



全国高职高专生物类课程  
“十二五”规划教材



工作过程导向

# 发酵技术

FAJIAO JISHU

◎ 胡斌杰 胡莉娟 公维庶 主编



华中科技大学出版社  
<http://www.hustp.com>

# 发 酵 技 术

**主 编** 胡斌杰 胡莉娟 公维庶  
**副主编** 熊海燕 张艳芳 付 艳  
**编 委** 胡斌杰(开封大学)  
胡莉娟(杨凌职业技术学院)  
公维庶(黑龙江林业职业技术学院)  
熊海燕(武汉软件工程职业学院)  
张艳芳(内蒙古农业大学职业技术学院)  
付 艳(黑龙江农垦科技职业学院)  
王 鹏(新疆轻工职业技术学院)  
姚 莉(广东科贸职业学院)  
杨新建(北京农业职业学院)  
杨春燕(云南广播电视大学)  
陈金峰(开封大学)

华中科技大学出版社

中国·武汉

## 内 容 提 要

本书按照职业岗位基本技能和职业岗位核心技能的基本要求,依据“学习情境模块化、学习模块项目化、学习项目职场化”的编写思路划分为七个模块,每个模块又分为若干个学习项目,有的项目根据需要安排有相应的技能训练。内容包括:绪论,调味品的生产模块(酱油生产技术、食醋生产技术、腐乳生产技术、味精生产技术),酒类的生产模块(啤酒生产技术、葡萄酒生产技术、黄酒生产技术、白酒生产技术),乳制品及有机酸发酵技术模块(发酵乳制品生产技术、柠檬酸生产技术),药物类发酵技术模块(青霉素的发酵生产、氨基酸类药物发酵技术、维生素发酵技术、核酸类药物发酵技术),酶制剂的发酵模块(纤维素酶的发酵、糖化酶的发酵)和新型发酵技术模块(固定化细胞生产技术、中空纤维酶膜反应器制取麦芽低聚糖)等。

本书可供全国高职高专、普通大专等院校生物大类各专业(如生物化工工艺、生化工程、食品类、制药类和生物技术类等)师生使用,也可供相关专业的初、中级技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

发酵技术/胡斌杰 胡莉娟 公维庶 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2012.1  
ISBN 978-7-5609-7408-8

I. 发… II. ①胡… ②胡… ③公… III. 发酵工程-高等职业教育-教材 IV. TQ92

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 205820 号

### 发酵技术

胡斌杰 胡莉娟 公维庶 主编

策划编辑:王新华

责任编辑:熊彦

封面设计:刘卉

责任校对:朱玢

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录排:华中科技大学惠友文印中心

印刷:通山金地印务有限公司

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:20.75

字数:497千字

版次:2012年1月第1版第1次印刷

定价:34.80元



华中科技大学

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换  
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务  
版权所有 侵权必究

