

发酵工程专业课程设置的思考和实践

张 星 元

(无锡轻工大学生物工程学院 无锡 214036)

关键词 生物工程教学, 发酵原理, 代谢工程

分类号 Q93 **文献标识码** D **文章编号** 0253-2654(1999)-02-0147-49

自 1952 年我国建第一个发酵工程专业方向以来, 已将近半个世纪。近年来, 随着世界范围生物工程技术的发展, 我国发酵工程专业正在酝酿上升为生物工程专业, 预计发酵工程专业在本世纪末会改成生物工程专业。如何把生物工程专业带入 21 世纪? 怎样才能使我们培养的人才更富有创造性、开拓性? 怎样对跨世纪的和新世纪的学生进行有效的知识、能力和素质教育? 进入 90 年代以来, 对该专业的课程设置进行了比较认

真的思考, 也做了一些探索性的工作。

在计划经济体制下, 发酵专业要与行业对口, 专业口径较窄, 当时倾向于按行业对口的生产为核心而设置课程: 基础课、专业基础课和专业课等三类必修课, 专业课基本上是按发酵行业的产品而设课。这套课程体系在生产和技术水平较低和计划经济背景下, 确实

1998-05-18收稿, 1998-09-15修回

培养出了目前仍活跃在发酵生产和科研战线上的不少人才,应该说这套课程体系在一定的历史条件和经济发展背景下曾起过积极的作用。改革开放以来,随着我国经济领域的两个根本性转变以及生产力的解放,对人才提出了新的要求,这就迫使我们在提高认识的基础上,站在新高度上来审视以往的课程体系。以往的课程体系存在的主要问题是:专业知识面较窄,注入式、职业培训式的教学过于专门化,缺乏新的知识的增长点。因此必须对旧的课程体系进行改革。

近年来,在原来的基础上对课程体系进行了调整和充实。将课程分成必修课、限定选修课和任选课三大类。限定选修课又被分成技术基础限选课和专业方向限选课两类。专业方向限选课又被分为二组,即工业微生物、发酵工艺和生化工程等三个方向分别限选的课程。这样做的目的是为了拓宽专业面,提高学生的适应能力,也为学生求职创造有利条件。

1 我发酵工程专业与日本生物工程专业在课程设置方面的比较研究

怎样才能有效地培养出能适应于社会主义市场经济,适应于经济和科学技术比较发达的社会的生物工程专业大学生呢?除了我们自己不断探索不断总结改进外,国外的一些做法可以借鉴。

1.1 比较:日本国立大阪大学的发酵专业,近年已改为生物工程系(应用生物工学科)的课程设置也在不断改革之中,目前其本科课程设置分公共课和专门教学课两大类,在专门教学课中又分必修课和选修课。专门教学课中的必修课主要是实验课(这是他们课程设置的-大特色),再加上他们本科毕业论文时间为一年,特别有利于提高学生动手能力。加强实验系列课程是日本发酵系改为生物工程系后的一大举措。

他们正在试行的实验系列课程包括发酵(生物工学)基本操作,微生物学实验,遗传工程(遗传子工学)实验,生物化学(生化学)实验,生物化工(生物化工学)实验,细胞工程(细胞工学)实验及分子遗传学(生体情报工学)实验。这些实验可覆盖生物工程的四个组成部分,(发酵工程、酶工程、细胞工程和遗传工程)。在理论课程设置方面,除数、理及各种化学课程外,生物学属性的和工程学属性的多门选修课同时开设,学生按规定修满学分并完成毕业论文才能毕业。他们没有针对某单一发酵产品的工业生产而设课;尽管他们设

的课往往能覆盖不同类型的发酵技术,但他们的发酵专业缺少一门能为学生打开发酵科学大门的、总结发酵科学规律的课程。

以我校发酵工程专业的课程设置情况与大阪大学生物工程专业进行比较,我们的课程设置中没有单独的实验系列课程,而附在各部门化学课程、微生物学、化工原理等课程中的实验课的复盖面远不如大阪大学;其次,我们的发酵工艺方向选修课原则上仍是按发酵产品分类设课,尽管目前这些课程正在向工艺原理类型的课程靠拢,但与大阪大学所设的选修课相比复盖面仍不够宽,与基础课程的关系不够密切;第三,我校发酵工程专业在技术基础限选课中有热工学、仪表和自动化、发酵参数检测等课,大阪大学生物工程专业没有这些课程,因国情不同,这是可以理解的;最后大阪大学发酵专业缺乏讨论发酵科学一般规律(总的规律)的课程,而我发酵专业早在1995年已将发酵的生物学原理课程列为微生物方向的限选课。

1.2 思考与行动:对我发酵工程专业与日本生物工程专业就课程设置问题进行了对比研究和认真思考后形成这样的看法:发酵工程专业现行的课程设置是在我国科学和国民经济发展过程中形成的,有它一定的合理性,但在新的形势下,特别是在社会主义市场经济和信息社会的条件下,观念必须更新,我们的教学必须兼顾知识、能力和素质三个方面,必须从专业对口培养转向适应时代要求,注重基础扎实、知识面宽、自学能力强、动手和创造能力强的高素质的人才的培养。鉴于此,对发酵专业课程设置的改革主要应从加强实验和发酵科学的理论两方面入手,构建学术上有连续性的课程体系。由于实验课程的增设涉及到财、物的投入,时机成熟才能启动;而开设综合性理论课,主要是精神投入,立即可着手进行。近年来在这方面已进行了一些探索,其中《发酵原理》课程的创设就是一例。

