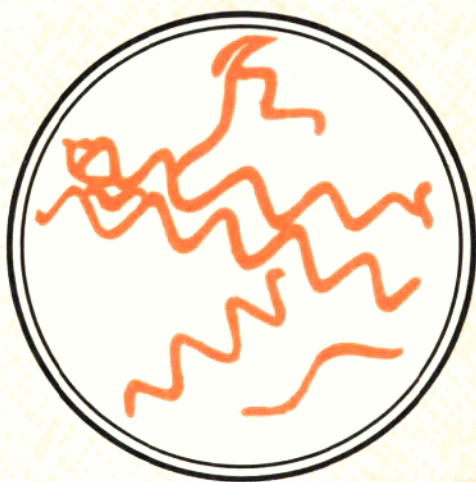


经济微生物学

主编 陈声明 贾小明 赵宇华



成都科技大学出版社

前 言

近几年浙江农业大学在高年级本科生中开设了《经济微生物学》课程,教师案头需要一本教材作为备课的指南,学生手头也急需一本教材供他们阅读。编著出一本能适合有关高等院校专业特点的《经济微生物学》,便显得迫在眉睫了。

《经济微生物学》并不等同于《应用微生物学》,两者既有联系,同时又有区别,其学科内涵是迥然不同。编著者认为,经济微生物不仅是指其当前有实用价值,更重要的是利用经济微生物能创造出较高的经济效益,或者它具有较大的开发潜力。而研究经济微生物的基础理论、应用技术、微生物产品及制品的生产工艺和应用等一系列问题的科学则被称之为《经济微生物学》。

经济微生物学是新近发展起来的新兴学科,国内这一学科的发展起步稍落后于国外。山东大学施安辉先生于1989年在国内率先编著了《经济微生物》。刘自榕先生极力倡导国内同行应该对经济微生物学引起重视,并希望能编著出更多更好的《经济微生物学》,以推动该学科的发展。然而,迄今为止,国内外尚无一本体系系统、内容全面的综合性《经济微生物学》专著。

基此,编著者不遗余力,经过近两年的构思和筹划,终于使这本《经济微生物学》摆在了广大读者的面前。由于编著者才疏学浅,错谬之处一定在所难免,恳请广大同行专家和读者提出宝贵意见。倘若拙作能起到抛砖引玉的作用,则为编著者之最大欣慰。

陈声明

丙子仲秋于华家池畔

简 要 说 明

经济微生物就是指能产生经济效益的微生物资源,包括当前有实用价值的、能创造出有较高经济效益的微生物和具有较大开发潜力的微生物两部分。而研究经济微生物的基础理论、应用技术、微生物产品及制品的生产、应用等一系列问题的科学称之为经济微生物学。

全书除绪论外,分为四篇,共 26 章。其中第一篇基础理论包括微生物的形态与分类;营养、生长与培养;遗传、变异与筛选等;第二篇应用技术包括微生物细胞的固定化技术、单克隆抗体技术、环境监测、治理与生物能源、PCR 技术和疫苗等;第三篇微生物发酵制品包括酒类、调味品、多糖、有机酸、核酸类物质、氨基酸、维生素、色素、干扰素、抗生素和激素等制品的微生物发酵工艺和应用;第四篇微生物产品包括微生物杀虫剂、微生物肥料和饲料、食用菌、微生态制剂、微藻等培养技术和应用。

本书取材新颖、内容丰富、编排合理、文字精炼。本书集多位教授、专家的教学和科研成果,注重理论联系实际,是一本很有实用价值的教材和专著,可作为经济微生物学及其相应课程的教材,也可作为微生物学有关专业的本科生、研究生以及从事微生物工作的教师、科研人员和从事微生物制品、产品生产的技术人员的参考书。

目 录

绪 论	(1)
第一节 经济微生物学的诞生与发展	(1)
第二节 经济微生物资源	(1)
第三节 经济微生物资源的发掘、驯化和应用	(3)

第一篇 基础理论

第一章 微生物的形态与分类	(7)
第一节 微生物的种类	(7)
第二节 微生物的分类系统	(9)
第二章 微生物的营养、生长与培养	(26)
第一节 微生物的营养	(26)
第二节 微生物的生长	(29)
第三节 微生物的培养	(32)
第三章 微生物的遗传、变异及筛选	(35)
第一节 微生物的遗传物质基础	(35)
第二节 细菌遗传物质传递	(35)
第三节 噬菌体的基因重组	(41)
第四节 突变和诱变	(42)
第五节 突变株的分离和检出	(46)

