



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
生物技术类专业教材系列

发酵产品生产实训

逯家富 主编



科学出版社

www.sciencep.com



教育部职业教育与成人教育司推荐教材

生物技术类专业教材系列

发酵产品生产实训

主 编 逯家富

副主编 祝战斌

主 审 石维忱

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书较全面介绍了各种发酵产品的特点、种类、生产染菌及其防治以及产品标准,系统而又实际地介绍了各种发酵产品生产的工艺流程、工艺原理、操作规程以及设备的维护与保养等内容。主要包括:啤酒生产实训、白酒与酒精生产实训、果酒生产实训、酱油生产实训、醋产品生产实训、酱制品生产实训以及黄酒、清酒、发酵乳制品、有机酸、氨基酸、发酵菜品等各种发酵产品的生产实训。全书紧密围绕企业的生产实际,注重培养学生的实际动手能力,以充分体现职业教育特色。

本书除作为高职高专院校生物技术类专业教学用书外,也可作为企业员工的技能培训教材,亦可作为从事相关产品生产的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

发酵产品生产实训/逯家富主编. —北京:科学出版社,2006

(教育部职业教育与成人教育司推荐教材·生物技术类专业教材系列)

ISBN 7-03-017506-9

I. 发… II. 逯… III. 发酵-化工产品-高等学校:技术学校-教材
IV. TQ92

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 069875 号

责任编辑:沈力匀 / 责任校对:刘彦妮
责任印制:吕春珉 / 封面设计:北新华文

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

信浩彩色印装有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006 年 8 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2006 年 8 月第一次印刷 印张:15 3/4

印数:1 3 000

字数:360 000

定价:25.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

《生物技术类教材系列》编委会

主 编	陆寿鹏			
副主编	温守东	张安宁	翟 敏	逯家富
	廖湘萍	江建军	侯建平	
编 委	徐清华	赵金海	蔡功禄	赵 辉
	李宏高	杨天英	翁鸿珍	廖世荣
	武 运	何 惠	胡文浪	万 萍
	陆正清	王传荣	葛 亮	辛秀兰
	宇文威胜	李 霞	王晓利	夏未铭
	梁传伟	周双柿		

出版说明

进入 21 世纪, 国际竞争日趋激烈, 竞争的焦点是人才的竞争, 是全民素质的竞争。人力资源在国家综合国力的增强方面, 发挥着越来越重要的作用, 而人力资源的状况归根结底取决于教育发展的整体水平。

教育部在《2003~2007 年教育振兴行动计划》中明确了今后 5 年将进行六大重点工程建设: 一是“新世纪素质教育工程”, 进一步全面推进素质教育; 二是“就业为导向的职业教育与培训工程”, 增强学生的就业、创业能力; 三是“高等学校教学质量与教学改革工程”, 进一步深化高等学校的教学改革; 四是“教育信息化建设工程”, 加快教育信息化基础设施、教育信息资源建设和人才培养; 五是“高校毕业生就业工程”, 建立更加完善的高校毕业生就业信息网络和指导、服务体系; 六是“高素质教师和管理队伍建设工程”, 完善教师教育和终身学习体系, 进一步深化人事制度改革。

职业教育事业的各项改革中也在加速发展, 其为经济建设和社会发展的服务能力显著增强。各地和各级职业院校坚持以服务为宗旨, 以就业为导向, 大力实施“制造业与现代服务业技能型紧缺人才培养培训计划”和“农村劳动力转移培训计划”, 密切与企业、人才、劳务市场的合作, 进一步优化资源配置和布局结构, 同时深化管理体制和办学体制改革。

为配合教育部职业教育与成人教育司 2004~2007 年推荐教材的出版计划, 科学出版社本着“高水平、高质量、高层次”的“三高”精神和“严肃、严密、严格”的“三严”作风, 集中相关行业专家、各职业院校双优型教师, 编写了高职高专层次的基础课、公共课教材; 各类紧缺专业、热门专业教材; 实训教材、引进教材等特色教材。其中包括:

(一) 高职高专基础课、公共课教材

(1) 基础课教材系列

(2) 公共课教材系列

(二) 高职高专专业课教材

(1) 紧缺专业教材系列

——软件类专业系列教材

——数控技术类专业系列教材

——护理类专业系列教材

(2) 热门专业教材系列

——电子信息类专业系列教材

——交通运输类专业系列教材

——财经类专业系列教材

——旅游类专业系列教材

- 生物技术类专业系列教材
- 食品类专业系列教材
- 精细化工类专业系列教材
- 艺术设计类专业系列教材
- 土建类系列教材
- 水利类系列教材
- 制造类系列教材
- 材料与能源类系列教材

(三) 高职高专特色教材

- (1) 高职高专实训教材系列教材
- (2) 国外职业教育优秀系列教材

本套教材建设的宗旨是以学校的选择为依据,以方便教师授课为标准,以理论知识为主体,以应用型职业岗位要求为中心,以素质教育、创新教育为基础,以学生能力培养为本位,力求突出以下特色:

(1) 理念创新:秉承“教学改革与学科创新引路,科技进步与教材创新同步”的理念,根据新时代对高等职业教育人才的需求,出版一系列体现教学改革最新理念,内容领先、思路创新、突出实训、成系配套的高职高专教材。

(2) 方法创新:摒弃“借用教材、压缩内容”的滞后方法,专门开发符合高职特点的“对口教材”。在对职业岗位所需求的专业知识和专项能力进行科学分析的基础上,引进国外先进的课程开发方法,以确保符合职业教育的特色。

(3) 特色创新:加大实训教材的开发力度,填补空白,突出热点,积极开发紧缺专业、热门专业的教材。对于部分教材,提供“课件”、“教学资源支持库”等立体化的教学支持,方便教师教学与学生学习。对于部分专业,组织编写“双证教材”,注意将教材内容与职业资格、技能证书进行衔接。

(4) 内容创新:在教材的编写过程中,力求反映知识更新和科技发展的最新动态。将新知识、新技术、新内容、新工艺、新案例及时反映到教材中来,更能体现高职教育专业设置紧密联系生产、建设、服务、管理一线的实际要求。

欢迎广大教师、学生在教材的使用中提出宝贵意见,以便我们进一步做好教材的修订工作,出版更多的精品教材。

科学出版社

序 言

发酵工业是一个既古老又年青的产业，它是现代生物工程的重要组成部分，是基因工程、细胞工程、酶工程的具体应用工业，包括的范围很广，如：抗生素工业、酿酒工业、酱油及醋等调味品工业、发酵乳制品工业、氨基酸工业和新型发酵工业等。

发酵产品是指采用生物工程技术，通过微生物发酵及合理的分离纯化等下游技术制取而成的产品。发酵工业为国民经济的发展和人们生活水平的提高做出了较大贡献。

《发酵产品生产实训》是结合我国目前发酵工业生产实际编写的，是对发酵工业实际操作技术的科学总结。其内容简洁、明了，特色鲜明，可操作性强。

该书清楚的阐述了发酵工业的含义，发酵生产污染及其防治，详尽介绍了啤酒、白酒和酒精、果酒、酱油、醋、酱制品以及其他发酵产品的实训技术，并收集汇编了大量的发酵产品标准。

本书可供高等职业院校生物技术专业、食品专业学生作为教材使用，也可借生产企业培训职工作为参考书使用。

《发酵产品生产实训》的编写出版，必将对发酵行业培养人才，提高职工素质，促进行业技术水平的提高，起到积极的推动作用。

石维忱

前 言

本书是根据 2004 年全国高职高专生物技术类专业课程设置中的主干课程《发酵产品生产实训》教学大纲的基本要求,参考发酵行业的职业技能标准编写完成的高等职业教育国家规划教材。本书在编写过程中严格按照教育部颁布的教育改革文件精神,把能力为本位作为教材编写的指导思想,重点培养学生的实际动手能力。

