

# 微生物与人类

平文祥周东坡编著

中国科学技术出版社  
· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

微生物与人类 文祥 周东坡编著 北京:中国科学技术出版社 2005  
陈平 周文祥 周东坡 文祥 周东坡 文祥 周东坡 文祥 周东坡 文祥 周东坡

摇 I 微生物...摇 II 陈平... ②周... III 微生物 原关系 原人类 原研究摇 IV 微生物学

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 000000 号

自 2005 年 1 月起本社图书封面均贴有防伪标志,未贴防伪标志的为盗版图书。

责任编辑 杨艳

责任校对 林华

责任印制 安利平

中国科学技术出版社出版

北京市海淀区中关村南大街 27 号 邮编 100044

电话 010-62594174 传真 010-62594175

网址: <http://www.cstpp.com>

科学普及出版社发行部发行

北京长宁印刷有限公司印刷

\*

开本 787 毫米 1092 毫米 1/32 印张 1.5 插页 0 字数 30 千字

2005 年 1 月第 1 版 2005 年 1 月第 1 次印刷

定价 5.00 元

陈平 周文祥 周东坡 文祥 周东坡 文祥 周东坡 文祥 周东坡 文祥 周东坡

(凡购买本社的图书,如有缺页、倒页、  
脱页者,本社发行部负责调换)

# 序

正如美国科学院前院长 ~~戈森斯~~ 于 20 世纪后期在其所著的《生命科学与人类的未来》一书中所讲的那样：“大约在 1954 年前，由于生物化学、微生物学如遗传学的融合，使得生命科学进入了分子生物学时代。”而 21 世纪人类社会已悄然步入了生命科学的新时代。

在现代生物技术、现代信息技术、新能源技术、新材料技术等发展腾飞的 21 世纪，人类社会在生命科学领域的发展上预期将会有许多崭新的突破。尤其现代生物技术本身在短短的几十年中已经经历了三代生物技术阶段，如从第一代的基因工程发展到了第二代的蛋白质工程，乃至第三代的代谢途径工程；从细胞水平深化至分子水平直至亚分子水平；从以基因芯片、基因组学为代表的核酸研究发展至以抗体工程、蛋白质组学等为代表的蛋白质研究，进而发展了糖链科学；从传统的单纯预防性疫苗发展至现代的基因工程疫苗、治疗性疫苗、计划生育疫苗等；从传统的多克隆抗体发展至第二代的单克隆抗体，直至第三代的基因工程抗体；从基因治疗至生物导弹药物，乃至自动生化药物筛选技术；从生物发酵工程发展到代谢调控工程；从普通的生物技术发展至海洋生物技术和宇航生物技术；从一般生物技术发展成为系统生物技术，而在现代生物技术发展的进程中，微生物则起到了重要的主角如带头作用。故此，在 21 世纪末就有人说：“人类社会已经进入了微生物学飞速发展的新时代。”

微生物世界纷纭繁杂、五彩缤纷，微生物非但分布广，而且种类多、数量大，微生物与人类的关系极其密切。平文祥教授与周东坡教授从事微生物学的教学与科研工作多年，积累了丰富的教学与科研经验，多年来在国家自然科学基金、省部级重大、重点攻关课题的资助之下，获得了数项省部级科技成果奖。作者结合本人的科研成果撰写了这部专著《微生物与人类》，从微生物与人类的关系（亲密的朋友或凶恶的敌人）、微生物的共性及其主要类群、人类研究微生物的历史、研究方法、传染和免疫、微生物所致的主要传染病、写到了微生物与环境、工业微生物、农业微生物乃至未来的微生物。该专著体例新颖，系统完整，知识的先进性和科学性强，深入浅出，图文并茂，重点突出，通俗易懂，是一部不可多得，可读性强的优秀学术专著。据此，我愿意向各位同行、本科生、研究生们推荐这部著作。

中国科学院院士：

2006 年 6 月 18 日

# 前摇言

在现代生物技术、现代信息技术、新能源技术、新材料技术等发展腾飞的 21 世纪，生命科学的发展更为神速，以发展成了自然科学中的带头学科。在短短的几十年中现代生物技术的发展就经历了三代发展过程，如第一代的细胞工程、基因工程、酶工程、发酵工程、生化工程；第二代的蛋白质工程、抗体工程、糖链工程、生物芯片技术、人类基因组计划；第三代的代谢途径工程、人类后基因组计划与人类的蛋白质组计划、自动生化药物筛选技术、海洋生物技术、宇航生物技术、下游工程技术、基因治疗技术、生物导弹药物技术等等。如此种种，使得现代生物技术在各国国民经济的发展中和各国国民生产总值的贡献率上均发挥着极其重要的作用。因此，经济学家称：“生物经济时代即将到来！”

人们发现微生物存在的历史不过 30 亿余年，而微生物学创立仅仅有 150 余年的历史。但微生物学对于生命科学的飞速发展，尤其是对生命科学进入分子生物学时代、现代生物技术本身的超速发展、人类健康长寿以及生物经济时代的到来，均起着重要主角和带头作用。所以说：“微生物飞速发展的新时代已经来到了！”

