

高等医药院校教材
(供卫生专业用)

卫生微生物学

郁庆福 主编
杨均培

内 容 简 介

本书是一本专为预防医学编写的微生物学教材（不包括医学微生物学）。内容有水细菌、水病毒，空气、土壤、食品的微生物，另单列药品、化妆品的微生物污染和医院内感染章节。

除理论阐述外，还附有卫生微生物实验部分，与所编教材内容配合使用。

本书供已学过医学微生物学的医学院卫生专业学生应用。也可供卫生防疫、卫生检验、医院预防保健、药品化妆品工作者参考。

卫 生 微 生 物 学

郁庆福、杨均培 主编

人民卫生出版社出版
(北京市崇文区天坛西里 10 号)

人民卫生出版社印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行

787×1092毫米16开本 10 1/4印张 226千字
1984年10月第 1 版 1984年10月第 1 版第 1 次印刷
印数：00,001—14,100
统一书号：14048·4812 定价：1.10元

编写说明

鉴于预防医学的迅速发展，卫生微生物学对卫生专业已成为不可缺少的基础课程。在我们从事卫生微生物学工作过程中，很多单位（工业、农业、环境保护、防疫等部门）提出在生产、生活中急需解决的卫生微生物课题，深深体会到迅速发展这门学科的重要性。

据已看到的资料，世界有几十个国家的公共卫生学院设有微生物学课程，但名称各异。如日本公卫学院设有《公共卫生微生物学》；日本大阪大学、苏联的医学院、美国堪克斯大学、黎巴嫩贝鲁特大学等的公卫学院均叫做《卫生微生物学》；秘鲁利马公卫学院称为《微生物在公卫中应用》等等。

卫生微生物是从保护人群出发，研究微生物与外界环境之间的相互作用。它与环境卫生学、流行病学、食品卫生学等关系十分密切，但卫生微生物学研究的基点是上述学科有关的微生物问题，它将给有关卫生学科提供必需的基础知识。

卫生微生物学在我国尚是一门年轻的科学，目前各大专院校还无合适的教材，我们编写这本教材主要供已学过医学微生物学的卫生专业学员使用，也可供从事卫生防疫、卫生检验、医院预防保健工作者参考。内容包括水、食品、空气、土壤、药品、化妆品的微生物以及医院内感染。

教材内容力求避免份量过重，并注意反映新近研究进展。如水病毒、食品中真菌是近年研究的重要课题。药品化妆品微生物是适应国民经济发展、人民生活需要而新添的章节。

教材按照 50 学时编写的（五年制），每小时讲 4000 字左右为宜。实验部分每小时约 2000 字。讲课与实习的比例是 3:2。其他学制使用时可酌情增减。

教材的后面部分是实习指导，由前述的各医学院作者分别编写的，另邀请任少珍同志参加水的细菌实验编写。李沛涛同志对实习指导作了很多修改工作。

本教材篇幅不大，但涉及面广，加上我们经验不足，水平有限，可能有缺点和错误，恳希有关专家及同志们给予指正。

郁庆福 杨均培

1983 年 12 月

目 录

第一章 绪论 (卫生微生物学概念、发展简史、与其他学科的关系、卫生微生物学的任务、意义及展望)·····	1
第二章 水中细菌 ·····	4
第一节 淡水中细菌·····	4
第二节 海水中细菌·····	5
第三节 理化因素对水中细菌的影响·····	6
一、氢离子浓度·····	6
二、无机盐·····	6
三、有机物·····	6
四、浊度·····	6
五、氧气·····	6
第四节 生物对水细菌的影响·····	7
一、微生物之间的关系·····	7
二、某些生物对细菌的危害·····	7
三、动植物与水微生物的相互关系·····	8
第五节 水中致病菌·····	8
一、水中致病菌的危害·····	8
二、医院污水·····	9
三、水中各种致病菌 (志贺氏菌属、大肠埃希氏菌、沙门氏菌、霍乱弧菌、副溶血性弧菌、结核杆菌、钩端螺旋体、土拉杆菌、嗜肺军团菌、空肠弯曲菌、小肠结肠炎耶尔森氏菌)·····	9
第六节 水的卫生细菌学指标·····	12
一、选作指示菌的条件·····	12
二、大肠菌群·····	12
三、粪链球菌·····	13
四、生活饮用水的细菌学标准·····	13
五、测定方法·····	13
第七节 微生物在污水处理中的作用·····	14
一、需氧处理法·····	14
二、厌氧处理法·····	15
第三章 水中病毒 ·····	17
第一节 水中病毒的意义·····	17
第二节 水中病毒的种类·····	18
第三节 影响水中病毒存活的因素·····	19
一、物理因素·····	19