近年来,职业教育迅猛发展。但用于培养高技能人才的实训教材还远没有跟得上高等职业教育发展的步伐,在众多专业领域中仍是空白。为此,开发和编写实用性强、具有可操作性的高职实训教材,对培养职业技能人才,突出职业特色,无疑具有十分重要的意义。此书也正是在这一背景下编写完成的。

本书由长春职业技术学院逯家富主编并统稿,杨凌职业技术学院祝战斌任副主编。全书共分十章,其中:第 1 章、第 2 章及第 3 章 1.1、1.2 节由长春职业技术学院逯家富编写;第 3 章 3.3~3.5 节由郑州轻工业学院轻工职业学院赵金海编写;第 4 章由贵州轻工职业技术学院况光仪编写;第 5 章由杨凌职业技术学院祝战斌编写;第 6 章、第 7 章由山西综合职业技术学院杨天英编写;第 8 章由河南农业职业学院石明生编写;第 9 章由内蒙古农业学校张铁锋编写;第 10 章由长春职业技术学院全美兰编写。

本书由全国高等职业教育生物技术类教材编审委员会审定,由中国发酵工业协会理事长、教授级高级工程师石维忱主审。在编写过程中得到了四平金士百啤酒集团公司生产总监任光同志,中国华润雪花啤酒(辽宁)总公司副总经理、高级工程师付美艳同志,华润雪花啤酒(吉林)有限公司副总经理赵亚凡同志、华润雪花啤酒(长春)有限公司副总经理刘若冰、华润雪花啤酒(哈尔滨)有限公司副总经理王力、大连兴泽制麦有限公司姜林同志以及其他各界前辈和同仁的大力支持,特此表示衷心感谢。

发酵产品的生产技术不尽相同,基本方法亦大同小异,各校可根据当地的实际灵活运用。由于编写时间紧,加之编者水平有限,又受地域等条件的影响,不妥之处在所难免,还望读者赐教,以便加以完善。

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 发酵的含义	1
1.2 发酵过程的特点	1
1.3 发酵产品的种类	3
1.4 发酵工业的发展简史	4
第 2 章 发酵生产染菌及其防治	7
2.1 染菌对发酵生产的影响	7
2.2 发酵异常现象、原因分析及防治措施	8
第 3 章 啤酒生产实训	14
3.1 麦芽制造方法.....	14
3.2 麦芽汁制备方法.....	23
3.3 啤酒发酵方法.....	34
3.4 啤酒过滤方法.....	42
3.5 啤酒包装方法.....	46
第 4 章 白酒与酒精生产实训	54
4.1 固态法白酒生产方法.....	54
4.2 半固态法白酒生产方法.....	67
4.3 液态法白酒生产方法.....	72
4.4 液固结合法白酒生产方法.....	75
4.5 酒精的生产方法.....	77
4.6 设备的维护保养.....	87
第 5 章 果酒生产实训	91
5.1 红葡萄酒生产方法.....	91
5.2 白葡萄酒生产方法	100
5.3 山葡萄酒生产方法	104
5.4 猕猴桃酒生产方法	108
5.5 苹果酒生产方法	112
第 6 章 酱油生产实训	118
6.1 酱油用曲的生产方法	119
6.2 固态低盐发酵生产方法	121
6.3 固态无盐发酵生产方法	125
6.4 分酿固稀发酵生产方法	127
6.5 白酱油生产方法	130