微生物个体虽然很小，但微生物世界却十分庞大。微生物的种类极多、多姿多彩、分布广泛、数量甚大。微生物与人类的关系极其密切，它每天都在影响着人们的饮食、服装、医药、健康、寿命、生产、生活等诸多领域。为了更好地认识、了解和掌握各类微生物的形态、生化特性、生理、代谢等各种规律，更有效地防治有害或致病微生物、保障人畜健康、财物安全，更好地改造和利用有益微生物为人类造福，特撰写本书，以飨读者。

本书作者在总结了多年教学与科研工作经验的基础上，整理了作者多项受国家自然科学基金、教育部攻关项目、省重大攻关项目、重点项目、省自然科学基金课题与厅局级重点攻关项目的资助项目成果与获奖成果，结合大量近年来的国内外文献，尤其突出了在此领域中的新理论、新技术及其最新进展撰写而成的。本书的内容丰富，结构严谨，系统完整，体例新颖。整部著作从始至终贯穿了微生物与人类关系的主线，既注重了知识的前瞻性、科学性与先进性，又注重了语言的通顺流畅，图文并茂。

本书共分七章，第一章绪论，第二章传染与免疫，第三章微生物所致的主要传染病，第四章微生物与环境，第五章工业微生物，第六章农业微生物，第七章未来的微生物学，每章之后均列出了该章的主要参考文献，以供读者深入查阅。

本书的撰写问世，应感谢国家基金委、黑龙江省科技厅、黑龙江省教育厅、哈尔滨市科技局对作者科研项目的资助，感谢黑龙江大学学校领导、研究生处、科研处、人事处、研究生学院等领导对本书的亲切关注，感谢中国科学技术出版社的热情支持、大力合作，衷心地感谢责任编辑杨艳先生的辛勤劳动和对书稿的细心雕琢。对赵凯、迟彦、金涛博士，研究生王颖、朱婧、宋刚、赵丹、张丽娜、张龙丰、庄海霖、王璇、韩雅红、陈旻、段

魏、戴伟、孙宇石、金媛媛、孙传珍、张磊、孙云娟、葛楠、俞佳、曹迪、孙艳红等同学在本书编著过程中进行的资料搜集、整理等基础工作以及最后的排版工作等所付出的辛劳,也在此一并表示真诚的感谢!

本专著可供从事生命科学相关专业的科研及生产单位的技术人员参考,也可供综合大学、师范院校、理工科大学的生物技术、生物工程、生物制药、生物科学、食品工程、环境工程等专业和农、林、医科大学相关专业的本科生与研究生使用,还可供相关专业的医师、检验师、检疫师、药师与科技人员参考。

由于时间仓促和水平有限,纰漏之处在所难免,恳请各位读者批评指正。

作摇摇者

圆园年 月 日于哈尔滨

# 目 录

第一章 绪 论 .....	( 1 )
第一节 微生物与人类的关系 .....	( 1 )
一、离开微生物人无法生存——是亲密的朋友 .....	( 1 )
二、微生物可致人于死地——是凶恶的敌人 .....	( 2 )
第二节 微生物的共性及其主要类群 .....	( 3 )
一、微生物共性 .....	( 3 )
二、微生物的主要类群 .....	( 3 )
第三节 人类研究微生物的历史 .....	( 3 )
一、我国古代人民对微生物的研究 .....	( 3 )
二、近代国外的微生物研究进展 .....	( 3 )
三、当代人类对微生物的认识与利用 .....	( 3 )
第四节 人类研究微生物的方法 .....	( 3 )
一、灭菌技术 .....	( 3 )
二、微生物的分离培养方法 .....	( 3 )
三、微生物检测方法 .....	( 3 )
四、微生物分类鉴定方法 .....	( 3 )
五、微生物育种方法 .....	( 3 )
参考文献 .....	( 3 )
第二章 传染与免疫 .....	( 3 )
第一节 概 念 .....	( 3 )
一、传染与传染病 .....	( 3 )
二、免 疫 .....	( 3 )
第二节 微生物是怎样造成传染病的 .....	( 3 )
一、微生物与人类的关系 .....	( 3 )
二、微生物的感染与传染病的发生 .....	( 3 )
三、传染病的肆虐 .....	( 3 )
第三节 人类自身如何战胜传染病 .....	( 3 )
一、免疫系统 .....	( 3 )

