

# 水产微生物学

陈奖励 何昭阳 赵文 主编

农业出版社

# 水产微生物学

陈奖励 何昭阳 赵文 主编

农业出版社

(京)新登字060号

**水产微生物学**

陈奖励 何昭阳 赵文 主编

\* \* \*

责任编辑 江社平

农业出版社出版 (北京市朝阳区农展馆北路2号)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

850×1168mm32开本 16.875印张 425千字

1993年9月第1版 1993年9月北京第1次印刷

印数 1—610册 定价 21.25元

ISBN 7-109-02767-8/Q·163

## 前 言

鉴于水产专业微生物学的教学中，一直缺乏适当的教材，我们几所院校和科研单位总结吸收了教学和科研实践经验，并参阅了近年来国内外有关的研究成就，编写了这本《水产微生物学》。

本书共分十一章，在微生物学的一般理论上，着重介绍了水生生态学、鱼类免疫学、水生动物的病原微生物以及水产品与微生物方面的知识，除可作水产专业的基本教材外，也可作为从事水产养殖和水产科学研究工作人员的参考书。

在本教材的编写过程中，曾得到吉林农业大学林锦鸿教授、上海水产大学孙其焕副教授、大连水产学院南春华副教授的指导，在此表示诚挚的谢意。

由于编写时间仓促，加之我们水平有限，遗漏和错误在所难免。诚恳希望各位读者提出宝贵的意见。

编 者

1992年1月

# 目 录

绪言 .....	1
第一章 细菌 .....	3
第一节 细菌的形态与结构 .....	3
一、细菌的大小 .....	3
二、细菌的基本形态与排列 .....	4
三、细菌的多样性 .....	6
四、细菌的基本构造 .....	6
五、细菌的特殊结构 .....	11
第二节 细菌形态的检查方法 .....	15
第三节 细菌的生理 .....	16
一、细菌的营养 .....	17
二、细菌的生长与繁殖 .....	25
第四节 细菌的培养特性 .....	28
一、培养基的类型 .....	28
二、细菌在培养基上的生长特性 .....	30
第五节 细菌的致病性与传染 .....	30
一、细菌的致病性 .....	30
二、传染 .....	37
第二章 真菌 .....	43
第一节 真菌的形态与结构 .....	43
一、酵母菌 .....	43
二、霉菌 .....	46
三、真菌常见代表属 .....	47
第二节 真菌的繁殖 .....	50
一、酵母菌的繁殖方式 .....	50
二、霉菌的繁殖方式 .....	51

第三节 真菌形态的检查方法 .....	53
一、酵母菌的形态观察 .....	53
二、霉菌的形态观察 .....	54
第三章 病毒 .....	56
第一节 病毒的基本性状 .....	56
一、病毒的特征 .....	56
二、病毒的形态与结构 .....	57
三、病毒的增殖 .....	61
四、动物病毒的其他特性 .....	64
五、病毒的抵抗力 .....	67
六、病毒的分类 .....	68
第二节 病毒性传染与免疫 .....	70
一、病毒性感染 .....	70
二、抗病毒免疫 .....	72
第三节 病毒性感染的检测方法 .....	74
一、病料的采集与送检 .....	74
二、病毒的分离培养 .....	75
三、形态检测 .....	77
四、病毒的数量与感染性测定 .....	78
五、血清学检查 .....	79
六、病毒核酸的检查 .....	80
第四节 噬菌体 .....	81
一、形态与结构 .....	81
二、噬菌体的增殖 .....	82
三、噬菌体的抵抗力 .....	82
四、噬菌体的分离培养 .....	82
五、噬菌体的应用 .....	83
第四章 其他类型的微生物 .....	84
第一节 放线菌 .....	84
一、放线菌的形态与结构 .....	85
二、放线菌的菌落特征 .....	86
三、放线菌的繁殖方式 .....	87

四、放线菌的生理 .....	87
第二节 蓝细菌 .....	88
一、蓝细菌的形态与结构 .....	88
二、蓝细菌的繁殖 .....	90
三、蓝细菌的生态及分布 .....	92
四、蓝细菌的代表属 .....	94
第三节 粘细菌 .....	97
第四节 鞘细菌 .....	99
第五节 蛭弧菌 .....	101
第六节 立克次氏体、衣原体、霉形体、螺旋体 .....	104
一、立克次氏体 .....	104
二、衣原体 .....	105
三、霉形体 .....	107
四、螺旋体 .....	109
第五章 消毒与灭菌 .....	112
第一节 物理方法 .....	113
一、温度 .....	113
二、干燥 .....	117
三、辐射 .....	117
四、超声波 .....	119
五、渗透压 .....	120
六、过滤除菌 .....	120
第二节 化学方法 .....	122
一、常用的化学药剂 .....	122
二、影响化学药剂作用的因素 .....	128
第三节 化学治疗剂 .....	129
一、磺胺类 .....	130
二、呋喃类 .....	131
三、抗生素 .....	131
四、抗菌中草药 .....	134
第六章 微生物的遗传与变异 .....	136
第一节 微生物的变异现象 .....	137