6.6 铁酱油生产方法	133
第7章 醋产品生产实训	135
7.1 固态发酵酿醋生产方法	135
7.2 酶法液化通风回流制醋生产方法	139
7.3 液体深层发酵制醋生产方法	142
7.4 快速酿醋生产方法	143
7.5 生料酿醋生产方法	145
7.6 山西老陈醋生产方法	146
7.7 镇江香醋生产方法	150
7.8 福建红曲老醋生产方法	152
第8章 酱制品生产实训	156
8.1 豆瓣酱生产方法	156
8.2 曲法甜面酱生产方法	160
8.3 酶法甜面酱生产方法	165
8.4 曲法大豆酱生产方法	167
8.5 酶法大豆酱生产方法	172
8.6 豆瓣辣酱生产方法	174
8.7 速食酸辣酱生产方法	178
8.8 香菇蒜蓉酱生产方法	179
8.9 新法豆豉生产方法	180
第9章 其他发酵产品生产实训	184
9.1 黄酒生产方法	184
9.2 清酒生产方法	192
9.3 发酵乳制品生产方法	197
9.4 有机酸生产方法	207
9.5 味精生产方法	215
9.6 发酵豆制品生产方法	221
9.7 发酵菜品生产方法	225
9.8 其他发酵产品生产方法	227
第10章 发酵产品标准目录	233
10.1 主要原辅材料标准	233
10.2 发酵产品标准	234
10.3 发酵产品检验方法标准	234
10.4 卫生标准及卫生规范	236
10.5 包装材料及容器标准	237
10.6 食品添加剂标准	238
参考文献	239

第 1 章

绪 论

1.1 发酵的含义

发酵 (fermentation) 源于拉丁语“发泡”的意思, 是指酵母作用于果汁或发芽谷物中的低分子糖类产生二氧化碳 (CO_2) 的现象。巴斯德认为发酵是酵母在无氧状态下的呼吸过程, 是在厌氧条件下, 原料糖经酵母等生物细胞的作用进行分解代谢, 向生物体提供能量, 从而得到原料分解产物酒精和 CO_2 的过程。然而, 发酵对不同的对象具有不同的意义: 对生物化学家来说, 它是指有机化合物进行分解代谢释放能量的过程, 有机物既是被氧化的基质, 又是最终电子的受体, 作为最终电子受体的有机物是基质未彻底氧化的产物。由于基质氧化不彻底, 发酵产物仍积累有机物, 并产生较少的能量。所以, 发酵在这里是指不需氧的产能代谢。

然而醋酸发酵、柠檬酸以及其他有机酸发酵, 都需要氧来进行氧化反应。显然, 巴斯德的“发酵是无氧呼吸”的说法并不通用。但由于需氧发酵要经过厌氧发酵和需氧呼吸这两个代谢过程, 所以, 当需氧发酵理解为是“有机化合物借助分子态氧而受到不完全氧化的反应”时, 巴斯德的观点依然正确, 即呼吸和发酵均理解为“生物为获得能量而进行的氧化-还原反应”。

但对工业微生物学家来说, 它的意义广泛得多, 甚至将微生物在有氧或无氧条件下的生命活动统称为发酵。把发酵扩展到利用培养微生物来制得产物的需氧或厌氧的任何过程, 现在又扩展到培养生物细胞 (动、植物细胞和微生物细胞) 来制得产物的所有过程。酿造和有机溶媒的厌氧发酵, 就具有双层意义, 既能产生能量以供给菌体, 又能获得产物, 酵母发酵生产的酒精, 就是微生物厌氧发酵的代谢产物。而需氧发酵也能生产出各种不同类型的代谢产物, 如医药、食品、轻工等的发酵产品, 并已成为广泛应用的发酵工艺, 形成了各种类型的微生物发酵工业, 也已成为现代生物技术的重要组成部分。在应用微生物工业中, 把所有通过微生物或其他生物细胞 (动、植物细胞) 的培养, 统称为发酵, 包括天然的发酵过程和人工控制的发酵过程两种方法。

1.2 发酵过程的特点

1. 发酵过程

发酵过程通常由四个部分组成。

1) 原料的预处理及培养基的制备

发酵原料很多, 如薯类、谷类等。但绝大多数不能被工业微生物直接利用, 需要将

它们进行粉碎、蒸煮、水解成糖类的低分子产物后，方可被微生物所利用。此外，还可以利用废糖蜜、工农业生产下的脚料等，根据微生物菌种和发酵产品类型不同，制备或调配一定营养成分和 pH 的培养基。并在接种发酵之前，将培养基置于发酵罐中，有的还要通入 98kPa 的蒸汽进行高温灭菌，冷却后，在无菌条件下接入菌种。同时保证在发酵过程中绝对无杂菌，这是发酵成功与否的关键。