摇摇二、免疫应答 .....	( 188 )
摇摇三、非特异性免疫 .....	( 190 )
摇摇四、特异性免疫 .....	( 195 )
摇第四节摇传染与预防 .....	( 198 )
摇摇一、传染病的预防与控制 .....	( 198 )
摇摇二、公共卫生系统 传染病的监护人 .....	( 199 )
摇摇三、国际旅行中传染病的预防 .....	( 200 )
摇摇四、空间旅行的传染病控制 .....	( 201 )
摇摇五、生物恐怖的威胁 .....	( 201 )
摇摇六、医院内感染传染病的控制 .....	( 201 )
摇参考文献 .....	( 202 )
第三章摇微生物所致的主要传染病 .....	( 203 )
摇摇一、病毒性疾病 .....	( 203 )
摇摇二、细菌性疾病 .....	( 203 )
摇摇三、真菌性疾病 .....	( 203 )
摇摇四、寄生虫疾病 .....	( 203 )
摇第一节摇鼠疫与炭疽 .....	( 203 )
摇摇一、鼠 疫 .....	( 203 )
摇摇二、炭 疽 .....	( 203 )
摇第二节摇天 花 .....	( 203 )
摇摇一、概 述.....	( 203 )
摇摇二、临床表现 .....	( 203 )
摇摇三、病原学 .....	( 203 )
摇摇四、流行病学 .....	( 203 )
摇摇五、防治方法 .....	( 203 )
摇摇六、人类战胜天花 .....	( 203 )
摇摇七、问题及展望 .....	( 203 )
摇第三节摇艾 滋 病 .....	( 203 )
摇摇一、概 述.....	( 203 )
摇摇二、临床表现 .....	( 203 )
摇摇三、病原学 .....	( 203 )
摇摇四、流行病学 .....	( 203 )
摇摇五、治疗与药物 .....	( 203 )

摇摇六、问题与展望 .....	(页码)
摇第四节摇传染性非典型肺炎 .....	(页码)
摇摇一、 <del>杂</del> 的主要临床表现 .....	(页码)
摇摇二、病毒的诊断和防治 .....	(页码)
摇摇三、病原学 .....	(页码)
摇摇四、流行病学 .....	(页码)
摇摇五、疫苗 .....	(页码)
摇摇六、问题和展望 .....	(页码)
摇第五节摇疯牛病 .....	(页码)
摇摇一、简要概述 .....	(页码)
摇摇二、临床 .....	(页码)
摇摇三、病原学 .....	(页码)
摇摇四、流行病学 .....	(页码)
摇摇五、问题及展望 .....	(页码)
摇第六节摇禽流感 .....	(页码)
摇摇一、概述 .....	(页码)
摇摇二、临床表现 .....	(页码)
摇摇三、病原学特征 .....	(页码)
摇摇四、流行病学 .....	(页码)
摇摇五、禽流感的防治 .....	(页码)
摇摇六、展望 .....	(页码)
摇摇七、结语 .....	(页码)
摇参考文献 .....	(页码)

第四章摇微生物与环境 .....	(页码)
摇第一节摇各种生态环境中的微生物 .....	(页码)
摇摇一、土壤生态环境的微生物 .....	(页码)
摇摇二、水生生态环境的微生物 .....	(页码)
摇摇三、大气生态环境的微生物 .....	(页码)
摇摇四、动物体中的微生物 .....	(页码)
摇摇五、植物体中的微生物 .....	(页码)
摇第二节摇极端环境下的微生物 .....	(页码)
摇摇一、嗜热微生物( <del>栽</del> ) .....	(页码)
摇摇二、嗜冷微生物( <del>孕</del> ) .....	(页码)

摇摇三、嗜酸微生物(嗜酸微生物)	(页码)
摇摇四、嗜碱微生物(嗜碱微生物)	(页码)
摇摇五、嗜盐微生物(嗜盐微生物)	(页码)
摇摇六、嗜压微生物(嗜压微生物)	(页码)
摇第三节摇微生物与生物环境间的相互关系	(页码)
摇摇一、共生关系	(页码)
摇摇二、互生关系	(页码)
摇摇三、寄生关系	(页码)
摇摇四、拮抗关系	(页码)
摇第四节摇微生物在环境保护中的作用	(页码)
摇摇一、环境污染的生物处理	(页码)
摇摇二、环境污染的生物整治	(页码)
摇摇三、微生物与废物综合利用	(页码)
摇第五节摇环境污染的微生物监测	(页码)
摇摇一、水质指示微生物——大肠菌群	(页码)
摇摇二、发光细菌的微毒检测	(页码)
摇摇三、致突变物的微生物检测	(页码)
摇摇四、硝化细菌的相对代谢率试验	(页码)
摇摇五、分子生态毒理学指标在环境监测中的应用	(页码)
摇摇六、免疫技术在环境微生物检测中的应用	(页码)
摇摇七、生物传感器技术	(页码)
摇参考文献	(页码)
第五章摇工业微生物	(页码)
摇第一节摇总论	(页码)
摇摇一、工业微生物的发展简史	(页码)
摇摇二、工业微生物的应用	(页码)
摇第二节摇食品微生物	(页码)
摇摇一、食品中的微生物	(页码)
摇摇二、微生物与酒类	(页码)
摇摇三、微生物与氨基酸	(页码)
摇第三节摇医药微生物	(页码)
摇摇一、微生物合成紫杉醇	(页码)
摇摇二、微生物与抗生素	(页码)