2 《发酵原理》课程的创设

发酵工程专业的课程体系中有两条鸿沟需要填补,其一是专业基础课与专业(方向)课之间的鸿沟,其二是现行教科书与当今世界科技水准之间的鸿沟;否则,教与学两个方面都难以主动,在校学生、甚至走上工作岗位的毕业生会看不懂(或吃不透)当今杂志上发表的研究论文、专利、甚至综述。《发酵原理》课程试图在某种程度上能填补这两条鸿沟。在多年的酝酿和三

年的教学实践的基础上,已用自编教材,对本科生和研究生在不同水准上分别开设《发酵原理》课。

2.1 工业发酵和代谢设计的基本观点和思路:该课程首次推出了工业发酵的三个基本观点,并以此为中心展开工业发酵的原理。“能量支撑的观点”是工业发酵运行的立足点,它规定了工业发酵的生物学属性;“目的产物的观点”试图阐明工业发酵的内涵,揭示工业发酵的应用潜力和工业发酵产品开发的大致范围;“细胞经济的观点”试图从生物学的角度评估代谢工程的难度,明确工业发酵的行为规范。该课程从发酵科学和技术学的实际出发,抓住碳(物质)代谢和能量代谢这两条主线动态地描述工业发酵中微生物生命活动的过程和原理。把典型的工业发酵过程抽象为以微生物细胞为中心的从发酵原料到发酵产品的“五段式”的代谢流动过程,并在此基础上提出了代谢设计育种和工艺优化的“进、通、节、堵、出”五字策略。以细胞经济学的观念分析微生物的生长与发酵产物的形成的矛盾,以及代谢设计育种的目标与微生物细胞固有的自动调节机制的矛盾,从而导出“关于过量合成特定初级代谢产物的代谢设计思路”。这门课程可以使学生比较方便地从本质上了解工业发酵和发酵科学一些基本原理,为菌种选育和改良、发酵条件优化、发酵生产潜力的挖掘、新产品和新技术的开发提供了一定的理论根据。

2.2 生物工程专业课程设置改革的尝试:从已修完《发酵原理》课程的我校学生返回的意见认为该课程在生物化学、微生物学等专业基础课与专业课程之间架起了桥梁,为学生进入发酵专业技术领域的学习和创新打好扎实的理论基础,因此这是一门承上启下的,可填补前述两条鸿沟的课程,应该适当增加课时,成为发酵(生物工程)专业的必修课。学生普遍反映学了这门课对自己所学的专业有了一个比较全面的了解,激发了学习兴趣和对自己所学专业的感情;讨论式的授课方法也有利于在教学中发挥教师的主导作用和学生的主体作用。发酵工程专业即将上升为生物工程专业,以上思考和实践可以认为是生物专业课程设置改革的尝试。

3 关于工业发酵的三个基本观点

3.1 能量支撑的观点:微生物细胞是工业发酵目的产物的生产者,微生物细胞生长和维持需要其自身能量

转换机构形成的生物能来支撑。因此工业发酵具有生物学属性。

3.2 目的产物的观点:由代谢途径和跨膜输送步骤组成的微生物的代谢网络既没有绝对的起点,也没有绝对的终点,代谢网络中任何一种中间产物(也包括生物大分子)都有可能被开发成为工业发酵的目的产物。

3.3 细胞经济的观点:微生物的细胞经济是在自然选择的过程中逐渐形成的。目的产物的过量合成——不论是借助微生物的正常或异常代谢——均必须建立在细胞经济的基础上。

4 关于过量合成特定初级代谢产物的代谢设计思路

代谢网络:化能异养型微生物的代谢途径和跨膜输送步骤整合成代谢网络,代谢网络从结构上可分为依赖型和独立型两类,网络上的主要分支点(节点)有刚性(刻板性)和绕性(灵活性)之分。**代谢流:**碳架物质在代谢网络中流动形成代谢流,代谢物在网络中流动时使用的主要途径(载流路径)及其中的流量分布取决于微生物细胞的遗传性能和细胞所处的环境。**代谢主流:**以初级代谢产物为目的产物的工业发酵要求碳架物质的流动相对集中地经载流路径流向目的产物,形成代谢主流。**代谢主流的“五段式”:**从胞外营养物质到分泌到胞外的目的产物,代谢主流的载流路径原则上由承担不同代谢分工的五段连续的途径(或反应)组成。**工业发酵的“五字策略”:**在对代谢主流进行代谢分析的基础上,从“进、通、节、堵、出”五个方面入手,对菌种进行代谢设计和遗传改造,对发酵过程进行工艺控制,实现初级代谢产物的过量合成。

参 考 文 献

- [1] 张星元, 冯品如. 食品与发酵工业, 1998, 24(4): 74~77.
- [2] Stephanopoulos G, Vallino J J. Science, 1991, 252: 1675~1681.
- [3] James E B, Science, 1991, 252:1668~1674.
- [4] Reinhard Kramer. Advances in Biochemical Engineering Biotechnology (Vol. 54), John Wiley & Sons, Inc, 1995, 31~74.