2) 菌种的制备

发酵过程中，首先应在传统诱变育种或用现代生物技术的手段进行菌种改造的基础上，选择高产、稳产、培养要求不高、易于控制的培养条件下（糖浓度、温度、pH、溶解氧、渗透压等）迅速生产和发酵、生产周期短、抗噬菌体能力强、不产生任何有害物质和毒素，并符合产品特性要求的菌种。发酵前必须经过多次扩大培养达到足够数量和一定质量后，即可作为种子接种至发酵罐中，满足发酵的要求。如果是酶反应过程，则需制备或选择一定量的活力强的酶制剂。

3) 发酵生产工艺条件的选择

由于使用的原料、采用的菌种以及生产产品的不同，其代谢规律也各不相同。按照对氧气的需求情况，可分为厌氧发酵和好氧发酵两种方式。厌氧发酵又称静置发酵，如酒精 (alcohol)、啤酒 (beer)、丙酮 (acetone)、丁醇 (butanol) 及乳酸 (lactic acid) 等发酵过程是不需供氧的，设备及工艺也比好氧发酵简单。好氧发酵过程则需要消耗大量的氧气，以供微生物代谢需要，如氨基酸、有机酸、抗生素等均属此类。但不论是好氧发酵还是厌氧发酵，均应根据菌种的特性、原料的质量、发酵酶的特性、发酵菌体的代谢规律和产品的特点，选择合适的发酵生产工艺条件。

4) 发酵产品的提取和精制

发酵结束后，发酵液或生物细胞就要进行分离与提取精制，从而得到符合产品质量标准的目的产物（成品）。根据产品（菌体、酶、代谢产物）的类型和特点，选择合适的提取和精制方法，确定理想的下游技术的组合，得到符合要求的目标产品。

2. 发酵过程的特点

(1) 生产过程通常在温和的条件（如常温、常压、弱酸、弱碱等）下进行，不需考虑防爆问题。原料以碳水化合物为主，不含有毒物质。

(2) 原料来源广泛，通常以淀粉、糖类等碳水化合物为主。

(3) 生产反应过程是以生命体的自动调节方式进行的，多个反应像一个反应一样，可在单一设备中进行。

(4) 发酵产品多数为小分子产品，但也能很容易进行复杂的高分子化合物的生产，如酶制剂、核苷酸等。

(5) 通过改良菌种性能，可在不增加设备投资的条件下，明显提高生产能力。

(6) 微生物菌体本身即可生产产品，又可作为发酵产物，富含蛋白质、维生素、酶等生物活性物质；除特殊情况外，一般不会对人和动物造成危害。

(7) 要特别注意防止杂菌污染，尤其是噬菌体的侵入，以免给生产造成危害。

(8) 由于生物体特有的反应机理，可高度选择性地在特定部位进行复杂化合物的氧

化、还原及官能团的导入等。

实际生产过程中,可以通过改良菌种、改进工艺、改善装备和生产条件,来改善产品的质量,提高生产效益。随着生物技术的发展,必然会对生产工艺过程提出更高的要求,对发酵工业的发展产生积极的推动作用。

1.3 发酵产品的种类

1. 微生物菌体

这是以获得微生物菌体细胞为目的的发酵工业。通过微生物的发酵作用,获取大量的菌体细胞实现生产产品的目的。如传统发酵工业中的面包制作、生产工业酵母以及其他的菌体蛋白食品;现代发酵工业中的菌体发酵,如药用真菌的香菇类、冬虫夏草以及从多孔菌科的茯苓菌获得的名贵中药茯苓和从担子菌获得的灵芝等药用菌。生物防治剂如苏云金杆菌、蜡样芽孢杆菌等。用于改善人体肠道微生态环境的活性乳酸菌制剂等发酵产品,均属微生物菌体。

微生物菌体发酵的特点是细胞的生长与产品的积累成平行关系,生长繁殖速率最快的时期也是积累产品速率最高的阶段,生长稳定期菌体细胞的浓度最大,同时产品的产量也最高,是目的产品的收获期。