摇摇三、小分子肽防腐剂 .....	( 猿圆 )
摇摇第四节摇摇微生物与酶制剂 .....	( 猿圆 )
摇摇一、酶与酶制剂 .....	( 猿圆 )
摇摇二、酶制剂的工业生产 .....	( 猿圆 )
摇摇三、酶制剂的应用技术 .....	( 猿圆 )
摇摇第五节摇摇微生物冶金 .....	( 猿圆 )
摇摇一、微生物冶金的基本原理 .....	( 猿圆 )
摇摇二、用于冶金工业的细菌 .....	( 猿圆 )
摇摇三、微生物浸出工艺 .....	( 猿圆 )
摇摇四、微生物冶金的应用 .....	( 猿圆 )
摇摇五、微生物冶金的前景 .....	( 猿圆 )
摇摇参考文献 .....	( 猿圆 )
第六章摇摇农业微生物 .....	( 猿圆 )
摇摇第一节摇摇生物菌肥 .....	( 猿圆 )
摇摇一、概 述 .....	( 猿圆 )
摇摇二、微生物肥料的种类及应用 .....	( 猿圆 )
摇摇三、微生物肥料的作用 .....	( 猿圆 )
摇摇四、微生物肥料的作用机理 .....	( 猿圆 )
摇摇五、微生物肥料对生态农业的影响 .....	( 猿圆 )
摇摇六、展 望 .....	( 猿圆 )
摇摇第二节摇摇微生物农药 .....	( 猿圆 )
摇摇一、概 述 .....	( 猿圆 )
摇摇二、微生物杀虫剂 .....	( 猿圆 )
摇摇三、微生物杀菌剂 .....	( 猿圆 )
摇摇四、微生物除草剂 .....	( 猿圆 )
摇摇五、农用抗生素 .....	( 猿圆 )
摇摇六、生物农药的优点及其发展 .....	( 猿圆 )
摇摇七、生物农药的开发与应用 .....	( 猿圆 )
摇摇第三节摇摇微生物与微生态制剂 .....	( 猿圆 )
摇摇一、概 述 .....	( 猿圆 )
摇摇二、微生态制剂的种类 .....	( 猿圆 )
摇摇三、微生态制剂的作用机理 .....	( 猿圆 )
摇摇四、微生态制剂的应用 .....	( 猿圆 )

摇摇五、我国动物微生态制剂的研究开发现状 .....	(猿园)
摇摇第四节摇摇微生物饲料 .....	(猿园)
摇摇一、概述.....	(猿园)
摇摇二、微生物饲料添加剂 .....	(猿园)
摇摇三、微生物饲料 .....	(猿园)
摇摇第五节摇摇微生物能源 .....	(猿园)
摇摇一、概述.....	(猿园)
摇摇二、微生物制沼气 .....	(猿园)
摇摇三、微生物制酒精 .....	(猿园)
摇摇第六节摇摇微生物与生态环境 .....	(猿园)
摇摇一、概述.....	(猿园)
摇摇二、农药的微生物降解 .....	(猿园)
摇摇三、农膜的微生物降解 .....	(猿园)
摇摇四、光合微生物与环境 .....	(猿园)
摇摇五、微生物与堆肥 .....	(猿园)
摇摇参考文献 .....	(猿园)
第七章摇摇未来的微生物学 .....	(猿园)
摇摇一、微生物学蓬勃发展 .....	(猿园)
摇摇二、微生物的合理利用 .....	(猿园)
摇摇三、微生物在未来工业中的应用 .....	(猿园)
摇摇四、微生物在未来航天工业中的应用 .....	(猿园)
摇摇五、未来微生物学的展望 .....	(猿园)
摇摇参考文献 .....	(猿园)

# 第一章 绪论

## 第一节 微生物与人类的关系

### 一、离开微生物人无法生存——是亲密的朋友

微生物在自然界中的分布极为广泛,土壤、空气、江河、湖泊、海洋等都有大量的、种类繁多的微生物存在。而且在人类、动物和植物的体表及其与外界相通的腔道中也有多种微生物存在。人类对微生物的具体而直接的认识,是在发明了显微镜以后才真正开始的。显微镜使人们清楚地看见了这些微小的生命。微生物与人类的关系十分密切,它们的生命活动与人类的日常生活和生产息息相关。在法国,学者巴斯德发现病原菌之后,一提起微生物,人们自然会想到可怕的霍乱、痢疾、鼠疫等疾病,更甚者有些人一谈起细菌就认为是致病或有害的。有些人将微生物视为洪水猛兽,看作是人类最凶恶的仇敌,具有不共戴天的渊源。是的,有些微生物会给人类及动植物带来疾病,从而给人类带来痛苦或经济损失。但在自然界的微生物中,具有致病性或其他有害作用的仅是少数,大多数微生物对人类是有益的。实际上,致病菌只占全部细菌的极少部分。在人类已知的细菌中,只有少数是危害人类或植物、饲养动物的病菌,大多数微生物不仅一点害处也没有,而且它们对人类社会有巨大的益处。

在科技发达的今天,科学家们发现,在包括生产发酵产品等许多方面,例如,在制造酸酪乳、干酪及酒类制品,或用于生产抗生素、干扰素及酒精等方面微生物大有可为。此外,应用微生物产物作为畜用添加剂、研究固氮菌及其质粒以促进农业生产、利用微生物处理垃圾及污水、用微生物处理废弃的化学武器等均是微生物在各个领域的贡献。另一些微生物是蛋白质的极好来源,还可用作动物饲料的补充成分。