# 全国高职高专生物类课程“十二五”规划教材编委会

## 主任

闫丽霞 天津现代职业技术学院

## 副主任

王德芝 信阳农业高等专科学校

翁鸿珍 包头轻工职业技术学院

## 编委 (按姓氏拼音排序)

陈芬 武汉职业技术学院

陈红霞 济宁职业技术学院

陈丽霞 泉州医学高等专科学校

陈美霞 潍坊职业学院

崔爱萍 山西林业职业技术学院

杜护华 黑龙江生物科技职业学院

高荣华 威海职业学院

高爽 辽宁经济职业技术学院

公维庶 黑龙江林业职业技术学院

郝涿非 江苏食品职业技术学院

何敏 广东科贸职业学院

胡斌杰 开封大学

胡莉娟 杨凌职业技术学院

黄彦芳 北京农业职业学院

霍志军 黑龙江农业职业技术学院

金鹏 天津开发区职业技术学院

黎八保 咸宁职业技术学院

李慧 江苏联合职业技术学院

淮安生物工程分院

李永文 保定职业技术学院

林向群 云南林业职业技术学院

刘瑞芳 河南城建学院

鲁国荣 许昌职业技术学院

马辉 宁夏工商职业技术学院

裴宏杰 襄樊职业技术学院

尚文艳 河北旅游职业学院

宋冶萍 山东畜牧兽医职业学院

苏敬红 山东职业学院

孙勇民 天津现代职业技术学院

涂庆华 抚州职业技术学院

王锋尖 南阳师范高等专科学校

王娟 贵州轻工职业技术学院

王俊平 沈阳医学院

王永芬 郑州牧业工程高等专科学校

王玉亭 广东食品药品职业学院

许立奎 温州科技职业学院

杨捷 黑龙江农垦科技职业技术学院

杨清香 新疆轻工职业技术学院

杨玉红 鹤壁职业技术学院

杨玉珍 郑州师范学院

杨月华 烟台工程职业技术学院

俞启平 江苏建康职业学院

袁仲 商丘职业技术学院

张虎成 北京电子科技职业学院

张税丽 平顶山工业职业技术学院

张新红 阜阳职业技术学院

周光皎 亳州职业技术学院

# 前言

基于工作过程导向的教材开发,已成为近年来职业教育改革的热门话题,教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》中明确指出,高等职业院校要根据技术领域和职业岗位(群)的任职要求,参照相关的职业资格标准,改革课程体系和教学内容,建立突出职业能力培养的课程标准,规范课程教学的基本要求,提高课程教学质量。本教材正是按照这一精神,结合生化、食品和制药等相关行业,由10所院校基于工作过程共同编写的。

在编写过程中,编者本着“创设近真实工作环境,培养近真实工作技能”的原则,在教材中积极反映生化行业新技术、新成果,并尽量选择生化行业现有产品为分析对象,渗透相关知识。

在编写过程中,编者还吸收了近年来高职院校在探索培养技术应用型专门人才方面所取得的成功经验和教学改革成果,精选教材内容,加强与企业的联系,力求使教材简明易懂和更具实战性。本教材根据高职学生岗位综合技能培养的要求,分析了生化产品生产岗位(群)的工作任务,根据工作情景将生化产品的生产划分为七个模块,每个模块又分为若干个学习项目,有的项目根据需要安排有相应的技能训练。

本书按“教学做合一”的编写思路,以产品的生产流程为主体,将素质教育的内容贯彻其中。教材内容的范围和深度与相应生化产品的生产线、生产设备、产品相应岗位(群)的要求紧密挂钩,实践性、应用性强,并以模块、项目、任务代替了篇、章、节。本教材是针对每一个工作环节编写出来的,以实现实践技能与理论知识的整合,使同学们通过本教材的学习,做到举一反三和触类旁通。

本教材的编写理念如下:

以提高课程教学质量为核心,进行基于工作过程的课程开发与设计;

以岗位和工作任务要求为导向,精选教学内容;

以真实的工作环境为依托,实现理实一体化的项目导向教学模式;



以岗位工作标准制定课程评价体系,注重实践成果和职业素质考核;

以职业技能培养为主线,实现人才培养与行业的市场需求接轨。

本书由胡斌杰、胡莉娟、公维庶担任主编,由熊海燕、张艳芳、付艳担任副主编。全书编写分工如下:模块一、模块四中的项目2由杨春燕编写,模块二中的项目1由陈金峰编写,模块二中的项目2、项目3由张艳芳编写,模块二中的项目4由王鹏编写,模块三中的项目1、项目2由熊海燕编写,模块三中的项目3由公维庶编写,模块三中的项目4由姚莉编写,模块四中的项目1由胡斌杰编写,模块五中的项目1和模块七由胡莉娟编写,模块五中的项目2、项目3、项目4由付艳编写,模块六由杨新建编写。

由于编者水平有限,书中不妥及疏漏之处在所难免,恳请读者提出宝贵意见,以便进一步修改提高。

编 者  
2011年8月

# 目录

<b>模块一</b>	<b>绪论</b>	(1)
	任务 1 发酵及发酵技术概述	(1)
	任务 2 发酵工业菌种的分离、选育与培养	(4)
	任务 3 发酵工业微生物菌种的保藏	(13)
	思考题	(18)
<b>模块二</b>	<b>调味品的生产</b>	(19)
	<b>项目 1 酱油生产技术</b>	(19)
	预备知识 酱油的生产历史和分类	(19)
	任务 1 原料的选择及处理	(21)
	任务 2 种曲的制备	(24)
	任务 3 制曲	(27)
	任务 4 酱油发酵	(29)
	任务 5 酱油生产的后处理	(33)
	任务 6 成品酱油的质量标准及检测	(37)
	思考题	(38)
	技能训练 低盐固态发酵酱油的生产	(38)
	<b>项目 2 食醋生产技术</b>	(42)
	预备知识 食醋的生产历史和分类	(42)
	任务 1 原料的选择及处理	(44)
	任务 2 发酵剂的制备	(46)
	任务 3 食醋发酵	(55)
	任务 4 食醋质量标准及检测	(59)
	思考题	(61)
	技能训练 食醋的酿造——固态法制醋工艺	(61)
	<b>项目 3 腐乳生产技术</b>	(63)
	预备知识 腐乳的生产历史和分类	(63)
	任务 1 腐乳生产的原辅材料	(66)
	任务 2 腐乳酿造中的微生物	(69)