2. 微生物酶

酶(enzyme)普遍存在于动物、植物和微生物细胞中。最初,酶是从动物或植物组织中提取,如从动物的胰脏中提取胰蛋白酶,从菠萝中提取菠萝蛋白酶等。但现在工业生产中应用的酶制剂,绝大多数是由微生物发酵生产而来。由于微生物种类多、产酶品种多、生产容易、产量大、成本低,所以利用微生物发酵生产各种酶制剂,已经成为现在发酵工业的重要组成部分。此外,传统发酵产品白酒、酱油、醋等生产中使用的各种曲类(如大曲、小曲、麸曲、麦曲等),也是由微生物发酵所得。

微生物酶制剂的种类很多,应用较广。如用于分解淀粉生产葡萄糖的淀粉酶和糖化酶,用于分解蛋白质的蛋白酶,用于DL氨基酸光学拆分的氨基酰化酶,用于检测血清中胆固醇含量的胆固醇氧化酶,用于检测血液中葡萄糖含量的葡萄糖氧化酶等。此外还有蛋白酶、纤维素酶、果胶酶、脂酶,脱羧酶、过氧化氢酶、药用酶等。

3. 微生物代谢产物

在发酵工业中,以微生物代谢产物作为产品的种类最多,也是最为重要的。如工业溶剂(酒精、丙酮、丁醇等)、有机酸(柠檬酸、苹果酸、乳酸、醋酸等)、氨基酸(谷氨酸、赖氨酸、丙氨酸、苏氨酸等)、维生素(B族维生素、维生素C等)、多糖类(葡聚糖、细菌多糖、真菌多糖等)、抗生素(青霉素、链霉素等)、核苷及核苷酸(ATP、AMP、肌苷、5'-肌苷酸等)、激素、胰岛素、干扰素、抗体、疫苗等均为微生物发酵的代谢产物。

这些微生物代谢产物与菌体的生长繁殖没有明显关系，它们是菌体在生长的稳定期代谢形成的具有特定功能的产物，受到诱导调节、分解代谢产物阻遏等许多调节机制的控制。

4. 微生物生物转化产品

微生物生物转化的最终产物并不是微生物细胞利用营养物质代谢产生的，而是利用微生物细胞的酶或酶系作用底物的某一特定部位，并在此进行生物化学反应而形成的转化产品。在生物工业中最重要的生物转化就是甾体转化。甾类激素包括醋酸可的松等皮质激素和黄体酮等性激素。

微生物的生物转化是利用微生物细胞的一种或多种酶，作用一些底物的特定部位(基团)，使之转变成结构相似，但具有较大经济价值的化合物的生化反应。

5. 生物技术的生物细胞发酵

生物细胞发酵是指利用生物技术(即基因工程、细胞融合和固定化酶等技术)所获得的生物细胞，如DNA重组的“工程菌”，通过细胞融合所得的“杂交”细胞，以及动、植物细胞或固定化活细胞等，进行培养的新型发酵，其产物可以是各种各样的，如氨基酸、抗生素、维生素、干扰素、病毒疫苗、人体活性蛋白及人生长激素等。

1.4 发酵工业的发展简史

1. 自然发酵时期

发酵工业的历史非常悠久，酿酒、制醋就是人类最早出现的发酵产品。大约9000年以前，地中海南岸的亚述人就发现了啤酒，当时的巴比伦人就会制作啤酒；7000年前，中东两河流域的美苏不达米亚人发明了葡萄酒；但这些都属自然发酵。我国在8000年前已经出现了“曲蘖酿酒”，据考证中国的龙山文化(距今近5000年)已有酒具出现，当时的酿酒已十分普遍；3000年以前，我国就酿制食醋；1000年以前，就可自己生产腐乳。此外，早在公元1世纪左右，我国就使用大豆和小麦生产豆酱和酱油；公元10世纪，中国就有预防天花的活疫苗。虽然当时人们并不清楚发酵是由于微生物的生命活动所引起的，但确实应用着微生物，只是完全依赖于野生微生物对谷物进行分解。所以，我们把这一时期称为自然发酵时期。