在现代,由于高速的经济开发活动和人类自身数量的迅猛增长,人类社会开始面临着粮食危机、能源匮乏和环境恶化等诸多严重问题。人类进入21世纪后,将遇到从利用有限的矿物资源的时代过渡到利用无限的生物资源时代而产生的一系列新问题。在植物、动物和微生物这三大生物资源中,相对而言,植物资源和动物资源被人类开发利用得比较彻底,而微生物资源则是个远远未得到充分开发利用的资源宝库。由于微生物是一类生物转化能力强、生产速率高,还是具有高度物种、遗传、代谢和生态类型多样性的生物类群,它们将能够在解决人类面临的各种危机中发挥不可替代的独特作用。由于人类的需求和知识都在不断扩展,随着科学的进步和人类社会的发展,微生物的新用途将会不断被发现,资源微生物的数目也将不断增加。

#### (一) 在医学保健方面的应用

##### 1. 微生物在医学方面的应用

微生物在人类健康的保护方面发挥着极其关键的作用。危害人类健康的最大因素是各

种传染性疾病,而防治这类疾病的主要手段是应用微生物的各种代谢产物(主要是抗生素)来进行的。大规模利用微生物的工业是在 19 世纪 40 年代才真正开始的。当时主要是以酒精发酵、甘油发酵和丙醇发酵等为主。1828 年英国的弗莱明(云蒙圣日斐)发现了青霉素,之后 19 世纪 40 年代,开始采用深层发酵法大量生产青霉素。1874 年美国的 宰菲森等又陆续发现了链霉素等几十种重要的抗菌素,带动了抗菌素工业的诞生。现代生物学中的基因工程的开创,进一步扩大了微生物代谢产物的范围和品种,过去只由动物才能产生的某些稀少高效药物,如胰岛素、干扰素等也都开始转向由微生物的“工程菌株”来生产。此外,大批与人类健康、长寿有关的生物制品,如疫苗、菌苗、保健制剂等都是来自微生物的产品。

(四) 抗生素摇在临床医学和医药工业中,微生物所产生的抗生素为人类同疾病作斗争提供了极为有效的工具,特别是在防治人类的细菌性疾病中大显神威,因此 19 世纪美国男人的平均寿命由 35 岁延长至 70 余岁。有许多抗生素都是微生物的代谢产物,例如制药工业有几亿美元的产业,它构成了大规模微生物抗生素的生产。青霉素就是青霉菌(属真菌类)的代谢产物。1928 年弗莱明在进行细菌培养时,偶尔观察到青霉菌周围有明显的抑制金黄色葡萄球菌生长的“抑菌圈”,从而发现了青霉素,开创了抗生素研究的时代。直到 1940 年,由牛津大学的 云蒙和 悦森进行提纯才获得了可供人体使用的青霉素纯品。它的发明和使用,在第二次世界大战中曾挽救了无数濒临死亡的士兵的生命,因为青霉菌能分泌一种神奇的抑制细菌生长的物质。此后,抗生素研究的热潮引发了对微生物代谢的研究,陆续出现了链霉素、红霉素、氯霉素、金霉素、土霉素、新霉素、四环素、卡那霉素、万古霉素等。抗生素是常用药物,它能抑制有害病菌的生长。抗生素的种类很多,除少数几种可以人工合成外,大多数都是由微生物在发酵罐里通过发酵分泌出来的。这类微生物,主要是一些放线菌以及若干真菌和细菌。它们生产的抗生素能抑制和杀死某些病菌。如青霉菌产生的青霉素、链霉菌产生的链霉素以及多粘芽孢杆菌产生的多粘菌素等,都能杀灭某些有害病菌。

(五) 基因工程菌株生产药物摇在 1973 年,美国科学家斯坦利·科恩和赫伯特·博耶成功地把蟾蜍的基因和细菌的基因结合起来。这意味着人类为了某种目的而可以特制工程细菌了。以前,人类所需的胰岛素全部来自牛和猪的胰腺,产量有限。圣弗兰西斯科市的遗传技术研究所把能合成胰岛素的基因移植到细菌中,成功地生产出了较便宜的胰岛素。至今,以研究微生物中抗生素有效基因及其基因族、基因模块(皂糖毒)为核心的高科技药物产业,以及以研究微生物代谢为基础的发酶工业等已迅猛发展。微生物代谢产物的研究已超越了抗生素的范畴,成为发现新药物的源泉,现已发现多种抗肿瘤药物及免疫调节药物。许多其他的主要药物产品,至少部分来源于微生物的活动。也可以应用微生物制造维生素、辅酶、甾体等药物。

(六) 疫苗摇自从 19 世纪后期巴斯德在酿酒、蚕病及狂犬病疫苗方面发展了微生物生理学及其应用以来,由病原微生物改造制成的预防疾病的疫苗是微生物对人类最突出的贡献之一。迄今,天花是全球第一个、也是唯一被宣布为已消灭的疾病,这一成果应归功于疫苗的研制与应用。此外,基因工程的核心技术是基因重组与表达,而能准确切割基因的酶(限制性内切酶)和连接基因片段的酶(连接酶)的发现,为基因重组的操作提供了必要的前提条件。制作重组基因的载体和表达重组基因的受体也需要微生物,其中大肠杆菌就是我国