任务 3 腐乳生产工艺 .....	(71)
任务 4 腐乳生产常见问题及质量标准 .....	(76)
思考题 .....	(80)
技能训练 豆腐乳的制作 .....	(80)
<b>项目 4 味精生产技术 .....</b>	<b>(82)</b>
预备知识 1 味精简介 .....	(82)
预备知识 2 谷氨酸发酵 .....	(84)
任务 1 谷氨酸发酵 .....	(85)
任务 2 谷氨酸提取 .....	(92)
任务 3 谷氨酸制备味精 .....	(93)
任务 4 谷氨酸发酵生产味精的质量标准、检测及 鉴别 .....	(96)
思考题 .....	(98)
技能训练 谷氨酸发酵味精的生产 .....	(98)
<b>模块三 酒类的生产 .....</b>	<b>(101)</b>
<b>项目 1 啤酒生产技术 .....</b>	<b>(101)</b>
预备知识 啤酒的文化历史和品种 .....	(101)
任务 1 麦芽制备 .....	(104)
任务 2 麦汁制备 .....	(109)
任务 3 啤酒发酵 .....	(112)
任务 4 成品啤酒 .....	(114)
思考题 .....	(115)
技能训练 1 啤酒酵母的质量检查 .....	(116)
技能训练 2 协定法糖化试验 .....	(119)
技能训练 3 啤酒主发酵 .....	(120)
<b>项目 2 葡萄酒生产技术 .....</b>	<b>(122)</b>
预备知识 1 葡萄酒的文化历史和品种 .....	(122)
预备知识 2 葡萄的品种和成分 .....	(125)
任务 1 葡萄汁的制备 .....	(125)
任务 2 葡萄酒的酿造 .....	(129)
任务 3 葡萄酒的储存 .....	(134)
任务 4 葡萄酒的质量检测 .....	(137)
思考题 .....	(137)
技能训练 葡萄酒的制作 .....	(137)
<b>项目 3 黄酒生产技术 .....</b>	<b>(140)</b>
预备知识 黄酒的文化历史和品种 .....	(140)
任务 1 原料的选择与处理 .....	(141)



任务 2 糖化发酵剂的制备 .....	(144)
任务 3 黄酒的酿造工艺 .....	(153)
任务 4 黄酒的后处理 .....	(159)
任务 5 黄酒的质量检测 .....	(162)
思考题 .....	(164)
技能训练 黄酒的生产 .....	(165)
<b>项目 4 白酒生产技术 .....</b>	<b>(166)</b>
预备知识 白酒的生产历史和分类 .....	(166)
任务 1 原辅材料的处理 .....	(170)
任务 2 大曲生产技术 .....	(173)
任务 3 浓香型大曲酒的生产工艺 .....	(180)
任务 4 小曲生产技术 .....	(185)
任务 5 小曲白酒的生产工艺 .....	(189)
任务 6 白酒的质量检测 .....	(190)
思考题 .....	(192)
技能训练 清香型大曲酒的酿造 .....	(192)
<b>模块四 乳制品及有机酸发酵技术 .....</b>	<b>(195)</b>
<b>项目 1 发酵乳制品生产技术 .....</b>	<b>(195)</b>
预备知识 1 发酵乳制品的定义和分类 .....	(195)
预备知识 2 发酵乳制品中的微生物 .....	(199)
任务 1 乳酸发酵剂的制备 .....	(201)
任务 2 酸乳的发酵生产 .....	(204)
任务 3 干酪的生产 .....	(212)
思考题 .....	(215)
技能训练 凝固型酸乳的制作 .....	(215)
<b>项目 2 柠檬酸生产技术 .....</b>	<b>(217)</b>
预备知识 1 有机酸概述 .....	(217)
预备知识 2 柠檬酸发酵机制 .....	(218)
任务 1 柠檬酸的液态深层发酵 .....	(219)
任务 2 柠檬酸的提取方法 .....	(222)
思考题 .....	(224)
<b>模块五 药物类发酵技术 .....</b>	<b>(225)</b>
<b>项目 1 青霉素的发酵生产 .....</b>	<b>(225)</b>
预备知识 青霉素概述 .....	(225)
任务 1 生产孢子的制备 .....	(225)
任务 2 种子罐和发酵罐培养工艺 .....	(226)