二、化学因素·····	19
三、生物因素·····	20
第四节 水中病毒的传播方式·····	20
第五节 水中病毒之检测·····	22
第六节 水中病毒的去除·····	23
第七节 水中病毒的卫生标准·····	26
第四章 食品微生物概论·····	27
第一节 食品中常见的细菌·····	28
一、假单胞菌属·····	28
二、醋酸杆菌属·····	28
三、产碱杆菌属·····	29
四、黄杆菌属·····	29
五、沙雷氏菌属·····	29
六、埃希氏菌属和肠杆菌属·····	29
七、志贺氏菌属·····	29
八、沙门氏菌属、变形杆菌属、弧菌属·····	29
九、乳酸杆菌属·····	30
十、微球菌属和葡萄球菌属·····	30
十一、链球菌属·····	30
十二、芽胞杆菌属·····	30
十三、梭状芽胞杆菌属·····	30
第二节 食品中的酵母菌·····	31
一、啤酒酵母·····	31
二、毕赤氏酵母属·····	31
三、产朊假丝酵母·····	31
四、红酵母属·····	31
五、球拟酵母属·····	32
第三节 食品中常见的霉菌·····	32
一、毛霉属·····	32
二、根霉属·····	33
三、曲霉属·····	33
四、青霉属·····	34
五、木霉属·····	35
六、交链孢霉属·····	36
七、芽枝霉属·····	36
八、镰刀菌属·····	36
九、单端孢霉属·····	37
十、葡萄状穗霉属·····	38
第五章 引起食物中毒的常见细菌·····	39

第一节 细菌性食物中毒概述	39
第二节 引起食物中毒的常见细菌	39
一、沙门氏菌	39
二、变形杆菌	41
三、致病性大肠埃希氏菌	41
四、副溶血性弧菌	42
五、链球菌	43
六、蜡样杆菌	44
七、产气荚膜杆菌	44
八、葡萄球菌	45
九、肉毒杆菌	46
十、小肠结肠炎耶尔森氏菌	47
十一、空肠弯曲菌	48
十二、酵米面黄杆菌	48
第三节 细菌性食物中毒的微生物学检查及防治原则	49
一、微生物学检查步骤	49
二、防治原则	49
第六章 真菌毒素和真菌性食物中毒	51
第一节 概论	51
一、真菌毒素中毒症的概念	51
二、主要产毒真菌	51
三、主要真菌毒素	51
四、真菌产毒的条件	51
五、真菌毒素致病的特点	52
六、真菌毒素的分类	52
七、致癌性真菌毒素	53
第二节 真菌性食物中毒	54
一、麦角中毒	54
二、葡萄穗霉毒素中毒症	55
三、食物中毒性白细胞缺乏症	55
四、赤霉病麦中毒	56
五、黄变米中毒	57
六、黄曲霉毒素中毒	57
第七章 各种食品中的微生物	60
第一节 乳及乳制品中的微生物	60
一、乳中的致病微生物	60
二、乳的变败及其有关微生物	61
三、乳的变败与温度	62
四、乳制品中可利用的微生物	63

五、乳粉及炼乳中的微生物·····	64
六、乳及乳制品的微生物学管理·····	64
第二节 肉类中的微生物·····	65
一、肉类中微生物的污染来源·····	65
二、污染肉类的微生物种类·····	65
三、肉类的腐败、变败·····	65
四、影响肉类变败的因素·····	66
第三节 鱼类中的微生物·····	66
一、鱼类中微生物的污染及其类型·····	66
二、鱼类的腐败、变败·····	66
第四节 禽蛋中的微生物·····	67
一、禽蛋的污染·····	67
二、禽蛋的变败·····	67
第五节 罐藏食品中的微生物·····	68
一、罐藏食品的污染·····	68
二、罐藏食品的性质与变败的类型·····	68
三、引起罐藏食品的腐败、变败的微生物·····	69
第六节 食品的微生物学检查·····	70
一、检查的目的·····	70
二、样品的采取·····	70
三、样品的处理·····	71
四、检查程序及卫生标准·····	72
第八章 空气中微生物·····	73
第一节 微生物在空气中的分布及其来源·····	73
一、室外空气·····	73
二、室内空气·····	74
第二节 微生物在空气中传播的方式·····	76
一、尘埃·····	76
二、飞沫·····	76
三、飞沫核·····	77
第三节 微生物气溶胶的感染与免疫·····	77
一、气溶胶的概念·····	77
二、微生物气溶胶的感染性·····	78
三、机体对微生物气溶胶的免疫应答·····	78
四、气溶胶在医学上的应用·····	79
第四节 空气中微生物的检测·····	81
一、沉降平板法·····	81
二、筛孔和裂隙式采样法·····	81
三、滤膜法·····	82