目前生产重组干扰素和白细胞介素原的工程菌。现已取代人血浆来源的重组乙型肝炎疫苗,就是用酵母菌表达与生产的。可见,在高科技产业中,微生物功不可没。对比研究其他疾病所耗的资金与精力,人类利用微生物所取得的成绩可谓“短、平、快”。此前提出在全球范围消灭小儿麻痹症,进而消灭麻疹,这均是由微生物研制疫苗的功劳。

### 微生物在人体保健方面的应用

随着国民经济的发展和科学技术水平的提高,人们对生活质量的要求也越来越高,保健食品的生产和消费也迅速发展,利用微生物发酵制取保健食品是近年来研究的热点。微生物生态制剂就是时代发展的科技产物,它是利用微生物在生态学原理下制成的含有大量有益细菌的制剂。这些微生物包括乳酸杆菌属、双歧杆菌属、肠球菌亚属、放线菌等。据统计,其对人体的消化系统、循环系统、呼吸系统等功能均有保健疗效,还可增强和提高机体免疫调节能力。因此,由这些微生物所制成的微生物生态制剂对人体有很好的保健作用。

### (二)在食品发酵中的应用

微生物在食品工业中的有益作用是非常广泛的。在日常生活中,我们食用的酒、面包、酱油、醋类、乳酸饮料及各种腌制食品等,都是利用微生物的发酵法制造出来的,都离不开曲霉、酵母菌、根霉、醋酸菌等多种微生物的作用。微生物也使得我们的生活更有滋味。没有微生物,我们就不可能发酵出香醇的美酒;没有微生物,我们也无法享用到美味的酱菜、火腿;没有微生物,我们甚至连油、酱、醋等基本的调味品都无法生产。总之,人类的生活离不开微生物。许多大型真菌的菌体是食用价值很高的食品,如香菇、木耳、松口筋等,自古以来就为人们所食用。

### 酶制剂

食品工业是微生物酶制剂应用最早和最广泛的部门,由于淀粉、蛋白质及其水解产物是人类最基本的营养来源,因此淀粉酶和蛋白酶成为食品化工的主要酶是很自然的事,利用各种淀粉酶和蛋白酶处理各种食品原料,可以提高原料的利用率和改善食品质量(口感和色香味)。目前已有数十种微生物酶应用于食品工业,如葡萄糖、饴糖、果葡糖浆的生产以及蛋白食品的加工等。此外,在糖果、面包、乳品的生产中,在果汁饮料的澄清以及制糖工业中,都广泛的应用到酶制剂。

### 酿酒

早在古代,人们就利用微生物帮助制造各种食品。由于微生物会产生酶,而酶有发酵作用。因而,我们的祖先就利用微生物来发酵,酿出各种葡萄酒,发酵各种面点。人类利用微生物生产饮料酒和使用醋的历史几乎与人类自身的历史同样古老,人类在史前时期就已经发现并能够利用微生物为自己制造一些食品了,有记录的酿酒可以追溯到公元前,距今约4000年以前。公元前2000多年,埃及人已酿造出了葡萄酒。中国用谷物酿酒大概开始于新石器时代。山东文化晚期已有陶尊等饮酒器具。古书记载:“仪狄作酒,禹饮而甘之。”春秋时中国已开始酿醋,周朝时酱油业就已很发达。中国的白酒中有一种曲酒,是用酒曲造的,酒曲是培养霉菌等微生物的谷物。曲的发明和制曲技术的不断改进,是中国制酒工业上的一项伟大成就。曲在医学和发酵食品方面也有十分重要的作用。成书于公元前475年间的《左传》已有用麦曲治病的记载。到公元3世纪,北魏贾思勰著的《齐民要术》中就详细地记载了制曲和酿酒的技术。虽然当时人们并不知道酒是经过酵母发酵而成的,也不知道微

生物的存在,但却能利用微生物的作用,制成酒、酱、醋和豆豉等发酵食品。周代,有种专职的官员,专门从黄色曲霉中取得一种黄色的液体,来染制皇后穿的黄色袍服枣黄衣。古人不仅早就知道用霉来制酱,还懂得用豆腐和糨糊上的霉来治疗伤口出血和疮痍等疾病,能起消炎和愈合伤口的作用。

### 獾乳酸

乳酸是另一种历史悠久的微生物发酵产物,酸奶可能是人类的第一个发酵食品,而且一直沿用至今。奶制品的制造至少部分是借助于微生物的活动,包括有乳酪、酸乳酪和黄油,都是主要具有经济价值的产品。1857年,李德首先实现了乳酸发酵的工业化生产。乳酸菌对碳源的利用率高,葡萄糖对对乳酸的理论转化率是100%,实际转化率也达到80%以上,因此生产成本低廉。今天,乳酸不但在食品、制革和医药等工业部门广泛应用,而且由于乳酸聚合物是可降解的高分子材料,已经在生物医药工程和包装材料领域中得到了应用,具有广阔的市场前景。