2. 传统发酵技术时期

1667年，荷兰人列文霍克(Leowen hoek)发明了显微镜，首先观察到了微生物(microbe)。1850~1880年，法国科学家路易·巴斯德(L. Pasteur)发现了发酵的原理，首先证实酒精发酵是由酵母菌引起的，同时也认识到发酵是由微生物的活动而引发的，不同的微生物发酵会产生不同的代谢产物。路易·巴斯德和汉逊(Hansen)都长期从事过啤酒生产的实践工作，尤其路易·巴斯德发明了灭菌技术，以及1878年汉逊

及耶尔逊确立了酵母的纯粹培养和分离技术后,对控制啤酒生产的质量和保证工业化生产做出了极大贡献,开创了人为控制发酵的时代。1897年,德国人 Buchner 发现磨碎的酵母仍能使糖发酵形成酒精,从此揭开了这种转化的秘密——是由酶的作用所形成的。

通过对上述发酵基本原理的认识,使发酵技术得到了较大改进,一些传统发酵产品(如啤酒、葡萄酒、酱油等)的腐败现象明显减少,产品质量明显提高。

18世纪后期,因欧洲资产阶级的兴起和受产业革命的影响,科学技术得到了迅速发展,发酵工业从手工业生产方式跨进了大规模机械化生产的轨道。19世纪末到20世纪20~30年代,这时期的发酵技术已发展到化学工业领域,发酵工业产品陆续出现,如酒精(alcohol)、丙酮丁醇(acetone-butanol)、乳酸(lactic acid)、柠檬酸(citric acid)、淀粉酶(amylase)、蛋白酶(proteinase)等。这些产品大多是嫌气性发酵技术的产物,其化学结构要比原料简单得多,属初级代谢产物。

3. 近代发酵技术时期

近代发酵技术出现于20世纪40年代,是以抗生素的生产作为标志。1929年傅莱明(Fleming)发现了青霉素并大量生产,最初是以麸皮为培养基(medium),采用表面培养法进行生产,发酵效价单位约为40U/mL,纯度20%,收率30%。1943年,好气性通风搅拌发酵罐由美英科学家研究成功,并进行深层通风发酵,青霉素的发酵效价单位提高到了200U/mL,纯度提高到60%,收率提高到75%。此项技术促进了抗生素工业的迅猛发展,同时也促进了发酵工业的发展。最具代表性的就是50年代的氨基酸(amino acid)发酵和60年代的酶制剂(enzyme preparation)发酵、有机酸(organic acid)发酵和维生素发酵。这些产品大多为好气性发酵技术产物,既有初级产物又有次级产物——抗生素等,还有生物转化及酶反应等。发酵技术已经从简单的分解代谢转变为生物合成代谢,越出了微生物正常代谢的框架,只能通过人工控制微生物的代谢才能实现。因此,可以说这是发酵技术的又一次升级。

4. 现代发酵技术时期

进入20世纪60年代,随着微生物遗传学和生物化学的发展,人们可以从遗传因子(DNA)的水平来进行微生物代谢的管理。1956年日本就成功地利用发酵法制造出谷氨酸,至今已有22种氨基酸可用发酵法生产,其中18种是直接发酵,4种是用酶法转化。氨基酸发酵引进了人工诱变育种与代谢控制发酵的新型发酵工程技术,以动态生物化学和微生物遗传学为基础,将微生物进行人工诱变,得到适合生产某种特定产品的突变株,然后在人工控制的条件下进行培养,并选择性地生产目的产物。核苷酸类物质、有机酸和一部分抗生素的发酵生产,就是应用了此项技术,这些产业恰恰成为了生物技术产业的支柱。

发酵技术是生物技术中的重要组成部分。也可以说,现代发酵技术包括整个生物技术过程。作为发酵工业来讲,除了利用天然微生物发酵生产初级代谢产物和次级代谢产物外,由于生物技术的迅猛发展,发酵工业所涉及的范围也得到了空前扩大,发酵生产