四、液体撞击法	82
第五节 空气的净化与消毒	83
一、综合性措施	83
二、物理方法	83
三、化学方法	84
第九章 土壤中微生物	85
第一节 土壤微生物的种类和分布	85
一、土壤微生物的种类	85
二、土壤微生物的分布	86
第二节 微生物在土壤中的作用	87
一、氮化物的转化——氮循环	87
二、碳化物的转化——碳循环	88
三、硫化物的转化——硫循环	88
第三节 土壤中的致病微生物	89
第四节 土壤的卫生微生物学检测	90
一、主要检查项目	90
二、检验方法	90
第十章 医药品、化妆品的微生物污染	93
第一节 医药品、化妆品引起的感染	93
一、医药品、化妆品感染的实例	93
二、非无菌制剂的微生物污染	94
第二节 医药品、化妆品中污染的细菌数及其特定菌	98
一、口服药剂	98
二、外用药剂	98
第三节 医药品、化妆品的微生物评定标准	98
第四节 医药品、化妆品污染的原因及其预防	99
一、原料	99
二、制造过程中的污染	100
三、药剂使用时的污染	100
第五节 医药品、化妆品的微生物学检查	101
一、医药品、化妆品的无菌检查	101
二、医药品、化妆品的微生物检查	102
第十一章 医院内感染	105
第一节 医院内感染的概念	105
第二节 医院内感染涉及的因素	105
一、病原微生物	105
二、宿主	107
三、环境	107
四、预防和治疗措施	107

第三节 医院内感染的来源·····	108
第四节 医院内感染的传播途径·····	109
第五节 医院内的各种感染·····	110
一、呼吸道感染·····	110
二、新生儿脑膜炎·····	110
三、肠道细菌感染·····	111
四、病毒性胃肠炎·····	111
五、新生儿的衣原体感染·····	111
六、病毒性肝炎·····	112
七、烧伤及手术感染·····	113
八、新近认识的几种医院内感染的致病菌·····	113
第六节 医院内感染的控制及预防·····	114
一、医院建筑的布局·····	114
二、流行病学监视·····	114
三、建立可靠的实验室·····	114
四、严格的隔离和消毒·····	115
五、护理及操作·····	115
六、健全医院管理制度·····	115
实习指导 ·····	116
实验一 水的卫生细菌学检验 ·····	116
一、检验细菌的水样采集·····	116
二、细菌总数的测定·····	117
三、大肠菌群的检验·····	118
四、水中粪链球菌的检验·····	122
实验二 水中致病菌的检验 ·····	128
一、水样的采集和处理·····	128
二、水中沙门氏菌属的检验·····	129
实验三 奶粉中金黄色葡萄球菌的检查 ·····	129
实验四 细菌性食物中毒的检查 ·····	132
一、蜡样杆菌食物中毒的检查·····	132
二、副溶血性弧菌食物中毒的检查·····	133
实验五 常见产毒霉菌的观察 ·····	134
一、大培养·····	135
二、小培养·····	135
实验六 粮食中产毒霉菌的检验 ·····	136
一、样品采集·····	136
二、分离培养·····	137
三、菌落计数·····	138
四、菌落观察和记录·····	138

实验七 空气中细菌的检查	140
一、咳碟法	141
二、沉降法	141
三、滤过法	141
实验八 土壤的卫生细菌学检查	142
一、样本的采集及处理	143
二、梭状芽胞杆菌值测定	143
实验九 医药品、化妆品的卫生细菌学检验	144
一、无菌检查	144
二、微生物检查(细菌总数的测定、霉菌总数的测定、特定菌检查)	145

第一章 绪 论

卫生微生物学是生物学的一个分支，它是随着预防医学的发展而派生的。卫生微生物学是研究微生物（包括致病的和非致病的）与外界环境之间的相互关系、如何影响人类健康以及消除其危害的对策。微生物生态学是它的重要组成部分。