### 獾有机酸

柠檬酸原来是从柠檬中分离得到的,主要应用于食品工业和洗涤业。柠檬酸不但是食品工业中最重要的酸味剂,而且是生产无磷洗涤剂的重要原料。目前从柠檬中提取柠檬酸已经完全被使用微生物发酵工业所取代;用于柠檬酸发酵的微生物主要有青霉、木霉和曲霉等。葡萄糖酸发酵生产菌的发现和工业化发展历史几乎与柠檬酸平行;衣康酸发酵的工业化则要晚得多。一些本来采用发酵法生产的有机酸,如苹果酸、酒石酸、富马酸及琥珀酸等,现在已经改用酶法或者采用化学合成方法。

### 獾食醋

食醋的酿造主要是由醋酸菌直接氧化乙醇生成乙酸的发酵过程。在这一发酵过程中,需要充分的供给氧气,发酵的直接养料是由糖发酵而生成的乙醇,最有代表性的发酵菌株是醋化醋酸杆菌,经典的醋酸发酵使用的是表面发酵,即静止培养法。其操作简便,但发酵时间长。现在采用适于大量生产的深层发酵法,发酵温度通常为30℃,发酵7~10天可得到乙酸浓度为10%~15%的食用醋。

### 獾酱油

酱油是一种含大量水解蛋白的、以各种氨基酸和肽为鲜味成分的液体,是人们在日常生活中不可缺少的调味品。酱油的生产主要是利用了微生物对原料蛋白质的分解作用,生产方法是将炒熟的小麦和蒸煮过的大豆混合,在15%的高食盐浓度下,利用酱油曲霉的蛋白酶的作用,使原料中的蛋白质分解,从而成为一种味道鲜美、营养价值很高的增味剂。

## (三)在农、林、牧生产中的应用

微生物的许多生命活动是农、林、牧业生产的重要基础。微生物在土壤营养元素循环过程中起着十分关键的作用,它们的活动使土壤中的腐殖质不断地形成和分解,从而保持了土壤肥力。由根瘤细菌以及自生固氮细菌等进行的生物固氮是土壤氮素的重要来源,对农业增产具有重要意义。真菌同植物共生形成菌根系统,能改善农作物及林木的营养吸收从而促进生长。一些拮抗性微生物及其代谢产物——抗生素在农作物病害防治中发挥着重要作用。微生物农药如苏云金杆菌制剂等,可用于防治多种农、林害虫。在畜牧业中,微生物可以用于饲料加工。在自然界中有许多微生物能够抑制植物病原物生长发育或引起植物害虫

致病死亡,从而起到保护农作物的作用。还有许多微生物产生抗生素,抗生素不仅应用于对人的保健作用,同时也被应用于农林业,保护了作物、林木等免受病原物的危害。开发和利用各种具有植物“医疗、保健”作用的微生物资源,对于维持和促进农林业生产的稳定发展具有重要意义。人类广泛利用一些微生物的特性,开辟了以菌造肥、以菌催长、以菌防病、以菌治病等农业增产的新途径。

粮食和食品生产是人类生存至关重要的大事,粮食和食品短缺是当代人类面临的重要问题之一。在解决这一问题的过程中,微生物发挥着关键而重要的作用,其作用主要表现在提高土壤肥力、改善作物氮素营养(生物固氮)、防治作物病虫害以及使农林废弃物转化为糖、蛋白质等多个方面。

### 1.1 根瘤菌固氮作用

许多重要的农作物是豆科植物的成员,它们的生长和专一性细菌紧密相连。这些专一性细菌可在植物的根部形成根瘤结构。在这些根瘤中,大气中的氮( $N_2$ )可转变成植物能够用于生长的氮化合物。豆科植物之所以含氮量高,成为高蛋白食物、饲料及绿肥资源,一个很重要的原因是豆科植物能与根瘤菌进行共生固氮。这样,根瘤细菌的固氮活动就减少了对昂贵植物肥料的需求。在植物营养方面,微生物在碳、氮、硫、钾这些重要营养成分的循环中起着关键的作用。土壤和水中的微生物活动可将这些元素转化成为植物易于利用的形式。表层土应含有一定量的矿物微粒,比如粘土、沙和大量的腐殖质。微生物分解动植物时就会产生腐殖质,覆盖在土壤表面,使土壤更易于耕作。

除了可利用豆种植物根瘤菌的固氮作用外,对于豆科以外的作物,如水稻、小麦、玉米等,有可能通过基因工程将根瘤菌的固氮基因转移到它们的细胞中去,使它们能直接利用大气中的氮,以代替施用的氮肥。自然界中氮、碳、硫等多种元素循环靠微生物的代谢活动来进行。因此,没有微生物,植物就不能新陈代谢,而人类和动物也将无法生存。

### 1.2 自生固氮菌

自生固氮菌应用于农业生产也在很早就受到人们的关注。早在19世纪初就有人制造一种植物,能获得森林生长所需的氮素。固氮树种不仅可以固定大气中的氮素,而且每年有大量凋落物,经过分解可提高土壤肥力,改良土壤理化性状。李秉德(1990)报道了澳大利亚严重缺氮的辐射松林地上三叶草和尿素的供氮能力。