一、变异现象 .....	131
二、诱变因素 .....	139
三、突变的随机性 .....	142
第二节 微生物遗传变异发生的机制 .....	142
一、突变 .....	143
二、基因转移和重组 .....	148
第三节 基因工程 .....	153
一、基因工程原理 .....	153
二、基因工程的应用 .....	157
第四节 微生物变异的实际意义 .....	158
一、诊断方面 .....	158
二、治疗方面 .....	159
三、预防方面 .....	159
四、其他方面 .....	160
<b>第七章 微生物的分类 .....</b>	<b>162</b>
第一节 微生物的分类地位 .....	162
第二节 微生物的分类和命名 .....	164
一、细胞结构微生物的分类和命名 .....	164
二、无细胞结构微生物的分类单位 和命名 .....	168
第三节 微生物的分类方法 .....	168
一、微生物分类的根据 .....	168
二、微生物的分类方法 .....	170
第四节 微生物的分类系统 .....	176
一、原核微生物的分类系统 .....	176
二、真核微生物的分类系统 .....	179
<b>第八章 水生微生物生态学 .....</b>	<b>183</b>
第一节 水体中微生物的分布 .....	183
一、水生微生物数量和生物量的测定 .....	184
二、内陆水体中微生物的分布 .....	187
三、海洋中微生物的分布 .....	199
四、沉积物中微生物的分布 .....	206
五、水生生物体上微生物的分布 .....	210



第二节 环境因素对水生微生物的影响 .....	216
一、物理因素 .....	216
二、化学因素 .....	226
三、生物因素 .....	236
第三节 水生微生物的作用 .....	241
一、微生物与能量流 .....	241
二、微生物与食物链 .....	245
三、微生物与物质循环 .....	247
四、微生物与水污染 .....	265
第九章 免疫学 .....	284
第一节 免疫学概述 .....	284
一、免疫的概念 .....	284
二、免疫的类型 .....	286
第二节 抗原与抗体 .....	288
一、抗原 .....	288
二、抗体 .....	294
第三节 免疫系统 .....	305
一、哺乳动物的免疫系统 .....	305
二、鱼类的免疫系统 .....	311
第四节 免疫应答 .....	318
一、非特异性免疫应答 .....	318
二、特异性免疫应答 .....	323
第五节 血清学反应 .....	337
一、概述 .....	337
二、血清学反应 .....	340
第六节 鱼类免疫实施 .....	350
一、免疫接种的方法 .....	350
二、影响鱼类免疫的因素 .....	353
第十章 水生动物的病原微生物 .....	363
第一节 病原细菌 .....	363
一、弧菌属 .....	363
二、气单胞菌属 .....	370

三、爱德华氏菌属 .....	377
四、鲁克尔耶氏菌 .....	381
五、杀鱼巴氏杆菌 .....	384
六、假单胞菌属 .....	387
七、嗜鳃黄杆菌 .....	392
八、屈挠杆菌属 .....	394
九、鱼害粘球菌 .....	399
十、鳃肾杆菌 .....	402
十一、分支杆菌属 .....	404
十二、诺卡氏菌属 .....	407
十三、链球菌属 .....	409
<b>第二节 病原真菌</b> .....	<b>413</b>
一、水霉属 .....	413
二、棉霉属 .....	418
三、杀鱼丝囊霉 .....	419
四、鳃霉属 .....	420
五、霍氏鱼醉菌 .....	421
六、镰刀菌属 .....	424
七、链霉菌病 .....	426
<b>第三节 水生动物病毒</b> .....	<b>428</b>
一、疱疹病毒科 .....	428
二、虹彩病毒科 .....	433
三、杆状病毒科 .....	435
四、弹状病毒科 .....	436
五、呼肠孤病毒科 .....	444
六、双节段RNA病毒科 .....	449
<b>第十一章 水产品与微生物</b> .....	<b>455</b>
<b>第一节 水产品中的微生物</b> .....	<b>455</b>
一、水产品中的微生物群 .....	456
二、水产品中的微生物污染 .....	457
三、水产品中微生物的繁殖 .....	459
<b>第二节 腐败细菌与水产品保鲜</b> .....	<b>461</b>