任务 3 发酵 .....	(226)
任务 4 青霉素的提炼 .....	(228)
思考题 .....	(229)
技能训练 青霉素发酵生产技术 .....	(229)
<b>项目 2 氨基酸类药物发酵技术 .....</b>	<b>(231)</b>
预备知识 氨基酸类药物的发展和特性概述 .....	(231)
任务 1 氨基酸的粗制 .....	(235)
任务 2 氨基酸的分离 .....	(239)
任务 3 氨基酸的浓缩 .....	(241)
任务 4 氨基酸的纯化 .....	(243)
任务 5 氨基酸的干燥 .....	(243)
思考题 .....	(243)
技能训练 赖氨酸发酵实训 .....	(244)
<b>项目 3 维生素发酵技术 .....</b>	<b>(246)</b>
预备知识 维生素概述 .....	(246)
任务 1 维生素 B <sub>2</sub> 的生产 .....	(248)
任务 2 维生素 C 的生产 .....	(252)
任务 3 维生素 B <sub>12</sub> 的生产 .....	(255)
思考题 .....	(259)
<b>项目 4 核酸类药物发酵技术 .....</b>	<b>(260)</b>
预备知识 核酸类药物的概述 .....	(260)
任务 1 肌苷的发酵生产 .....	(263)
任务 2 三磷酸腺苷的发酵生产 .....	(266)
思考题 .....	(268)
<b>模块六 酶制剂的发酵 .....</b>	<b>(269)</b>
<b>项目 1 纤维素酶的发酵 .....</b>	<b>(269)</b>
预备知识 纤维素酶的特点及应用 .....	(269)
任务 1 纤维素酶产生菌的分离筛选、鉴定与育种 ..	(272)
任务 2 纤维素酶的活性测定 .....	(274)
任务 3 纤维素酶产生菌培养条件的优化 .....	(275)
任务 4 纤维素酶产生菌的发酵生产 .....	(279)
任务 5 纤维素酶的分离纯化 .....	(283)
思考题 .....	(285)
技能训练 1 纤维素酶的固态发酵生产 .....	(285)
技能训练 2 纤维素酶的液态发酵生产 .....	(287)
<b>项目 2 糖化酶的发酵 .....</b>	<b>(291)</b>
预备知识 糖化酶的基本特点 .....	(291)

任务 1 糖化酶产生菌的分离筛选与选育 .....	(294)
任务 2 糖化酶产生菌培养条件的优化及发酵工艺 .....	(296)
任务 3 糖化酶的分离提取及性质分析 .....	(297)
思考题 .....	(299)
技能训练 1 糖化酶的固态发酵生产 .....	(300)
技能训练 2 糖化酶的液态发酵生产 .....	(303)
<b>模块七 新型发酵技术 .....</b>	<b>(306)</b>
<b>项目 1 固定化细胞生产技术 .....</b>	<b>(306)</b>
预备知识 固定化细胞技术简介 .....	(306)
任务 固定化细胞的生产 .....	(306)
思考题 .....	(310)
技能训练 1 用固定化细胞连续发酵生产酸牛奶 .....	(310)
技能训练 2 固定床反应器发酵生产 L-(+)-乳酸 .....	(312)
<b>项目 2 中空纤维酶膜反应器制取麦芽低聚糖 .....</b>	<b>(313)</b>
预备知识 酶膜反应器简介 .....	(313)
任务 酶膜反应器制取麦芽低聚糖 .....	(313)
思考题 .....	(315)
<b>参考文献 .....</b>	<b>(316)</b>