非豆科植物和弗氏放线菌共生固氮体系几乎全部是树木。这类树木抗逆性强,在瘠薄土壤和不良条件下均能生长,因它们能与弗氏放线菌共生固氮,可有效利用大气中的氮供其自身对氮素的需要,并能通过培肥的土壤供给其他树木营养,所以在固沙造林、水土保持、植被恢复、绿化造林和改善生态环境中均有重要作用。美国中西部黑胡桃和牛奶子的混交人工林中,由于牛奶子的放线菌根瘤的固氮作用,黑胡桃的生长得到显著改善。在我国,木麻黄和沙棘的栽培利用已取得了巨大的经济效益和生态效益。木麻黄防护林在我国南方海滨被誉为“绿色长城”,沙棘在我国北方半干旱地区绿化造林及综合利用也被誉为扶贫致富的法宝。

### 1.3 堆肥

为了实现农业上的粮食增产,首先要解决肥料问题。氮肥是农作物的主要肥料。传统的化学方式生产氮肥不仅耗资巨大,而且长期施用还可造成土壤结构的破坏和环境的污染。

但是,农作物秸秆、生活垃圾等各种有机废弃物及污染物等通过对之处理可以成为良好的有机肥,堆肥制作原理是利用堆积物中自然存在的微生物,将复杂有机物(纤维素、半纤维素、果胶质等)分解转化成可被植物利用的简单营养成分,同时利用微生物生命活动中产生的高温把堆积物中的虫卵、致病菌及杂草种子杀死,从而使之变成优质的肥料。

由于传统自然堆肥过于简易,适用范围狭小,效率较低,科学家通过现代科学技术找到了更好的微生物处理固体垃圾的方法。微生物分解有机质的能力是惊人的,凡是自然界存在的有机物,几乎都能被它分解。垃圾中的微生物包括细菌、酵母菌、真菌和放线菌等,它们是专门依靠垃圾生存的。垃圾中含有丰富的营养物质,微生物在环境条件适合的情况下,从垃圾中的有机物吸取能量和营养,迅速生长繁殖,在微生物生长繁殖过程中还能向外分泌多种代谢产物。科学家正是根据这一特点,研究出不同垃圾腐熟过程中的微生物种类和特点,从中分离提纯具有高效分解垃圾的微生物,再将它们用于垃圾的生物处理。

生物发酵菌就是将垃圾中的许多大分子有机物分解为比较简单稳定的小分子有机物。开始,这种发酵菌分解垃圾中易降解的糖类、脂肪和蛋白质等有机物,后期由于热量产生,温度逐渐上升到 $55^{\circ}\text{C}$ 左右,它又能促进难分解的纤维素、木质素等有机物的分解,同时杀死垃圾中的寄生虫卵和有害微生物,达到腐熟的效果。

#### 继续抗微生物

植物病原菌的活动经常受到来自其他微生物的抑制或干扰,其作用机制主要是拮抗、竞争及寄生等。例如点青霉能像环境中分泌青霉素,抑制其他革兰氏阳性细菌的生长,植物叶面附生的丁香假单胞杆菌产生一种具广谱抗菌的肽,这些都属于拮抗作用。在植物病害防治中,最有应用前景的真菌是半知菌丝孢纲木霉属中的种类。蔬菜栽培中,将洋葱或大葱同番茄进行间作或轮作时,可抑制番茄矮萎病的发生,对洋葱的根际微生物调查发现,从鳞茎中分出许多拮抗菌株,其中青霉菌对该菌对矮萎病原菌有很强的拮抗性,间作的防病效果就是来自该菌的拮抗性,但该菌不宜在葱属以外的植物根上定植、扩展,在实际应用中实现把这种细菌接种到大葱上,然后把大葱接种到待保护作物的周围,就可以抑制矮萎病的发生。目前,这种种间作大葱的方法已应用于西红柿、草莓、黄瓜、西瓜和韭菜的矮萎病和白绢病的防治。

昆虫的病原微生物还可以防治害虫,现在,人们发现,霉菌中的蝗菌能治蝗虫,武氏虫草菌能消灭松毛虫。我国应用白僵菌剂防治松毛虫、松针毒蛾、油桐蚜虫、茶叶毒蛾、玉米螟、黄地老虎、大豆食心虫和杨树天牛等~~许多~~多种害虫,都收到了显著的效果。

#### 继续单细胞蛋白

无论是从节省能源来看还是从蛋白质是人类食品或家畜饲料中最重要而普遍短缺的成分。通过微生物发酵来大规模生产微生物菌体蛋白,为解决蛋白质短缺问题开辟了一个新途径。微生物蛋白生产的重大意义还在于,其生产原料来源非常广泛,各种工农业有机废弃物(如农作物秸秆、木材加工剩余物、制糖废渣、纸浆废液等)以及石油工业副产品等都可作为原料而得到利用。

#### (四)在工业生产中的应用

微生物在生命活动中形成的代谢产物种类繁多,其中很多是对人类有用的物质,可通过工业化规模大量生产,通过微生物培养来获得微生物代谢产物的过程习惯上称为发酵,其实