第二篇 应用技术

第四章 固定化细胞和固定化技术	(51)
第一节 固定化细胞及其特点	(51)
第二节 固定化细胞的种类	(52)
第三节 细胞固定化的方法	(52)
第四节 固定化细胞的特性	(61)
第五章 环境监测、治理和生物能源	(64)
第一节 环境监测	(64)
第二节 污水与废渣的生物处理法	(77)
第三节 生物能源开发	(96)
第六章 单克隆抗体技术	(101)
第一节 杂交瘤技术	(101)
第二节 单克隆抗体技术的进展与应用	(113)
第七章 PCR 技术	(115)
第一节 PCR 技术的基本原理和方法	(115)

第二节 PCR 技术的应用	(124)
第八章 免疫与疫苗	(126)
第一节 免疫学发展简史	(126)
第二节 免疫学基础	(127)
第三节 疫苗种类、使用与生产	(129)

第三篇 发酵制品

第九章 酒类	(135)
第一节 黄酒生产	(135)
第二节 葡萄酒生产	(140)
第三节 白酒生产	(144)
第四节 啤酒生产	(151)
第十章 发酵调味品生产	(161)
第一节 酱油生产	(161)
第二节 豆腐乳生产	(164)
第三节 食醋生产	(165)
第十一章 酶制剂	(169)
第一节 国内外酶制剂应用概况	(169)
第二节 主要微生物酶制剂的研究与应用	(170)
第十二章 微生物多糖	(179)
第一节 黄原胶	(179)
第二节 海藻酸	(179)
第三节 菌霉多糖	(181)
第十三章 有机酸	(183)
第一节 柠檬酸	(183)
第二节 L-乳酸	(185)
第三节 葡萄糖酸	(188)
第四节 衣康酸	(188)
第十四章 核酸类物质	(190)
第一节 生产核酸类物质的意义	(190)
第二节 酶解法生产核酸类物质	(191)
第三节 化学法生产核酸类物质	(193)
第四节 发酵法生产核酸类物质	(194)
第十五章 氨基酸	(197)
第一节 氨基酸简介	(197)
第二节 氨基酸的发酵生产	(197)
第三节 氨基酸的应用	(202)
第十六章 维生素	(205)
第一节 维生素 B ₂ 的发酵	(205)

第二节	维生素 B ₁₂ 的发酵	(207)
第三节	维生素 C 的生产	(210)
第四节	异维生素 C 钠的生产	(212)
第十七章	微生物色素	(213)
第一节	红曲色素	(213)
第二节	类胡萝卜素	(216)
第十八章	干扰素	(220)
第一节	干扰素的特性及其诱生剂	(220)
第二节	干扰素的制备	(222)
第三节	干扰素的临床作用	(225)
第十九章	抗生素	(228)
第一节	抗生素及其产生菌	(228)
第二节	抗生素发酵技术	(229)
第三节	抗生素发酵工艺	(233)
第二十章	微生物源激素	(236)
第一节	赤霉素的发酵生产	(236)
第二节	甾体激素	(238)

第四篇 菌剂产品

第二十一章	微生物杀虫剂	(245)
第一节	细菌杀虫剂	(245)
第二节	真菌杀虫剂	(248)
第三节	病毒杀草剂	(253)
第二十二章	微生物肥料	(255)
第一节	根瘤菌肥料	(255)
第二节	磷细菌肥料	(257)
第三节	“5406” 抗菌菌肥料	(258)
第四节	PGPR 及其研究进展	(259)
第二十三章	微生物饲料	(262)
第一节	发酵饲料	(262)
第二节	单细胞蛋白	(263)
第三节	饲用微生物添加剂	(266)
第二十四章	食用菌	(270)
第一节	食用菌的生物学基础	(270)
第二节	食用菌的制种技术	(272)
第三节	几种主要食用菌的栽培新技术简介	(274)
第二十五章	微生态制剂	(280)
第一节	微生态学与微生态制剂	(280)
第二节	微生态制剂开发的基本理论	(281)

第三节	微生物制剂的菌种及其管理.....	(282)
第四节	微生态制剂的主要类型.....	(283)
第二十六章	经济微藻——螺旋蓝细菌.....	(286)
第一节	螺旋蓝细菌的生物学特性.....	(286)
第二节	螺旋蓝细菌的培养技术.....	(289)
第三节	螺旋蓝细菌的应用与开发.....	(291)