# 模块一

## 绪论



### 任务1 发酵及发酵技术概述

#### 一、什么是发酵和发酵技术

从古到今,人们看到、吃到的很多东西,如酱油(sauce)、泡菜(pickled vegetables)、干酪(cheese)、酒精(alcohol)和现在普遍使用的各种抗生素、各种酶等都是通过发酵的方法获得的产品。那么什么是发酵?生物化学家和工业微生物学家对发酵给出了不同的定义。从生物化学的角度来看,发酵是指在无氧条件下一个有机化合物能同时作为电子供体和最终电子受体并产生能量的过程。例如酵母菌的乙醇发酵过程,酵母菌在无氧条件下作用于麦汁中的糖,分解糖分子并失去分子内的电子,而电子的最终受体为糖的分解产物乙醛,乙醛接受电子后被还原为乙醇。此过程为生物化学意义上典型的“发酵”。

简言之,生物化学家认为“发酵”是酵母菌在无氧状态下的呼吸过程,是生物获得能量的一种形式。现代发酵的定义则将利用微生物在有氧或无氧条件下的生命活动来制造产品的过程叫做发酵。微生物学家拓宽了原发酵的定义,认为发酵是指通过大规模培养微生物来生产产品的过程,既包括微生物的厌氧发酵也包括好氧发酵。

发酵技术是指以微生物为主要操作对象的生物工程技术。伴随着生命科学与生物技术的发展,发酵技术及其相关应用领域也越来越活跃,发酵技术不仅是工业生物技术的重要组成部分,更是生物技术产业化的关键。发酵技术在工业、农业、卫生保健及其环境的可持续发展等领域将发挥巨大的作用。

#### 二、发酵工业发展史

公元前 6000 年,苏美尔人和巴比伦人已经会制作啤酒。公元前 221 年,我国劳动人民已经懂得制酱、酿醋、制作豆腐。考古发掘证实,龙山文化时期(距今约 4200 年)我国已有酒器出现。人类祖先必须面对的一项严峻挑战是与疾病作斗争,公元 10 世纪,中国就有预防天花的活疫苗。1673 年,荷兰人列文虎克(Leeuwenhoek)制成显微镜,首先观察到了微生物(microbe)。19 世纪 60 年代,法国科学家巴斯德(L. Pasteur)首先证实酒精



发酵是由酵母菌引起的,其他不同的发酵产物是由不同的微生物作用而形成的,由此建立了纯种培养技术。

19 世纪末到 20 世纪 20—30 年代,发酵工业兴起,这时期的发酵产品有酒精、乳酸(lactic acid)、丙酮-丁醇(acetone-butanol)、柠檬酸(citric acid)、蛋白酶(proteinase)等。近代发酵技术产品出现在 20 世纪 40 年代,以抗生素的生产为标志。抗生素的出现为发酵工业翻开了一个新的篇章,因为抗生素的大罐、无菌、深层发酵才是真正现代意义发酵工业的开始。最初采用表面培养法(surface culture method)生产,以麸皮为培养基(medium),发酵效价单位为 40 U/mL,纯度 20%,收率 30%。1943 年,美英科学家研究用 5 m<sup>3</sup>的机械通风发酵罐进行深层通风发酵,发酵效价单位提高到 200 U/mL,纯度 60%,收率 75%。这之后出现了一系列优秀的发酵产品,例如赤霉素、链霉素(streptomycin)、新霉素(neomycin)。

20 世纪 50 年代初,生物转化技术兴起,即利用微生物将某种基因加入到某些大分子化合物上,由此改变这些大分子的特性,从而转化生产出具有新特性的化合物。

20 世纪 60 年代末,利用微生物发酵生产氨基酸的技术获得成功并迅速发展。1969 年,日本科学家首先将固定化酶(immobilized enzyme)用于氨基酸的光学拆分。目前,人们常应用固定化异构酶(immobilized isomerase)生产果葡糖浆(fructose syrup)和应用固定化酰化酶(immobilized acylase)生产 6-氨基青霉烷酸(6-amino penicillanic acid)。20 世纪 60 年代末,人们发现并应用了蛋白酶和其他酶抑制剂,极大地推动了生物活性物质的寻找与开发。

20 世纪 70 年代初,基因工程技术的成功、发展与完善,使人类按照自己的意愿设计、培养菌株成为可能。1977 年,波义耳实验室首先用基因操作(genetic manipulation)手段获得了生长激素释放抑制因子的克隆。1978 年,吉耳伯特(Gilbert)接着获得了鼠胰岛素(mouse insulin)的克隆。