一、腐败变败的概念 .....	461
二、新鲜水产品的腐败 .....	462
三、冷冻水产品的腐败 .....	464
四、熟食水产品的腐败 .....	465
五、鱼肉腊肠的腐败 .....	469
六、水产罐头的腐败 .....	470
七、其他水产加工品的腐败 .....	471
八、水产品保鲜与保藏 .....	472
<b>第三节 食物中毒性微生物</b> .....	<b>474</b>
一、副溶血性弧菌 .....	474
二、沙门氏菌 .....	478
三、病原性大肠杆菌 .....	482
四、葡萄球菌 .....	486
五、肉毒梭菌 .....	489
六、产气荚膜梭菌 .....	492
七、蜡样芽孢杆菌 .....	495
八、小肠结肠炎耶氏菌 .....	497
九、空肠弯曲杆菌 .....	499
十、变形杆菌 .....	500
<b>第四节 水产品的微生物学检验</b> .....	<b>502</b>
一、检样的采取与处理 .....	502
二、菌落总数的测定 .....	503
三、大肠菌群的测定 .....	506
四、副溶血性弧菌检验 .....	507
五、沙门氏菌检验 .....	510
六、病原性大肠杆菌检验 .....	513
七、葡萄球菌检验 .....	517
八、肉毒梭菌检验 .....	518
九、产气荚膜梭菌检验 .....	520
十、蜡样芽孢杆菌检验 .....	522
十一、小肠结肠炎耶氏菌检验 .....	523
十二、空肠弯曲杆菌检验 .....	525

## 绪 言

微生物是指个体微小、结构简单、肉眼看不见、必须借助光学显微镜或电子显微镜才能观察到的微小生物。微生物的种类繁多，它包括非细胞结构的病毒，单细胞的细菌、放线菌、螺旋体、霉形体（支原体）、衣原体、立克次氏体以及单细胞或多细胞的真菌等8类。也有人把单细胞藻类与原生动物归属于微生物。

微生物在自然界中分布最广。在地球表面上，除了火山喷发口外，无论在土壤、水，还是在空气；上达十几公里的高空、下至数千米的海底，在物体的表面以及动物机体与外界相通器官的孔道中都有它们的存在。微生物不仅分布广，而且它们的数量也多。一滴污水中，会有几千万个细菌，一克土壤中有几百万到几亿个微生物。自然界微生物虽然这样多，但绝大多数对人和动物是有益的。例如牛羊等反刍动物由于微生物的共生才能消化草料中的纤维素；动物消化道中的酵母菌可以合成大量蛋白质和维生素B与K等供机体需要；人和动物肠道中的乳酸菌能产生乳酸，限制腐败菌和某些病原菌的生长，保证消化机能的正常进行；光合细菌等饵料能提高鱼类产量。此外，微生物还积极参与自然界各种物质转化，把动植物尸体分解成水和二氧化碳等无机化合物，可净化环境。假如地球上没有微生物，那么，其他生物的存在也是不可思议的。除了大部分有益的微生物以外，还有一部分微生物寄生于人、动物和植物体内，引起人和动植物发生各种各样的传染病，这类微生物就称为病原微生物。至今，某些病原微生物导致的疾病，仍然严重威胁着人体健康和农牧渔业的发展。微生物的破坏性还表现在工业产品、农副产品、水产品和生活用品的

腐蚀和霉烂。防止和消除微生物的有害活动，或使之转害为利，是微生物学的重要研究内容。

微生物学是研究微生物及其生命活动的学科，研究的内容涉及微生物的形态结构、分类鉴定、生理生化、生长繁殖、遗传变异、生态以及微生物之间、微生物与其他生物之间的相互关系；微生物在农牧渔业、工业、环境保护、医疗卫生事业各方面的应用等。微生物学是生物学的重要组成部分，它既是应用科学，又是基础学科，而且经常与分子生物学联系在一起，在探讨生命本质、生命活动规律、生物的起源与进化等方面有着重要意义。由于微生物结构简单、生长繁殖迅速、易于培养以及突变体应用的方便，使它们成为研究生物学中许多基本问题的良好材料而受到重视。它的基础科学是生物学、化学、生物化学及物理学。

微生物学随着研究范围的日益扩大和深入，逐渐形成了一些分支科学。着重研究微生物学基本问题的有普通微生物学、微生物分类学、微生物生理学、微生物生态学、微生物遗传学等。依研究对象的种类分，有细菌学、真菌学、病毒学等。根据微生物学在不同领域的应用又可分为农业微生物学、工业微生物学、医学微生物学、兽医微生物学、食品微生物学、乳品微生物学、石油微生物学、海洋微生物学、土壤微生物学、水产微生物学等。各分支微生物学学科的相互配合、相互促进，有利于微生物学的全面深入发展。