绪 论

第一节 经济微生物学的诞生与发展

经济微生物是指在国民经济中得到广泛应用并能产生显著经济效益的微生物资源,主要包括当前有实用价值的、能制造出有较高经济效益和具有较高开发潜力的两大部分。而对经济微生物的基础理论、应用技术、微生物产品及制品的生产、应用等一系列问题的研究称为经济微生物学。

微生物学已有 300 多年历史,在微生物学的史前阶段,人们对微生物只有感性认识,随着光学显微镜,特别电子显微镜的发明,对微生物的认识已上升到理性认识阶段;随着微生物生理学、微生物生物化学和分子生物学及分子遗传学的发展,对微生物的认识也不断地深化,使有害微生物得到有效控制,有益微生物得到充分利用,逐步形成了“经济微生物”的概念。特别是采用生物工程新技术以后,经济微生物资源进一步得到充分利用,为社会创造出的物质财富也更加丰厚,这就是目前国外在应用科技上重点开发经济微生物的原因。

最近,微生物学的迅速发展,导致经济微生物在国民经济发展中发挥巨大的作用,产生了经济微生物学。近年来,国外以经济微生物学的内容的书连续出版了 8 卷(卷 1:酒精饮料;卷 2:初级代谢产物;卷 3:次生代谢产物;卷 4:微生物生物量;卷 5:微生物酶和生物转换;卷 6:微生物腐蚀;卷 7~卷 8:食品微生物学),由此可见这是一个新兴的领域,涉及的面十分广泛,发展极其迅速,世界各国都非常重视。随着我国国民经济和生物工程的发展,必将更迅猛地推动经济微生物学的研究和发展,也必将有更多的人认识到它的重要性。随着分支学科工业微生物学、食品微生物学、农业微生物学和医学微生物学等学科的发展,必将推动经济微生物学的更快发展。

第二节 经济微生物资源

微生物是人类赖以生存的重要资源之一,在食品、医药、化工等许多领域得到了广泛应用,而且发挥着巨大的作用。

经济微生物是指在国民经济中正在或将要得到广泛应用并可获得显著经济效益的一类微生物,主要包括细菌、放线菌、霉菌和酵母菌四大类群。

自古以来,我国人民就知道利用曲霉酿酒、酿造调味品;面霉可制作面食;酸性矿水能浸出铜矿;沤肥能提高速效养分;豆科植物的根瘤能肥田;疯狗脑可防治狂犬病;“人痘”可防天花,“金针”能治伤寒等等。这些都是利用经济微生物造福于人类的例证。

自然界中微生物资源是非常丰富的,但迄今为止,已经发现的微生物仅占总数的 10% 左右,在工、农、医诸方面被利用已获得经济效益的微生物则更少,只有数百种。因此,研究和开发经济微生物资源的任务非常艰巨,但潜力很大,前景广阔。利用高新科学技术发掘新的微生物

资源,改造老的微生物资源,必将对经济微生物学的发展起着明显的推动效应。

当前,经济微生物在工、农、医应用上已非常广泛(见表1),有的是直接利用菌体(如酵母片、菌体蛋白、活性干酵母和食用菌等);有的则是利用其代谢产物(如乙醇、柠檬酸、氨基酸和抗生素等)和分泌的酶类(如淀粉酶、蛋白酶、脂肪酶和果胶酶等)。