20 世纪 80 年代,随着生物技术的发展,发酵技术又有了迅猛的进展。例如,体外 DNA 重组技术在微生物育种方面得到实际应用后,就有可能按照预定的蓝图选育菌种来生产所需要的产物,这类菌种被称为“工程菌”。工程菌可以生产一般微生物所不能生产的产品,如胰岛素、干扰素、超氧化物歧化酶(SOD)等。

### 三、发酵产品类型

发酵产品的类型繁多,根据其性质可大致分为四类:微生物菌体、酶、微生物的代谢产物、微生物的转化产物。

#### 1. 微生物菌体

微生物菌体的发酵是以获得具有多种用途的微生物菌体细胞为目的的。制作面包,生产加工菌体蛋白食品,提取药用真菌(如从多孔菌科的茯苓菌获得名贵中药茯苓和从担子菌获得灵芝等药用菌)等都涉及微生物菌体的发酵。

#### 2. 酶

酶(enzyme)最初来源于动、植物组织中,目前工业应用的酶大多来自微生物的发酵。利用发酵法生产制备并提取微生物生产的各种酶,已经是当今发酵工业的重要组成部分。

微生物酶的发酵特点是生产容易,成本低。所生产的酶制剂有广泛的应用:在食品和轻工业中,如用于生产葡萄糖的淀粉酶和糖化酶;用于氨基酸光学拆分的氨基酰化酶,也用于医药生产和医疗检测中;葡萄糖氧化酶(glucose oxidase)用于检测血液中葡萄糖的含量。另外还有蛋白酶、脂肪酶、药用酶等。利用微生物生产的菌体胞内酶(endoenzyme)和菌体胞外酶(exoenzyme)应用较多,也会用到利用现代化的生物技术提取得到的酶纯品。

### 3. 微生物的代谢产物

微生物的代谢产物是发酵工业中种类最多,也是最重要的产品之一。这类产品有两类。第一类是初级代谢产物(primary metabolite),如氨基酸、核苷酸、核酸、蛋白质等,它们是菌体生长所必需的。初级代谢产物在经济上具有相当的重要性。第二类是次级代谢产物(secondary metabolite),如抗生素、生物碱、毒素、激素、维生素、植物生长因子等,这些产物与菌体的生长繁殖无明显关系,是菌体在生长的稳定期合成的具有特定功能的产物。次级代谢产物在细胞中的产量很低,而且并不是所有的微生物都能进行次级代谢,但是次级代谢产物对发酵工业具有很重要的意义,所以受到了人们的关注。次级代谢产物的特殊作用因种类不同而异,有的具有明显的抗菌性,有的是细胞生长的促进剂,有的是特殊的酶抑制剂,许多次级代谢产物还有药理学性质。

### 4. 微生物的转化产物

微生物的转化作用是通过微生物细胞将一个化合物转变为另一结构相关、更具经济价值的化合物。微生物的转化作用比使用特定的化学试剂有更多的优点,反应是在常温下进行的,而且不需要重金属催化剂。微生物转化过程的优势是先生产大量菌体,然后催化单一反应。固定化技术的出现,使得微生物转化作用这一优势更加突出。固定化的具体做法是将全细胞或其中有催化作用的酶固定在惰性载体上,这种具有催化作用的固定化细胞或酶可以反复多次使用。

## 四、发酵产品的特点与发展趋势

发酵产品是利用微生物在有氧或无氧条件下的生命活动来制造出来的产品。发酵产品的特点可以归纳为以下几个方面。

### 1. 生产条件温和

发酵产品从酒、酱油等传统的酿造产品,到现在的抗生素、氨基酸、酶以及生产新型能量的乙醇、乙烯等都是在常温、常压、能耗低、选择性好、效率高的生产条件下进行生产的,各种设备不必考虑防爆问题,不使用有毒试剂。

