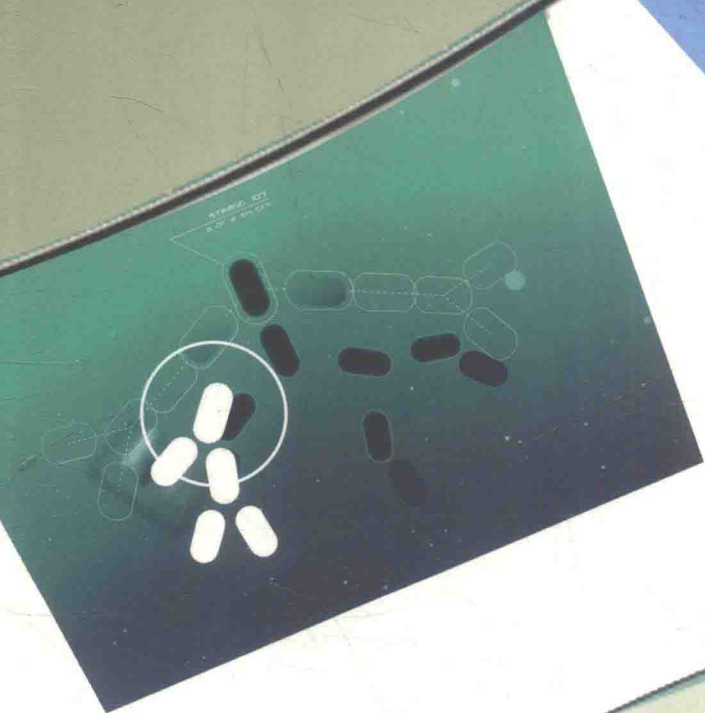


# 现代食品微生物学 研究进展探析

何 熹/著



中国水利水电出版社  
[www.waterpub.com.cn](http://www.waterpub.com.cn)

# 现代食品微生物学研究进展探析

何熹◎著



中国水利水电出版社  
[www.waterpub.com.cn](http://www.waterpub.com.cn)

· 北京 ·

## 内 容 提 要

本书从食品微生物的基础理论出发,介绍了学科发展的前沿,最后以益生菌为代表,进行了详细介绍。全书主要包括:绪论、微生物的营养与代谢、食品微生物的生长及其控制、微生物与食品生产、微生物与食品的腐败变质、微生物与食源性疾病、微生物与食品安全、益生菌的生理功能及应用、益生菌分子遗传学与基因工程、益生菌在乳品中的应用。

本书可作为高等院校食品科学与工程、食品质量与安全、生物工程、生物技术、营养与食品卫生及相关专业的参考用书,对于相关专业的科技人员及相关生产领域的专业人员也具有参考价值。

## 图书在版编目(CIP)数据

现代食品微生物学研究进展探析 / 何熹著. — 北京:  
中国水利水电出版社, 2018.5  
ISBN 978-7-5170-6424-4

I. ①现… II. ①何… III. ①食品微生物—微生物学—研究进展 IV. ①TS201.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第074645号

责任编辑:陈洁

封面设计:王伟

|      |                                                                                                                                                                |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 书 名  | 现代食品微生物学研究进展探析<br>XIANDAI SHIPIN WEISHENGWUXUE YANJIU JINZHAN TANXI                                                                                            |
| 作 者  | 何熹 著                                                                                                                                                           |
| 出版发行 | 中国水利水电出版社<br>(北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038)<br>网址:www.waterpub.com.cn<br>E-mail:mchannel@263.net(万水)<br>sales@waterpub.com.cn<br>电话:(010)68367658(营销中心)、82562819(万水) |
| 经 售  | 全国各地新华书店和相关出版物销售网点                                                                                                                                             |
| 排 版  | 北京万水电子信息有限公司                                                                                                                                                   |
| 印 刷  | 三河市同力彩印有限公司                                                                                                                                                    |
| 规 格  | 170mm×240mm 16开本 12.75印张 225千字                                                                                                                                 |
| 版 次  | 2018年5月第1版 2018年5月第1次印刷                                                                                                                                        |
| 印 数  | 0001—2000册                                                                                                                                                     |
| 定 价  | 52.00元                                                                                                                                                         |

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换  
版权所有·侵权必究

## 前 言

当前,不少有远见卓识的科学家都同意“21 世纪将是生物学世纪”的见解。在“生物学世纪”中,微生物学将起着特别重要的作用。在自然科学中,如果说生命学是一门“朝阳科学”,则微生物学只能认为是一门“晨曦科学”;如果说微生物学是一座“富矿”,则目前它还是一座刚剥去一层表土的富矿。这是因为在微生物中存在着高度的物种、遗传、代谢和生态类型的多样性。微生物的多样性构成了微生物资源的丰富性,而微生物资源的丰富性则决定了对它的研究、开发和利用的长期性。

食品是人类生命活动赖以生存的物质,食品工业是人类的生命工业,也是永恒不衰的朝阳工业。微生物与食品质量控制密切相关,食品微生物学是食品科学的重要组成部分,在食品的贮藏、运输、加工制造过程中都存在许多微生物学问题:一方面是利用有益微生物的作用生产食品;另一方面是防止有害微生物污染食品,保证食品安全。食品微生物学课程的任务是使学生掌握丰富的食品微生物学的基本原理、技能、方法以及食品质量的控制等,为专业课以及毕业后从事食品生产和管理工作奠定坚实的基础。