表1 常见、常用经济微生物

类群	名 称	产 物	用 途
细菌	枯草杆菌(1.398)	蛋白酶	皮革脱毛、软化、丝绸脱胶、洗涤剂、胶卷回收
	枯草杆菌(BF7658)	淀粉酶	纺织品脱浆、糖浆制造、糊精制造、葡萄糖制造等
	苏云金杆菌	苏云金杆菌粉	农用杀虫剂
	多粘芽孢杆菌	固氮菌粉	农用细菌氮肥
	根瘤菌	根瘤菌制剂	用于花生、大豆、紫云英等豆科植物,增加土壤氮素
	醋杆菌	醋酸,维生素C	食用、药用
	棒杆菌	谷氨酸	食用味精
	短杆菌	肌苷酸	医用、助鲜剂
酵母菌	假丝酵母	脂肪酶	医药、羊毛、棉纤维、绢纺脱脂、洗涤剂
	啤酒酵母	石油脱蜡	生产低凝固点石油、酵母菌体蛋白
	酿酒酵母	菌体 酒精、CO ₂	啤酒酿造、鲜酵母、医用等 酒精生产、白酒制造等
霉菌	白地霉	核苷酸、菌体	食用、药用
	根霉	糖化酸	制造葡萄糖、白酒酿造制酒酿
		甾体激素	医药
	黑曲霉	糖化酶	酒精、白酒、食醋等发酵工业
		柠檬酸	食品、建筑工业和原子能工业
		酸性蛋白酶	啤酒防浊剂、消化剂、饲料
	头孢霉	头孢霉素	医药
	赤霉素	赤霉素	植物生长刺激素医药
	青霉	青霉素	医药
	木霉	纤维素酶	食品加工、饲料添加剂
放线菌	白僵菌	白僵菌制剂	生物防治
	链霉菌	链霉素、四环素、金霉素	医药
	小单孢菌	红霉素等	医药
	细黄链霉菌	庆大霉素	农用
		抗生素肥	

细菌资源除可供生产乳酸、醋酸、丙酮、丁醇和发酵食品外,还可以用于氨基酸、有机酸、糖类、核苷酸、维生素和抗生素的发酵,甾体物质转化,生物农药的生产以及湿法冶金等。

放线菌的资源主要用于生产抗生素。在已发现的 1000 多种抗生素中,由放线菌产生的占

2/3。此外,在氨基酸、核苷酸和酶制剂的生产以及甾体物质的转化等方面放线菌也有重要的作用。

酵母的资源利用从本世纪 50 年代后期开始,已由酒精发酵力强的发酵型酵母转向发酵力弱或无发酵力的氧化型酵母,如食用、药用和饲料酵母,以及生产多元醇、油脂、有机酸、维生素和酶制剂的酵母等。

霉菌的资源主要用于酶制剂、抗生素、有机酸、氨基酸和核酸等的生产。近几年国外又开始兴起利用霉菌生产油脂,如最近日本工业技术院化学技术研究所分离到一种被孢霉产油脂的能力比以往菌种高 7 倍,他们已设计出年产油脂 7000t 的成套工艺设备,发酵罐容为 1000t。

担子菌的资源利用正愈来愈引起人们的重视,如多糖、橡胶物质和抗癌药物的开发。近来日本、美国的一些科学家对香菇的抗癌作用进行了深入研究,发现有一种“1,3- β 葡萄糖苷酶”具有抗癌作用。香菇含有的多糖类物质也具有抗癌作用。我国把猴头的菌丝体制成片剂,在临床上用于治疗胃癌、贲门癌和食道癌,有效率达 69.3%,若再配伍其他中草药,有效率可提高到 82.8%。

另外,还可利用蓝细菌生产蛋白质(如螺旋蓝细菌的菌体蛋白质可达 70%)、脂肪以及处理废水获得能源;利用原生动物监测活性污泥的质量和工业废水中的有毒物质等等。

第三节 经济微生物资源的发掘、驯化和应用

要想获得有价值的经济微生物种类,必须从自然界中发掘出来,经过驯化再到生产上应用。

一、经济微生物的发掘

绝大多数微生物是从土壤中分离得到的,也有从水体中分离得到,如废水处理的菌种,少数可从空气中或特殊环境中分离,以获得特殊性能的微生物。因此,必须掌握微生物的分离技术。

二、经济微生物的驯化

从自然界中分离出的微生物是属于野生型。首先这类微生物,必须不断纯化,使它为纯种;然后必须改造和筛选及选育出优良性状的菌株,这样才能在生产中发挥经济效益。

三、经济微生物的应用

发掘、驯化的微生物只有经过生产实践的检验才能证实它是否具有经济效益,也只有通过在生产上应用才能发挥它的经济价值。若要使经济微生物实现应用,必须使之成为微生物产品。微生物产品的生产如图 1 所示。