卫生微生物学萌芽很早，它的发展历史，几乎与微生物发现的历史相同步。巴斯德（Louis Pasteur, 1822—1895）发现在空气中存在着微生物。他将培养基暴露于空气中，次日能见到云雾状混浊。如将肉汤事先加热杀死微生物后，加一棉塞，就不再被污染了，他确信微生物至少部分来源于空气。

英国外科医生李斯特（Joseph Lister, 1827—1912）研究认为开放性伤口感染是由空气中微生物引起的。根据这一设想，他在外科手术前用石炭酸喷洒于空气中，避免了创口感染。

英国医师亨特（William Hunter）发明用纱布口罩以防空气传播。

水的微生物研究可追溯到十七世纪吕文胡克（Antony Van Leeuwenhoek, 1632—1723），他用简单的显微镜观察了自然水中各种大小微生物，并作详尽的描写。

土壤微生物研究比较早的，如1877年施罗辛（Schloesing）及莫兹（Muntz）做了一个有趣的实验，他们将土壤及砂装入玻璃管内，上面加入含有铵盐的污水，20天后从下面管口流出的液体中发现了硝酸。当时企图分离起硝化作用的微生物没有成功。后来在1891年维诺格拉斯基（Winogradsky）发表论文，报告了一种能以二氧化碳为碳源和能源的、能进行硝化作用的细菌。

1888年贝依林克（Beigerinck）及1889年柏拉兹莫夫斯基（Prazmowski）报告了根瘤菌的共生固氮作用，并获得了根瘤菌的纯培养，用这种菌接种豆类可形成根瘤，从而为自然界生物固氮作用开创了崭新的领域。

有关卫生微生物的研究虽然开始的很早，但它的发展缓慢，因在过去几十年里，人们集中注意于疾病的病原学研究。近年随医学科学进展，逐渐认识到保护环境的重要性，人们发现孤立地研究机体内微生物，而对人所生存的环境中微生物置之不问已难以解决预防疾病问题。例如不了解海洋细菌具有嗜冷性特点，就难以了解海鱼在一般冷藏条件下某些菌仍能生长，鱼仍有可能发生变质现象。

嗜肺军团杆菌（*Legionella pneumophila*）是通过空气传播的，可引起呼吸系统疾病，病死率25%。多数研究报告指出，此病发生与空调系统被污染有关。在疾病暴发的地方的冷却塔、管道系统装置中的水多次分离到嗜肺军团杆菌。当污染的水雾化成微生物气溶胶状态时，经通风管道送入室内引起肺部感染。因此，嗜肺军团杆菌在水中的生态学及其来源已引起科学家们密切关注和强烈兴趣。

小肠结肠炎耶尔森氏菌（*Yersinia enterocolitica*）、霍乱弧菌、空肠弯曲菌（*Campylobacter jejuni*）、钩端螺旋体等病原体均可引起水型暴发。这些微生物怎样从水中分离，如何以生态学观点和知识去阐明对这些疾病的影响，都涉及到环境中微生物的一系列问题。

由此可见，研究微生物与外环境的关系是多么重要！从上述数例，就不难明白，对卫生医师来说，基础医学中所学的医用微生物学内容已不能满足预防工作的需要。

卫生微生物学与医学微生物学是有区别的。医学微生物学主要是研究引起人类传染病的致病微生物及其在机体内所引起的反应。所以它所涉及的主要是致病微生物与机体之间的关系。而卫生微生物学则是研究微生物与环境之间相互作用的科学。着眼于它对群体的影响。

卫生微生物学与环境卫生学、食品卫生学、流行病学等学科关系密切，但卫生微生物学研究基点是上述各学科有关的微生物问题，因此它将为以上各学科提供必要的基础。所以也是跨多学科的边缘科学。

研究这门学科需具有生物学，遗传学、生物化学等广泛知识。由于现代科学技术的进展，便有可能从细胞水平及分子水平上去探索微生物与环境之间关系的奥秘。因此，卫生微生物学也是一门宏观与微观相结合的科学。

卫生微生物学的任务是研究微生物在各种外环境中的生态，诸如分布、种类、生存力、变异及各种物理、化学、生物因素的影响；研究各种环境中微生物检测方法，这些方法不但是可用于定性，而且更重要的是用于定量，借以观察微生物在环境中消长规律；研究被微生物污染的外界环境及如何在疾病传布流行中起作用；以及研究消除微生物、净化环境的对策。