水产微生物学是在微生物学的一般理论基础，研究微生物与水产养殖环境、水生动物疾病、水产品的关系，并利用微生物学与免疫学的知识和技能来诊断、防治水生动物疾病，防止水产品的腐败和水产品引起的食物中毒，以保障水产业的发展。它与鱼病学、淡水化学、水生生物学、水产品加工等学科有着密切的联系，是水产专业的一门重要的基础学科。

(陈奖励)

# 第一章 细菌

## 第一节 细菌的形态与结构

### 一、细菌的大小

细菌的个体非常微小,必须用显微镜才能看见,它们的大小常用微米来计算 (Microm或简写 $\mu\text{m}$ )。各种细菌的大小很不一致,杆菌长 $0.5\sim 10\mu\text{m}$ ,宽 $0.2\sim 1.0\mu\text{m}$ ;球菌的直径为 $0.3\sim 1.2\mu\text{m}$ ,螺形菌长 $3\sim 50\mu\text{m}$ 。不仅不同种类的细菌有不同的大小,即使

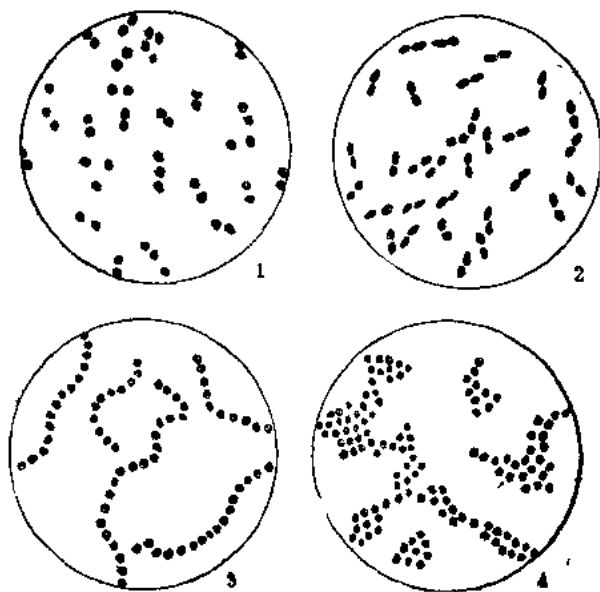


图 1-1 各种球菌的基本形态与排列

1、2.双球菌 3.链球菌 4.葡萄球菌

是同一种类，由一个细胞繁殖来的细菌，也可以有不同的大小，如大肠杆菌就有 $1\sim 3\mu\text{m}$ 的差别，因此在实际观察时必须引起注意。

## 二、细菌的基本形态与排列

细菌的基本形态有三类，即球形（球菌，图1—1）、杆状（杆菌，图1—2）和螺旋形（螺旋菌，图1—3）。

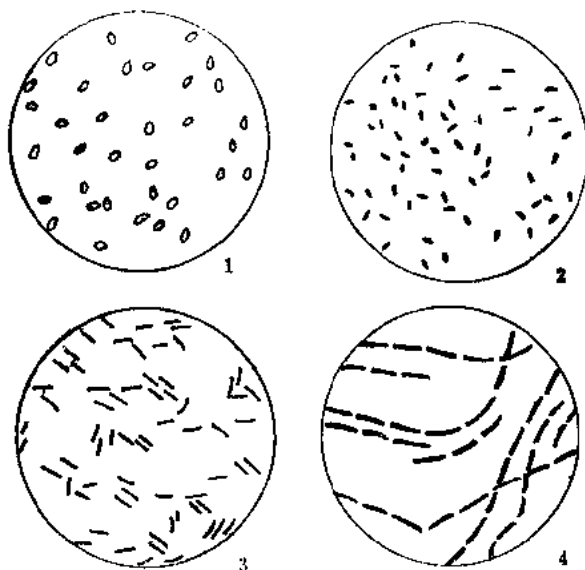


图 1—2 各种杆菌的基本形态与排列

1、2.小杆菌 3.中等大杆菌 4.链杆菌

**（一）球菌** 单个菌体基本呈球形，也有呈卵圆形，按其分裂的方向和分裂后的排列状况，可分为以下几种。

1.双球菌。菌细胞在一个平面上分裂，分裂后两个菌体成对排列。菌体有的是半球状（淋病双球菌）或肾脏形（脑膜炎双球菌），也有呈矛头状（肺炎双球菌）。

2.链球菌。菌细胞在一个平面上连续分裂，分裂后的菌体联

在一起，形成几个或几十个菌体组成的长链条，如化脓链球菌。

3. 四联球菌。菌细胞在两个相互垂直的平面上分裂，分裂后四个细菌联在一起，呈“田”字形。

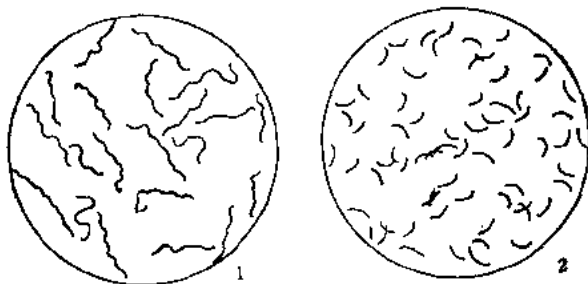


图 1—3 螺旋菌的形态与排列

1. 螺旋菌 2. 弧菌

4. 八联球菌（或称八叠球菌）。菌细胞在三个互相垂直的平面上分裂，分裂后八个细菌联在一起，形似捆包状的立方体。