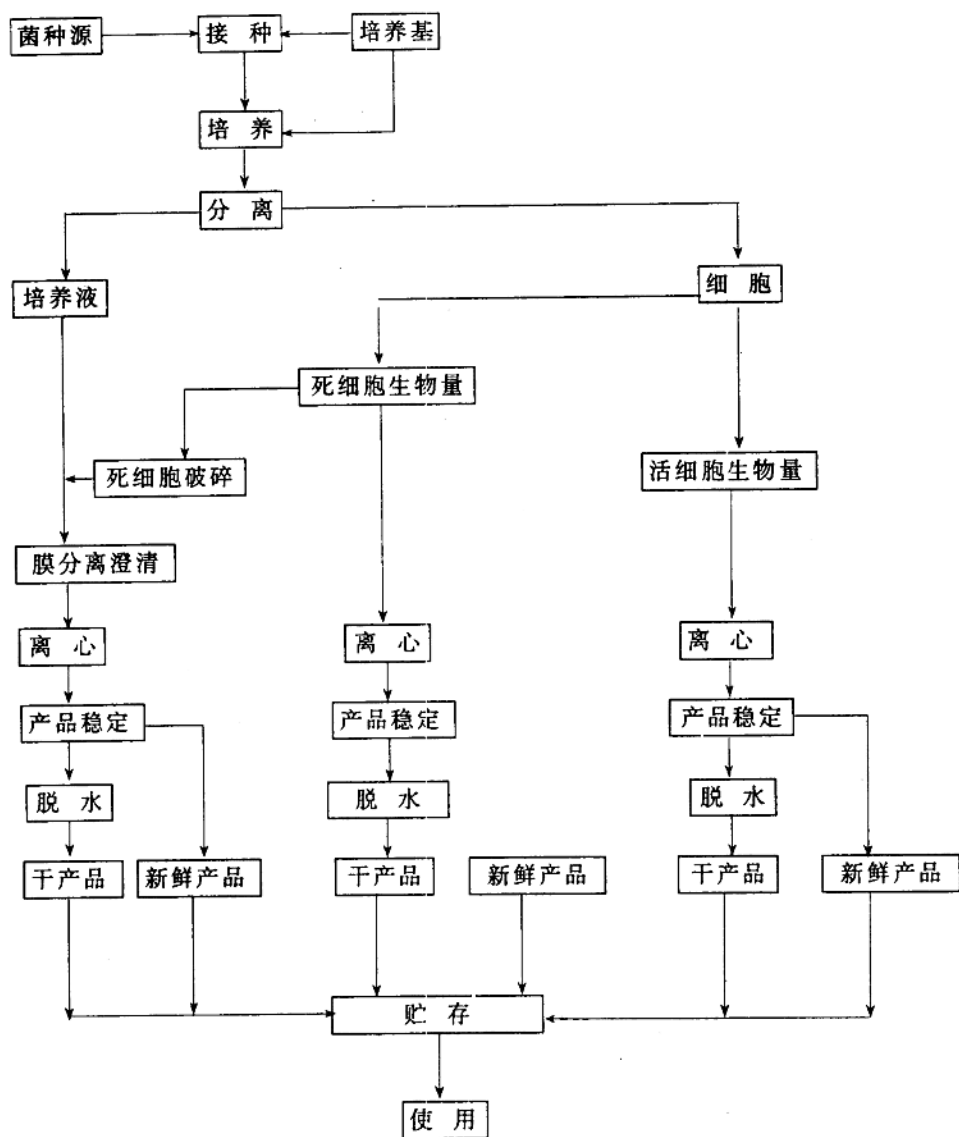


图1 微生物及其发酵产品的生物工程系统

第一篇 基础理论

第一章 微生物的形态与分类

微生物是指那些个体微小、大多数要在显微镜下才能看清的生物。微生物类群庞杂,种类繁多,形态各异,一般包括细菌、放线菌、蓝细菌、霉菌、酵母菌、微观藻类、原生动物、立克次氏体和病毒。病毒是没有细胞结构的生物。生产上实际应用较多的是细菌、放线菌、酵母菌和霉菌等。

第一节 微生物的种类

一、细菌

细菌是一类由原核细胞所组成的单细胞生物,在自然界中分布最广、数量和种类最多。细菌的基本形态有球状、杆状与螺旋状,分别被称为球菌、杆菌和螺旋菌。此外,还有一些其他形态的细菌,如柄细菌属(*Caulobacter*),细胞呈弧状或肾状并具有一根特征性的细柄,可附着于基质上。又如球衣菌属(*Sphaerotilus*)能形成衣鞘,杆状的细胞呈链状排列在衣鞘内。细菌细胞可以有各种排列方式,如链球菌细胞排列成链;葡萄球菌是许多球形细胞堆积一起成葡萄串等等。观察细菌形态一般用普通染色法在显微镜下观看,也可用革兰氏鉴别染色法区分细菌为革兰氏阴性还是阳性。