卫生微生物的意义可概括为下列四方面：

1. 致病微生物存在于环境中，直接或间接地传播给人类各种疾病，如土壤中炭疽杆菌通过食草动物，人接触这些动物或其污染环境而发病。人饮用污染霍乱弧菌的生水而导致霍乱流行。医院内金黄色葡萄球菌污染空气可发生院内感染。泥蚶污染了甲型肝炎病毒引起甲型肝炎暴发。

2. 自然界物质循环中的重大作用 自然界的物质生物循环由两部分组成，化学元素的有机质化（即生物合成）和有机物质的无机质化（即分解）。前者主要是由植物和无机营养型微生物（自养菌，Autotrophic bacteria）来实现的。后者则由有机营养型微生物（异养菌，Heterotrophic bacteria）及动物来完成的。碳、氮、硫、磷等元素的循环都必须依赖微生物才能进行。

3. 利用微生物处理污水、净化土壤 在水等环境中去除化学污染物的各种方法中，微生物占最首要的地位。活性污泥及生物膜方法已广泛应用于处理污水，获得良好效果。农药污染环境已成为重要卫生问题。环境中有机农药（DDT、666、有机磷等）的降解主要依靠微生物的作用。有的微生物如假单胞菌属（*Pseudomonas*）、无色杆菌属（*Achromobacter*）能以农药为唯一碳源及能源。由于人们对环境中微生物知识的贫乏，微生物所潜在的为人类造福的巨大能力还远未被发现和利用。

4. 作为卫生监测的指标 水、食品、土壤、空气等环境是否被致病微生物所污染？污染的程度如何？可以用某些微生物作为测定的指示菌。化学物质是否具有致癌性也已广泛应用变异的鼠伤寒沙门氏菌（组氨酸营养缺陷型）等菌株进行检测，此种方法叫做 Ames 试验。

近年，世界各国在水病毒研究中已取得较大进展，由于水浓缩技术的改进，已分离到病毒至少 100 种。水质的病毒指标已列为当前研究的课题之一。

比较容易证实的细菌性水型暴发，虽然很常见，但微生物在水中的生态研究尚少。已报告副溶血性弧菌能在含几丁质的甲壳动物表面繁殖。埃尔托弧菌也证实能在自然水中越冬和繁殖。这些研究成果，对阐明传染病的传播、控制均有极重要的理论价值和实际意义。这说明病原体不只是来自宿主体，也可来自自然界。

食品中真菌是较近发展起来的一个新项目。多种真菌毒素可引起中毒，其中某些已在动物实验结果证明有致癌性。这些真菌在各种食物中分布的种类、生存繁殖的条件、产毒情况等问题还未充分阐明。某些国家对真菌在食物中污染已制订出若干卫生标准，国内也急需填补这一空白。食品中微生物问题由于某些方面还缺乏研究资料，未建立卫生标准，使外贸工作受影响，经济上遭受损失。

微生物气溶胶已用于麻疹、布氏杆菌病、流行性感冒等的免疫预防。一些通常非经呼吸道侵入的致病微生物由于应用人工微生物气溶胶的技术，可使感染剂量大为减少，致病的病状也比自然感染的严重。这方面的知识已被应用于生物战，对人类造成很大的威胁，值得严重关切。

药品、化妆品等微生物污染问题已受到欧美、日本等国重视，并已列入卫生微生物教科书中。

环境中微生物是危害人类的一个重要因素，但另一方面，它们又是可利用为净化环境的一种最有前途的工具。我国对去除化学污染的微生物方法也正在研究。如1980年中国科学院已分离到假单胞菌CTP-01株对硫磷具有高效分解能力。蜡样杆菌 (*Bacillus cereus*) 及邻单胞菌属 (*Plesiomonas* sp) 能分解一氯联苯和二氯联苯。此外，耐热放线菌用于堆肥，利用甲烷细菌增加沼气发酵都正在研究中。

卫生微生物在我国尚处于萌芽阶段。人们对这门学科还不十分了解，但它是建设四个现代化的客观需要。建立卫生微生物学及与其相应的教学和研究机构，并促进和扶植其发展是关系到国民经济、人民生活的大事，也是今后在预防医学中极为重要的组成部分。

(郁庆福)

第二章 水中细菌

自然水体中广泛存在着微生物，海水、江水、河水、湖水、井水、泉水虽然物理及化学等性状不同，但一般均能提供微生物合适的生长环境。

水中微生物来源是多方面的，包括土壤、植物、动物及人。下雨时微生物也能从空气中降落到水面上。

生活在水中的微生物种类甚多，有细菌、病毒、真菌、藻类、钩端螺旋体、原虫。细菌种类之多几乎涉及所有细菌的纲目，在 47 科中占 39 科。细菌丛的组成差别甚大，取决于水中有机、无机物的内容、水质 pH、浊度、光、温度、氧气、压力以及微生物能进入水中的来源。大多数水细菌属于异养菌它利用有机物质生长。另一类为自养菌它只需无机物质（二氧化碳，碳酸盐，碳酸氢盐）就能合成新的菌细胞。