技术、发酵生产能力和发酵控制水平都得到了明显提高。例如，利用基因工程技术获得的“工程菌”，将哺乳动物的基因克隆到大肠杆菌等宿主中并得到表达等。现在采用同微生物发酵一样的发酵罐来培养杂交瘤细胞，生产单克隆抗体。此外，发酵技术在细胞条件下，也可用于直接培养高等植物细胞和动物细胞，获得生物碱以及尿激酶等产物。

随着发酵技术的日臻完善，发酵工程中利用数学、发酵动力学、化学工程原理、计算机技术和自动控制理论，对发酵过程的全部基本参数（如：温度、pH、罐压、溶解氧、CO₂ 含量、空气流量、氧化还原电位以及泡沫等）均可利用计算机进行自动控制和自动记录，使发酵生产连续、自动进行。既保证了产品质量，又提高了生产效率。



思考题

1. 什么叫发酵？
2. 发酵过程有何特点？
3. 发酵产品的种类有哪些？

发酵生产染菌及其防治

发酵生产过程大多需要在无杂菌污染的条件下进行,即通常所说的纯种培养过程。为此,掌握发酵规律;了解污染途径;防止杂菌污染;科学合理地指导生产,则是我们必须解决好的问题。而发酵生产的环节又比较多,尤其是好氧性发酵,既要连续搅拌,又要供给无菌空气、排放多余空气、同时还要多次添加消泡剂、补充培养基、定时取样分析及不断改变空气量等,这些生产环节无疑给防治发酵生产染菌带来了很大困难。为了防止在发酵生产过程中其他的微生物侵入发酵系统,实现真正意义上的纯种培养,人们采取了一系列措施,如改进生产工艺、完善生产设备以及管理措施、健全管理制度等。如采用密闭发酵罐、使用无菌空气、培养基、管道及其他附属设备等全过程实行严格灭菌,大大降低了染菌率。但至今仍无法完全避免生产过程的染菌,轻者影响产品收得率以及产品质量,重者会出现“倒罐”现象,造成严重的经济损失。据报道,国外抗生素发酵染菌率为2%~5%,国内的青霉素发酵染菌率为2%,链霉素、红霉素和四环素发酵染菌率5%,谷氨酸发酵噬菌体感染率1%~2%。

染菌对发酵产品的提取、收得率以及产品质量等都将产生很大的影响。但在现有条件下,要做到完全不染菌也是不可能的。所以,必须提高生产技术水平,完善生产工艺,强化生产过程管理,有效防止发酵生产过程染菌。一旦发生染菌,应尽快查明原因,并采取相应的有效措施,把由此造成的损失降低到最低程度。

2.1 染菌对发酵生产的影响

染菌对发酵生产过程的影响是很大的,但由于生产的产品不同、污染杂菌的种类和性质不同、染菌发生的时间以及染菌的途径和程度不同,造成的危害及后果也不相同。

1. 染菌对不同产品发酵过程的影响

由于各种发酵过程生产产品的不同,所用的发酵菌种、培养基、发酵条件、所用设备以及产物性质的不同,造成的危害的程度也不同。如核苷或核苷酸的发酵过程,由于所用的生产菌种是多种营养缺陷型微生物,其生长能力差,所需的培养基营养丰富,容易受到杂菌的污染,且染菌后,营养成分将迅速被消耗,因此,严重抑制了生产菌的生长和代谢产物的生成。对于柠檬酸等有机酸的发酵过程,在产酸后,pH 较低,一般杂菌难以生长,在发酵中、后期不易发生染菌,因此主要防止前期染菌。谷氨酸发酵周期短,生产菌繁殖快,培养基不太丰富,一般较少污染杂菌,但噬菌体污染对谷氨酸发酵的威胁非常大。啤酒生产应注意菌种保藏及扩培过程中的无菌管理,以及发酵过程的卫生管理,一旦染菌,必将影响产品质量,严重时会出现“倒罐”现象。