细菌的大小可以用测微尺在显微镜下进行测量。球菌的大小以其直径表示,约 $0.5\mu\text{m}\sim 1.5\mu\text{m}$,杆菌的大小以宽 $\times$ 长表示,宽度约 $0.4\mu\text{m}\sim 1.5\mu\text{m}$,长度为宽度的一倍或几倍。螺旋菌大小则以细胞两端直线长度表示,最长的螺旋菌约 $600\mu\text{m}$ 。

细菌细胞一般具有细胞壁、细胞膜、细胞质和核区。某些细菌还有特殊的细胞结构如鞭毛、荚膜、芽孢和菌毛等,这在人们进行分类鉴别时有重要意义。

细菌在固体基物上生长时,可以形成肉眼可见的菌落,大多数细菌形成圆形菌落,有些形成不规则或蕈形菌落。如果菌落是由一个单细胞生长、繁殖而成,则称为纯培养。因此在微生物的纯种分离中,可以挑起单个菌落进行移植的方法来获得纯培养物。不同细菌种类的菌落各不相同,同一种细菌因培养基的成分和表面湿度不同,菌落形态也有变化。同一种细菌在同一培养基上形成的菌落一般表现为相同的菌落形态特征,是鉴定菌种的形态标志之一。例如圆褐固氮菌(*Azotobacter chroococcum*)在阿须贝氏无氮培养基上表面菌落呈粘稠糊状,凸起,边缘整齐,表面起初为光滑无色,以后逐渐产生皱折和产生黑色素。又如蜡样芽孢杆菌霉状变种(*Bacillus cereus* var. *mycoides*)在牛肉膏蛋白胨培养基表面能形成类似菌丝体的菌落。此外,有些细菌还能产生色素,如粘质赛氏杆菌(*Serratia marcescens*)有红色的灵菌素;荧光假单胞菌(*Pseudomonas fluorescens*)可分泌荧光色素到培养基中。如果菌落相互联接成一片,则称菌苔。

二、放线菌

放线菌菌体形态为分枝的丝状体,属于原核微生物。放线菌都是革兰氏染色阳性,不能运动,大部分是腐生菌,少数是寄生菌。有的菌还能与植物共生,固定大气氮。放线菌对国民经济

的重要性,在于它们是抗生素的主要产生菌,许多在临床和农业生产上有使用价值的抗生素都是由放线菌产生的。放线菌还可用于生产各种酶和维生素,在固体制剂、石油脱蜡、烃类发酵、污水处理等方面也有所应用,因此,很多国家都非常重视对它们的研究。

放线菌的菌体为单细胞,最简单的为杆状或有原始菌丝,大部分放线菌由分枝发达的菌丝组成。菌丝无隔膜,菌丝直径与杆状细菌差不多,大约 $1\mu\text{m}$ 。放线菌的菌丝由于形态与功能的不同,可分为基内菌丝、气生菌丝和孢子丝。基内菌丝又称营养菌丝或初级菌丝,生长在培养基内,主要作用是吸收营养物质;气生菌丝又称二级菌丝,由基内菌丝上长出培养基外伸向空间的菌丝;孢子丝是气生菌丝生长发育到一定阶段之后,分化而形成的可产生孢子的菌丝。孢子丝的形态有直形、波浪形或螺旋形之分。孢子丝生长到一定阶段断裂为孢子,或称分生孢子。孢子形状、表面结构、颜色等均为识别、鉴定菌种的依据。

放线菌主要通过无性孢子及菌丝片段进行繁殖。

放线菌因其基内菌丝伸入培养基,菌丝体交织成网并紧贴在基质的表面,而使菌落坚硬,不易被接种针挑起。菌落初期光滑或呈发状结缕,因而形成的菌落质地致密,表面呈紧密的绒状或坚实、干燥、多皱,菌落较小而不致广泛延伸。当产生孢子之后,其菌落表面就呈粉状、颗粒状等。放线菌的菌丝与孢子还能产生各种色素,使各类菌落表面与背面具有不同的颜色。菌落表面的色素一般是孢子所形成的,菌落背面色素则是基内菌丝所分泌的。色素的颜色往往同菌种的培养基成分有一定的关系。