水细菌在形态上与陆地上细菌基本相同。水细菌多有动力，具鞭毛。较近，除鞭毛外又发现纤毛。许多水细菌常集合成聚合物，其形状有星状、片状、带状及球状，可能与纤毛有关。

专门生活于水中的细菌能利用很低浓度的营养物，如在某种湖水中只含有醋酸盐及葡萄糖 1~10 微克/立升，也能被细菌所利用。

水中细菌可附着在固体物质上，例如在碎屑上 (Detritus)，也可游离于水中。大多数能以上述的任一方式生活，但某些菌只能以一种方式生活。细菌在碎屑上聚积是由于细菌固有的粘附特性，为水细菌有效利用那些颗粒上的有机物提供有利的条件。

对水中真菌的分布知道的很少。除酵母菌外，所有真菌生长于固体上，只有它们的孢子及菌丝碎片可游离于水中。

第一节 淡水中细菌

淡水中生活的细菌与土壤有很密切关系，水暴露于土壤，受土壤浸泡，故水中细菌与土壤中细菌不易明显分界。

地下水由于土壤过滤的结果，营养成分相对的少，细菌也比地面水（河、江、湖）少。主要是革兰氏阴性无芽胞杆菌，特别是无色杆菌属和黄杆菌属 (Flavobacter)。少数是革兰氏阳性杆菌、微球菌属 (Micrococcus)、诺卡氏菌属 (Nocardia)。没有弧菌、螺菌、棒状杆菌、分枝杆菌。在泉水中还可有铁细菌 (Iron bacteria)、硫细菌等 (Sulphur bacteria)。在温泉中甚至发现酸热硫化叶菌 (Sulfolobus acidocaldarius) 等细菌，这类细菌生长最适温度为 70~75℃。在地下水中几乎没有真菌。

在地面水中，溪水营养含量少。革兰氏阴性的无芽胞菌仍是主要角色。此外，尚有生丝微菌属 (Hyphomicrobium) 等。

随着水的富营养化 (Eutrophication)*，黄杆菌属及无色杆菌属比例越来越少，而假单胞菌科 (Pseudomonadaceae)、芽胞杆菌科 (Bacillaceae)、肠杆菌科 (En-

* 水的富营养化是当水中磷及氮的含量增加时，藻类大量繁殖，藻类的生长死亡，又促使异养菌繁殖，这一过程叫做富营养化。

terobacteriaceae) 细菌变得重要。河水中除已提及的细菌外, 则有弧菌、螺菌、硫细菌、微球菌、八叠球菌 (*Sarcina*)、诺卡氏菌、链球菌、螺旋体。总之, 在地面水中细菌的组成比地下水更具多样性。它们的组成主要取决于水中营养物质的供给情况。

地面水常被污物所污染。生活污水含有大量粪便并富有细菌。在 Kiel 污水调查中腐生菌量为每毫升 3000000~16000000 个。污水中可发现荧光假单胞菌 (*Pseudomonas fluorescens*)、绿脓杆菌 (*Ps. aeruginosa*)、普通变形杆菌 (*Proteus vulgaris*)、枯草杆菌 (*Bacillus subtilis*) 阴沟杆菌 (*Enterobacter cloacae*)、大肠埃希氏菌、粪链球菌 (*Streptococcus faecalis*) 等。还有病毒及噬菌体。

污水流入水源后, 无疑在水源中将会出现肠道致病菌, 这一问题将在下面讨论。

第二节 海水中细菌

海洋由于特定的条件, 海水中微生物与内陆微生物有很大区别。例如, 肠道细菌在海水中很快死亡。在近海岸处, 由于河口淡水流入海形成咸淡水混合物的交界区域, 使陆地与海洋细菌混杂, 其种类及特性可两者兼有。

海水盐的含量平均 3.5%, 海水密度大, 渗透压较高, 冰点较低。盐分中氯化钠含量占 77.8%, 故大多海洋细菌是嗜盐性的, 它们在盐浓度 2.5~4.0% 时生长良好, 在淡水培养基中生长不良。Larsen 按嗜盐程度不同把海洋菌分为低嗜盐 (含盐 2~5%), 中等嗜盐 (5~20%), 高嗜盐 (20~30%)。还有一些耐盐菌 (Salt-tolerant bacteria), 主要在近海岸处发现, 这类菌在淡水中也可生长。