### 2. 发酵产品原料易得

发酵产品原料多以淀粉、糖蜜等碳水化合物为主,加入少量的有机和无机氮源,原料只要不含有对生命有害的物质,一般不需要对原料进行预处理。

### 3. 技术发展快

生产技术的迅猛发展加快了发酵技术的更新与发展,酶、细胞器固定化技术的出现,简化了工艺,节约了设备,降低了生产成本,提高了产品质量。发酵趋于管道化、连续化、



自动化,计算机自控仪表的应用提高了发酵技术的应用水平,能生产之前不能生产的或用化学法较难生产的性能优异的产品。

#### 4. 生产过程需防止杂菌的污染

发酵生产过程中最需要注意的是各种杂菌的污染,尤其是噬菌体的侵入危害很大,有时甚至是致命的,因此,生产过程的灭菌工作十分重要,它决定着生产的成败。

### 五、发酵工业发展趋势

现代发酵技术的应用已经冲击到包括传统的食品发酵业、制药业、有机酸制造业、饲料业等各个产业。人们已经感受到了现代科学技术所带来的好处,如运用基因工程、细胞工程和酶工程改良菌种,采用高产工程菌并利用现代工业手段从多方面对发酵生产的旧工艺进行改造,扩大了规模,降低了成本,开发了品种,提高了质量。随着生物技术的突破性发展,人类将通过设计和构建新一代的工业生物技术,使各类可再生生物资源高效快速地转化为新的资源和能源。近年研究的热点主要集中在以下几个方面。

① 利用现代化的手段对微生物加以筛选和改造,以形成更符合工业生产需要的新菌种的工业微生物育种技术。

② 利用先进的生产工艺高速地对某种微生物进行大量的纯培养,即工程菌的克隆。

③ 从微生物中分离有用物质,如利用微生物以一些廉价的废弃物作底物生产单细胞蛋白质等。例如,有一种被称作单细胞蛋白的新型动物饲料,就是利用发酵工程以农作物秸秆、造纸废液等废弃物培养藻类、放线菌、细菌、酵母菌等单细胞生物而获得的高产产品,它不仅含有高蛋白,而且含有丰富的维生素和脂类等,既是家禽、家畜的良好饲料,又可用于生产高营养的人造蛋白食品。

④ 微生物初级和次级代谢产物的发酵生产,如生产氨基酸、抗生素等生理活性物质。由于人们对微生物代谢网络的深入研究及 DNA 重组技术的不断完善,利用基因克隆技术改变微生物代谢途径中的某些关键步骤,可以使产物的产率得以大幅度提高。通过基因重组技术改变微生物的代谢途径,还可以开发出传统发酵工业无法生产的新产品。

⑤ 发酵产物的分离纯化和加工后处理。影响发酵产品价格的因素,首当其冲的是分离与纯化过程,其费用通常占生产成本的 50%~70%,有的甚至高达 90%。分离步骤多、耗时长,往往成为制约生产的“瓶颈”。寻求经济适用的分离纯化技术,已成为生物化工领域的热点。已大规模应用的分离纯化技术有双水相萃取、新型电泳分离、大规模制备色谱、膜分离等。

⑥ 利用微生物控制或参与工业生产,如采矿、冶金等。微生物生物反应器的研究开发,如新型发酵装置、生物传感器的研究和应用电子计算机控制的自动化连续发酵技术的研究等。



## 任务 2 发酵工业菌种的分离、选育与培养

在发酵技术中,微生物菌种的分离、选育与培养工作是整个生产过程的核心工作,菌种的好坏将直接影响到发酵的成败,因此如何对微生物菌种进行分离纯化,如何选育出高

产的菌株,都是发酵生产中必须考虑的关键的问题。

我国幅员辽阔,各地气候条件、土质条件、植被条件差异很大,微生物的资源非常的丰富,这为自然界中各种微生物提供了良好的生存环境。自然界中微生物种类繁多,广泛分布于土壤、水和空气中,尤以土壤中最多。自然界中的微生物估计不少于几十万种,但目前已为人类研究及应用的不过千余种。有的微生物从自然界中分离出来就能被利用,有的需要对分离到的野生菌株进行人工诱变,得到突变株才能被利用。由于微生物到处都有,无孔不入,所以它们在自然界大多是以混杂的形式群居于一-起的。而现代发酵工业是以纯种培养为基础,故采用各种不同的筛选手段,挑选出性能良好、符合生产需要的纯种微生物是工业育种的关键一步。

## 一、工业生产常用的微生物

### 1. 细菌

细菌(bacteria)是自然界分布最广、数量最多的一类微生物,属单细胞原核生物,以比较典型的二分裂方式繁殖。工业生产常用的细菌有:枯草芽孢杆菌、醋酸杆菌、短杆菌、棒状杆菌、节杆菌。用于生产淀粉酶、乳酸、氨基酸、乙酸等。