三、酵母菌

酵母菌是一类由真核细胞所组成的单细胞微生物。由于发酵后可形成多种代谢产物以及自身体内含有丰富的蛋白质、维生素和酶,可以广泛应用于医药、食品以及化工等方面,因而具有重要的经济价值。

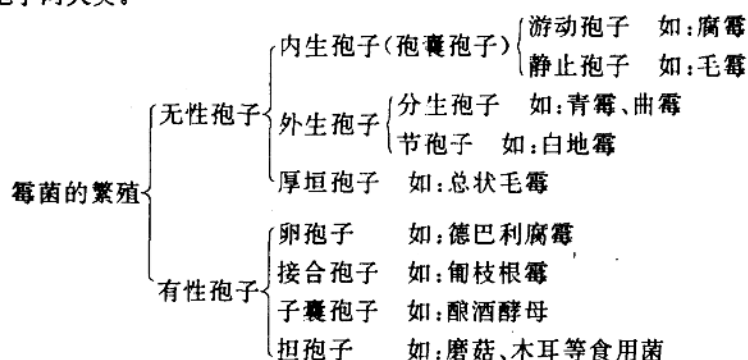
酵母菌的个体形态因菌种而异,有卵圆形、椭圆形、圆形、长形、柱形等。一般不形成真菌丝。酵母菌细胞比细菌细胞要大,一般为 $1\mu\text{m}\sim 5\mu\text{m}\times 5\mu\text{m}\sim 30\mu\text{m}$ 。酵母菌具有典型的细胞结构,有细胞壁、细胞膜、细胞核、液泡、线粒体及各种贮藏物。酵母菌无性繁殖有出芽和分裂两种。出芽繁殖是酵母菌中最普遍的方式,先在细胞一端生一小突起,叫出“芽”,当芽长到正常大小时,或脱离母细胞或与母细胞相连接,在子细胞上又长出新芽,如此反复进行,最后成为具有发达或不发达分枝状的假菌丝。有些酵母菌有有性繁殖可产生子囊孢子。

酵母菌的菌落表面光滑、湿润粘稠、有光泽,大多为白色、奶油色、少数粉红色。菌落与培养基结合不紧密,易于挑起。在液体培养基内生长,有的在液面上形成菌膜,有的则沉于底部。故在发酵生产中有上层酵母与底层酵母之称。

四、霉菌

霉菌也是由真核细胞所组成的一类微生物。霉菌的营养体由菌丝构成,菌丝可以无限制地伸长和产生分枝,分枝的菌丝相互交错在一起,形成了菌丝体。霉菌的菌丝有两类:一类是无隔菌丝,整个菌体就是一个细胞,其中含有多个细胞核。另一类是菌丝有横隔,隔与隔之间就是一个细胞,菌丝是由多个细胞所组成。有的菌丝的横隔膜上有小孔,为细胞间联系的通道。菌丝细胞由细胞壁、细胞膜、细胞质、细胞核和其他内含物组成。菌丝在固体培养基上分化成营养菌丝与气生菌丝。营养菌丝深入到基质内吸收营养物质,有的种类可形成假根、吸器;气生菌丝向空中生长,发育到一定阶段后,分化成繁殖器官,产生孢子。

霉菌可以菌丝片断方式进行繁殖,但主要以各种不同的孢子来进行繁殖,分无性孢子与有性孢子两大类。



霉菌的菌落大而疏松,呈棉絮状、绒毛状或蜘蛛网状,一般比细菌菌落大几倍到几十倍,有各种颜色。有些霉菌,如根霉、毛霉、链孢霉生长很快,菌丝在固体培养基表面蔓延,以至菌落没有固定大小。有的霉菌菌落生长则有一定局限性,直径1cm~2cm或更小。霉菌的菌落具有“霉味”。同一种霉菌,在不同成分的培养基上形成的菌落特征可能有变化。但各种霉菌,在一定培养基上形成的菌落形状、颜色等却相对稳定,故菌落特征也是鉴定霉菌的重要依据之一。