海洋菌中革兰氏阴性菌占多数, 例如, 在南加利福尼亚州 80% 是革兰氏阴性细菌, 而土壤细菌中革兰氏阴性菌只占 27~36%。

大部分海洋菌具有鞭毛, 能运动。多形性是常见的。培养中发现可变的球状、弧状、丝状及螺旋状。在陈旧培养物中还可看到分枝状等多种形状。而在湖水和溪水、土壤中多形性较少见。海洋菌大小比淡水及土壤中的细菌要小。

海洋菌多属兼性厌氧。专性厌氧或专性需氧菌在海洋中很少见, 海洋菌生长的速度比土壤菌慢, 如果土壤菌在琼脂平板上生长需 2~7 天, 海洋菌需 14 天后才有可见的菌落。许多海洋菌能在低营养条件下生活, 甚至在碎屑颗粒上即可生长。菌的多形态的形成也可能与此有关。

海洋菌常可产生各种色素, 以产黄色及桔黄色的多见, 产生色素细菌的存在是鱼体变色原因之一。

海洋菌对蛋白分解能力较强, 对糖分解能力低。而在土壤及淡水中能经常分离到发酵乳糖的细菌。

嗜冷菌的比例在海洋细菌中较大, 它们可在 0~4℃ 环境中缓慢生长 (虽然最适为 18~22℃)。对热是很敏感的, 35℃ 以上将受到不同程度的损害, 时间越长细菌被破坏越多。例如 40℃ 维持 10 分钟, 就会有 80% 菌死亡。海洋菌的这种特性与海水的温度 (90% 低于 5℃) 相适应。了解海洋细菌的嗜冷性质对海鱼冷藏保存具有指导意义。故欲使食品保存较长时间, 要求冷藏库温度低至 -20℃ 以下。

海水中细菌分布是不均匀的, 菌数常与深度成反比, 在 5~50 米深度细菌数最多, 深度超过 50 米细菌就减少。海泥中能找到较多细菌, 距海泥表面越深的地方细菌越少。

在海洋中常见的细菌是假单胞菌属、弧菌属、螺菌属、无色杆菌属和黄杆菌属。

第三节 理化因素对水中细菌的影响

水细菌受许多理化因素的影响，理化因素可影响细菌的种类，形状，大小，数量及生理。反之，微生物对水的理化性质也发生作用：

一、氢离子浓度

大多数水细菌生长在 pH 4~9 范围。适宜范围是 pH 6.5~8.5。这与一般自然水的 pH 范围相适应。少数种类的细菌能在 pH 3 以下生长，如嗜酸的氧化硫硫杆菌 (*Thiobacillus thiooxidans*)、氧化亚铁硫杆菌 (*Thiobacillus ferrooxidans*)，它们是水中重要的化能自养菌 (Chemoautotrophic bacteria)。

二、无机盐

微生物受无机盐的影响，除了氯化钠外，无机氮、无机磷有较重要的作用，氮及磷是硝化细菌的重要能源。在营养物少的水中，氨、硝酸盐、亚硝酸盐、磷酸盐含量很少，一旦这些物质出现就立即被水生植物所利用了。细菌与藻类在这种条件下发生对无机物的营养竞争。

重金属类无机物对菌有抑制或杀灭作用，甚至很低浓度也具有毒性。工业废水中如铜、汞污染的水，可使不少种细菌死亡。

三、有机物

悬浮或溶于水中的有机物是异养菌生长的重要营养物。水中细菌、真菌数量及其组成很大程度上依赖于有机物浓度及种类，在有机物聚集丰富的水底，细菌总数及腐生菌数量甚大。当水被富有蛋白质的污水污染时，腐败性细菌占优势。当水中纤维素多时，分解纤维的细菌及真菌增多。所以水中有机物组成改变时，微生物丛将很快发生相应变化。

许多藻类、细菌及真菌不能合成维生素，而要靠有合成维生素能力的藻类、细菌及真菌（特别是酵母菌）供给，最重要的是维生素 B₁、B₁₂、H。例如某些水真菌如藻菌目的 *Thraustochytrium globosum* 只能在维生素 B₁₂ 存在时生长。