5. 葡萄球菌。菌细胞在不同平面上进行不规则的分裂，分裂后菌细胞无秩序地堆积在一起，形成葡萄串状排列，如金黄色葡萄球菌等。

（二）杆菌 菌体呈杆状，正直或稍弯曲，菌端多钝圆，也有的尖锐（如梭菌）或呈方形（如炭疽杆菌）。杆菌的大小依种类而不同，大杆菌如柱状屈挠杆菌，长 $3\sim 10\mu\text{m}$ ；中等大杆菌如大肠杆菌长 $2\sim 3\mu\text{m}$ ；小杆菌如流行性感胃杆菌仅长 $0.7\sim 1.5\mu\text{m}$ 。此外，少数杆菌呈分支状（如海分支杆菌）；有的菌体一端膨大，呈棒槌状（如棒状杆菌）；有的菌体很短，近似球杆状（如杀鱼巴氏杆菌）。杆菌的排列方式有3种，即单在、成双或成链。

（三）螺旋菌 菌细胞弯曲或成捻转状，有以下两种形态。

1. 弧菌。菌体只有一个弯曲，而且不超过圆周的四分之一，在显微镜下观察呈逗点状，如鳃弧菌等。

2. 螺菌。菌体有 $2\sim 6$ 个螺旋状弯曲，好似拔塞子的钻头一



样，如鼠咬症螺菌。

### 三、细菌的多样性

上述各种形态是细菌在适宜的环境条件下所呈的典型形态。在恒定的条件下，细菌的形态是相当恒定的。但当周围环境发生变化时，尤其是处于不利的环境条件下，细菌为了适应周围的环境条件，同时在形态和大小上发生一定的变化，亦即产生所谓的多样型（又称衰颓型或变异型）。

引起细菌形态、大小变化的原因很多，陈旧培养物内的细菌，由于缺乏营养物质和代谢产物的蓄积，可能出现梭形或细丝状等异常形态；又如向培养基中加入各种不同浓度的盐类、免疫血清，或者改变培养基的酸碱度，增高培养的温度以及应用各种放射线予以照射，均可使细菌呈长丝状、连锁状、球形或分支状等畸形态；又如青霉素可使细菌变形、膨大，杆菌伸长成丝状，革兰氏阳性菌可能变为阴性等等；霍乱弧菌在陈旧的培养基上，也可因代谢产物堆积的影响，形成大球形、巨大的螺旋形和阿米巴形等。如鼠疫杆菌培养在含3%食盐的琼脂上，也能出现类似的形态。但是如消除这些外来因素，细菌仍然可能恢复原来的状态，假若这些因素长期持续作用于菌细胞，则以后即使消除这些因素，想恢复其本来形态也是不易的。因此在菌种保存和传代过程中，必须经常注意保持恒定的条件，以免出现畸形态。

### 四、细菌的基本构造

细菌的基本结构是指所有细菌都具有的细胞结构。它包括细胞壁、胞浆膜、细胞浆和核物质等（图1—4）。

（一）细胞壁 位于细菌细胞的最外层，是一层无色透明、坚韧而又具有弹性的膜壁。细胞壁占细胞干重的10~40%。由于其折光性和对染料的亲和力低，除个别大型细菌外，一般在光学显微镜下很难看到。若用特殊方法处理，如使细菌放在高渗盐水