/8302206_506106880.shtml
- [3] Zhang GZ, Liu XB, Wang YH. Research on engineering teaching materials construction for training outstanding engineers[J]. China Education of Light Industry, 2012(5): 75-77 (in Chinese)
张贵珍, 刘宪斌, 王运花. 适应卓越工程师培养的工科教材建设研究[J]. 中国轻工教育, 2012(5): 75-77
- [4] Jiang HY. Applied research of “flipped classroom” teaching mode in college English audio-visual-speaking course[J]. English on Campus, 2016(10): 6-7 (in Chinese)
蒋惠英. “翻转课堂”教学模式在大学英语教学视听说课上的应用研究[J]. 校园英语, 2016(10): 6-7
- [5] Zhang HL, Feng L. A brief talk about innovative experiment course construction of fermentation engineering major in science[J]. Education Teaching Forum, 2015(28): 237-238 (in Chinese)
张慧莉, 冯丽. 浅谈理科专业发酵工程创新实验课程建设[J]. 教育教学论坛, 2015(28): 237-238
- [6] Lu GD, Li TY. Reflections of the paths of constructing and developing emerging engineering education[J]. Research in Higher Education of Engineering, 2017(3): 20-26 (in Chinese)
陆国栋, 李拓宇. 新工科建设与发展的路径思考[J]. 高等工程教育研究, 2017(3): 20-26
- [7] Zhang J, Chen J, Du GC. The construction and practice on training system for high level innovative talents of fermentation engineering[J]. China Education of Light Industry, 2011(5): 62-64 (in Chinese)
张娟, 陈坚, 堵国成. 发酵工程高层次创新人才培养体系的构建与实践[J]. 中国轻工教育, 2011(5): 62-64
- [8] Chang Y, Xuan YJ, Ma XR, et al. Foster study and practice of undergraduate elites—research and debate about undergraduate tutorial system[J]. Modern Science, 2009(13): 185-186 (in Chinese)
常宇, 轩艳姣, 马新蕊, 等. 本科生精英人才培养的研究与实践——关于本科生导师制的研究和讨论[J]. 今日科苑, 2009(13): 185-186