### 2. 酵母菌

酵母菌(yeast)为单细胞真核生物,在自然界中普遍存在,主要分布于含糖较多的酸性环境中,如水果、花蜜和植物叶子以及果园土壤中。酵母菌多为腐生,常以单个细胞存在,以芽殖形式进行繁殖,母细胞体积长到一定程度时就开始形成芽体。芽体长大的同时母细胞缩小,在母、子细胞间形成隔膜,最后形成同样大小的子细胞,如果子芽不与母细胞脱离就形成链状细胞,称为假菌丝。在发酵生产旺期,常出现假菌丝。工业上用的酵母菌有啤酒酵母、假丝酵母、类酵母等,分别用于酿酒、制造面包、生产脂肪酶以及生产食用、药用和饲料用酵母菌体蛋白等。

### 3. 霉菌

霉菌(mould)不是一个分类学上的名词。凡生长在营养基质上形成绒毛状、网状、絮状菌丝的真菌统称为霉菌。霉菌在自然界分布很广,它喜欢偏酸性环境,大多数为好氧菌,多腐生,少数寄生。霉菌的繁殖能力很强,它以无性孢子和有性孢子方式进行繁殖,多以无性孢子繁殖为主。工业上常用的霉菌有藻状菌纲的根霉、犁头霉,子囊菌纲的红曲霉,半知菌类的曲霉、青霉等,可用以生产多种酶制剂、有机酸、抗生素及甾体激素等。

### 4. 放线菌

放线菌(actinomycetes)因菌落呈放线状而得名。它是一个原核生物类群,分布很广,尤其在含有有机质丰富的微碱性土壤中分布较广。放线菌主要以无性孢子进行繁殖,也可借菌丝片段进行繁殖。它的最大经济价值在于能产生多种抗生素。从微生物中发现的抗生素,有60%以上是放线菌产生的,如链霉素、红霉素、金霉素、庆大霉素等。工业上常用的放线菌主要来自链霉菌属、小单孢菌属和诺卡菌属等。

### 5. 担子菌

所谓担子菌就是人们通常所说的菇类(mushroom)微生物。担子菌资源的利用正引





起人们的重视,如多糖、抗癌药物的开发。近年来,日本、美国等一些科学家对香菇的抗癌作用进行了深入的研究,发现香菇中 1,2-葡萄糖苷酶及两种糖类物质具有抗癌作用。

### 6. 藻类

藻类(alga)是自然界分布极广的一类自养微生物资源,许多国家已把它用作人类保健食品和饲料。培养螺旋藻,按干重计算每公顷可收获 60 t,而种植大豆每公顷才可收获 4 t;从蛋白质产率来看,螺旋藻是大豆的 28 倍。有的国家已建立培植单胞藻的农场,每年每公顷栽培场所培植的单胞藻按 5%干物质为碳水化合物(石油)计算,可得 60 t 石油燃料。国外还有从“藻类农场”获取氢能的报道,大量培养藻类,利用其光合放氢来获取氢能。

工业上常用的微生物见表 1-1。

表 1-1 工业上常用的微生物

微生物类别	微生物名称	产 物	用 途
细菌	短杆菌	味精、谷氨酸	医药、食用
		肌苷酸	医药、食用
	枯草芽孢杆菌	蛋白酶	皮革脱毛柔化、胶卷回收银、丝绸脱胶、水解蛋白饲料、酱油速酿、明胶制造、洗衣业
		淀粉酶	酒精发酵、啤酒发酵、糊精制造、葡萄糖制造、纺织品退浆、洗衣业、香料加工
	巨大芽孢杆菌	葡萄糖异构酶	由葡萄糖制造果糖
	大肠杆菌	酰胺酶	制造新型青霉素
	梭状杆菌	丙酮-丁醇	工业有机溶剂
	节杆菌	强的松	医药
	蜡状芽孢杆菌	青霉素酶	青霉素的检定、抵抗青霉素敏感症
酵母菌	酒精酵母	酒精	工业、医药
	酵母	甘油	医药、军工、化妆品
	啤酒酵母	细胞色素	医药
		辅酶 A	医药
		酵母片	医药
		凝血质	医药
	假丝酵母	环烷酸	工业
		石油及蛋白	制造低凝固点石油及酵母菌体蛋白等
	类酵母	脂肪酶	医药、纺织脱蜡、洗衣业
	脆壁酵母	乳糖酶	食品工业
阿氏假囊酵母	核黄素	医药	