四、浊度

水的浊度影响水微生物的生存和繁殖。水中悬浮着很多颗粒，这些颗粒包括：

1. 无机物质的细小颗粒。
2. 含有无机及有机物质的碎屑。
3. 浮游生物（小动物及植物浮游在水中）。

在低营养的水中发现大多数微生物生活在悬浮颗粒上，微生物在此上面比游离于水中的环境更好，悬浮颗粒可提供细菌的营养并起保护作用。故随着水的混浊度的增加，细菌数也常上升。但在无机盐颗粒上，这种关系并不十分密切。

五、氧气

微生物根据对氧需求不同分为专性需氧，兼性厌氧，专性厌氧。水中细菌以兼性厌氧者多。水内氧是以溶解氧形式存在的。水中藻类因具光合作用也供给氧气，但只产生于水体表面有光线的地方。水底层则常造成缺氧，故深层水中有时只限于厌气菌生长。在生活污水、工业污水污染的地面水，由于掺入了大量有机物质，水中溶解氧降低引起

缺氧现象，就会影响某些种类微生物生长。

第四节 生物对水细菌的影响

除了物理、化学因素外，生物也影响水微生物。在生物群中各成员之间存在着复杂的关系。在相互关系中比较重要的有下列几个方面：

微生物之间的相互关系；某些生物对细菌的危害；动植物与水微生物的相互关系。

一、微生物之间的关系

各种微生物生存于一个生态系统中，可表现许多类型的相互联系 (Microbial association) 或相互作用。重要的有以下几种类型：偏利共生 (Commensalism)，互利共生 (Mutualism)，拮抗 (Antagonism)，竞争 (Competition)。

(一) 偏利共生 二种微生物存在于同一环境中，对一种微生物生长有利，而对另一种无影响。例如，当喉拭标本接种于平板上，生长在靠近金黄色葡萄球菌菌落周围的流感杆菌 (*Haemophilus influenzae*) 菌落常比平板其他部位上生长的要大。这是因为金黄色葡萄球菌能分泌一种V因子 (NAD, Nicotinamide adenine dinucleotide) 可促进流感杆菌的生长。在自然界同样存在这种现象。例如，在岩石表面生长着的一些微生物能溶解岩石表面的无机物，使其他种微生物得以利用。藻类在光合作用过程中所产生的氧，可促进专性需氧菌的生长。

(二) 互利共生 是指二种微生物在同一环境中彼此能促进生长。例如，阿拉伯乳酸杆菌 (*Lactobacillus arabinosus*) 与粪链球菌 (*Str. faecalis*) 在没有叶酸和苯丙氨酸培养基中均能生长良好。前者能产生叶酸，叶酸是后者所需要的。后者能产生苯丙氨酸，正是前者所需要的。这二种菌在同一环境中进行营养交换，形成一个对二者生长均有利的环境。

(三) 拮抗 一种微生物影响另一种微生物生长的现象叫拮抗。金黄色葡萄球菌和绿脓杆菌二者与曲霉菌属 (*Aspergillus*) 对抗的。假单胞菌以色素抑制曲霉菌孢子的发芽。金葡菌可产生抗真菌物质它使土曲霉 (*A. terreus*) 变形，菌丝膨胀。

(四) 竞争 当两种以上微生物生活在同一环境中，由于它们需要摄取共同营养，使一方或双方的生长受到限制，这种现象叫做营养竞争 (Competition for nutrients) 生长最好的常是利用营养最快的那种微生物。

Oberhöfer 等将大肠埃希氏菌与金黄色葡萄球菌混合培养，大肠埃希氏菌生长速度往往超过金黄色葡萄球菌，因在金黄色葡萄球菌尚未大量繁殖之前，有限的营养已被大肠埃希氏菌所耗尽。又如，在营养成分含量少的情况下，海洋中的螺菌与大肠埃希氏菌发生营养竞争，结果螺菌生长占了优势。当含有丰富的有机物的污水流入河流或溪流时，有机物浓度在无机化及稀释过程中逐渐减少，污水中的优势菌就会被河或溪水中固有菌所取代。

二、某些生物对细菌的危害

许多生物能吞食微生物，某些则专以微生物为食料。帆口虫 (*Cyclodium Sp.*) 和斜管虫 (*Chinedollena unciata*)，能吞噬霍乱弧菌。瓣鳃类的软体动物、海绵及其他具有纤毛薄膜的滤食性动物过滤大量水，滤食细菌等混悬物。软体动物的鳃每小时能滤进 2.2~2.9 立升海水。生食被伤寒杆菌等沙门氏菌污染的牡蛎等贝壳类是十分危