微生物形态特征及其最适生长 pH 值见表 1-1。

表 1-1 四大类微生物形态特征及其最适生长 pH 值

微生物	个体形态	菌落特征	繁殖方式	最适生长 pH 值
细菌	单细胞,有杆、球和螺旋三种基本形态。细胞核结构不完整,无核膜。杆菌宽 $0.5\mu\text{m}$ ~ $1\mu\text{m}$,长 $1.5\mu\text{m}$ 左右	湿润、光滑、半透明或不透明。菌落与培养基结合不紧,易被挑起。菌落颜色有白、黄、灰、红等。一般有臭味。	裂殖	6.5~7.5
放线菌	菌丝无横隔,菌丝宽度与杆菌宽度相似,细胞结构不完善。	干燥、坚硬、有褶皱,菌体与培养基结合紧,难被挑起。有土腥味。	孢子丝断裂生成孢子	7.0~7.5
酵母菌	单细胞,圆或卵圆形,细胞核结构完整,细胞直径 $5\sim 6\mu\text{m}$	菌落特征与细菌相似,但比细菌菌落略大。	芽殖、裂殖,有的还可进行有性繁殖	3.0~6.0
霉菌	菌丝有横隔或无横隔,细胞结构和菌丝宽度与酵母相似。	棉絮状或绒毛状,有各种颜色,菌落大。一般有霉味。	菌丝片段和各种有性或无性孢子	3.0~6.0

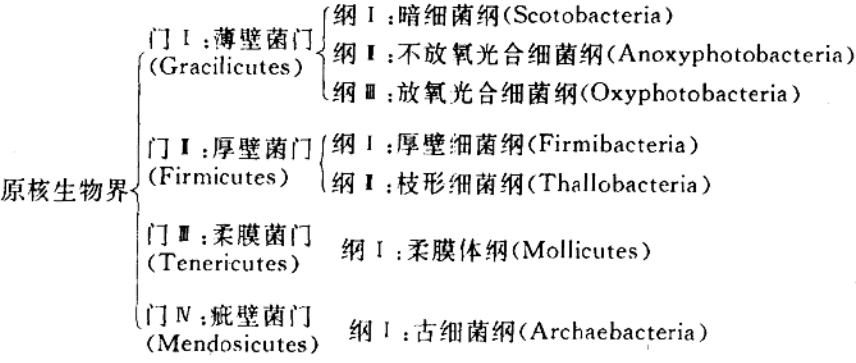
第二节 微生物的分类系统

一、原核微生物的分类系统

细菌、放线菌等原核微生物的分类系统较多,目前较有代表性和有参考价值的分类系统是

美国的《伯杰氏细菌学鉴定手册》(Bergey's Manual of Determinative Bacteriology)(以下简称“手册”)。 “手册”自 1923 年、1925 年、1930 年、1934 年、1939 年、1948 年、1957 年和 1974 年分别出版了第 1~8 版。 又于 1994 年出版了第 9 版。 另外,由于近年来细菌分类学的迅速发展,材料骤增,“手册”编委会还出版了一部综合性的细菌分类学手册,称《伯杰氏系统细菌学手册》(第一版),共分四卷。 第一卷(1984 年)内容为一般医学或工业的革兰氏阴性细菌;第二卷(1986 年)为除放线菌之外的革兰氏阳性细菌;第三卷(1989 年)为古细菌、蓝细菌和其他的革兰氏阴性细菌;第四卷(1989 年)为放线菌。 “手册”对细菌的高级分类单位做了重大修改,尤将嗜盐细菌、产甲烷细菌等列在疵壁菌门的古细菌纲中。 手册在分类方法学方面的变化充分反映了分子生物学的研究成果,这为建立自然体系奠定了坚实的基础。

《伯杰氏系统细菌学手册》中的高级分类单元如下:



伯杰氏细菌分类系统

(根据《伯杰氏系统细菌学手册》编译)

第 I 卷

第 1 部分 螺旋体

目 I.	螺旋体目	(Spirochaetales)
科 I.	螺旋体科	(Spirochaetaceae)
属 I.	螺旋体属	(Spirochaeta)
属 II.	脊螺旋体属	(Cristispira)
属 III.	密螺旋体属	(Treponema)
属 IV.	疏螺旋体属	(Borrelia)
科 II.	钩端螺旋体科	(Leptospiraceae)
属 I.	钩端螺旋体属	(Leptospira)

其他种类

白蚁和食木蟑螂后肠中的螺旋体

第 2 部分 好氧的、微好氧的、有动力的螺状/弧状革兰氏阴性细菌

属	水螺菌属	(Aquaspirillum)
属	螺菌属	(Spirillum)
属	固氮螺菌属	(Azospirillum)
属	海洋螺菌属	(Oceanospirillum)