食品微生物学是食品科学领域的一门重要学科,也是有关食品专业的一门重要的核心课程。本书既注重微生物学的基础,又突出微生物与食品的关系。在介绍了微生物学的基础上,又对微生物与食品的关系、食品中微生物的作用,以及益生菌的功能和作用进行了详细阐述。

本书的出版得到了山东省高等学校科技计划项目(项目编号:J17KA152)的资助,在此表示感谢。

由于本人水平有限,书中的错误在所难免,恳请各位同仁和读者批评指正,以便进一步修改、完善。

齐鲁工业大学(山东省科学院) 何熹

2017 年 12 月

## 目 录

## 前言

|                            |       |
|----------------------------|-------|
| 第一章 绪论 .....               | (1)   |
| 第一节 食品微生物学的历史与发展 .....     | (1)   |
| 第二节 食品中主要微生物的特性 .....      | (3)   |
| 第三节 食品中微生物的研究内容与任务 .....   | (4)   |
| 第二章 微生物的营养与代谢 .....        | (6)   |
| 第一节 微生物的营养 .....           | (6)   |
| 第二节 微生物的能量代谢 .....         | (17)  |
| 第三节 微生物的分解与合成代谢 .....      | (20)  |
| 第四节 微生物的次级代谢 .....         | (31)  |
| 第三章 食品微生物的生长及其控制 .....     | (38)  |
| 第一节 微生物的生长与繁殖 .....        | (38)  |
| 第二节 环境对微生物生长的影响 .....      | (42)  |
| 第三节 微生物生长的测定 .....         | (54)  |
| 第四章 微生物与食品生产 .....         | (61)  |
| 第一节 食品工业中常用的细菌及其应用 .....   | (62)  |
| 第二节 食品工业中的酵母菌及其应用 .....    | (68)  |
| 第三节 食品工业中的霉菌及其应用 .....     | (73)  |
| 第四节 微生物酶和菌体的应用 .....       | (76)  |
| 第五节 微生物发酵中杂菌污染及其防治 .....   | (79)  |
| 第五章 微生物与食品的腐败变质 .....      | (84)  |
| 第一节 食品的微生物污染及其控制 .....     | (84)  |
| 第二节 微生物引起食品腐败变质的原理 .....   | (93)  |
| 第三节 微生物引起食品腐败变质的环境条件 ..... | (95)  |
| 第六章 微生物与食源性疾病 .....        | (100) |
| 第一节 食源性疾病概要 .....          | (100) |
| 第二节 细菌性食物中毒 .....          | (102) |

|                          |       |
|--------------------------|-------|
| 第三节 真菌性食物中毒 .....        | (105) |
| 第四节 食品介导的病毒感染 .....      | (111) |
| 第七章 微生物与食品安全 .....       | (117) |
| 第一节 食品安全的微生物指标 .....     | (117) |
| 第二节 食品中微生物的检验 .....      | (125) |
| 第八章 益生菌的生理功能及应用 .....    | (131) |
| 第一节 益生菌与胃肠道健康 .....      | (131) |
| 第二节 益生菌与免疫 .....         | (132) |
| 第三节 益生菌的抗血压作用 .....      | (136) |
| 第四节 益生菌及高胆固醇血症 .....     | (148) |
| 第九章 益生菌分子遗传学与基因工程 .....  | (156) |
| 第一节 LAB 遗传分析——基因转移 ..... | (157) |
| 第二节 LAB 遗传工程 .....       | (159) |
| 第三节 转座子 .....            | (166) |
| 第四节 CRISPR/Cas 系统 .....  | (168) |
| 第十章 益生菌在乳品中的应用 .....     | (174) |
| 第一节 乳品用益生菌的种类及选择 .....   | (174) |
| 第二节 益生菌的制备技术 .....       | (178) |
| 第三节 益生菌的产品稳定性 .....      | (182) |
| 第四节 益生菌乳制品 .....         | (188) |
| 参考文献 .....               | (196) |

## 第一章 绪论

微生物学是研究微生物及其生命活动规律和应用的科学,本章主要从微生物学的发展过程、食品中主要微生物的特性、食品中微生物的研究内容与任务等三方面对微生物进行全面概括的阐述。

### 第一节 食品微生物学的历史与发展

#### 一、微生物学的发展过程

人类在长期的生产实践中利用微生物,认识微生物,研究微生物,改造微生物,使微生物学的研究工作得到日益深入和发展。微生物学的发展过程一般可分为五个时期。

##### (一) 朦胧时期(史前期)

早在 4000 多年前的龙山文化时期,我国劳动人民就会利用微生物制曲、酿酒,并以其工艺独特、历史悠久、经验丰富、品种多样的特点闻名世界,这是我国人民在史前期的重大贡献。当时埃及人也已学会烤制面包和酿造果酒。2500 年前春秋战国时期,我们的祖先已发明制酱和食醋。公元 7 世纪(唐代)食用菌的人工栽培是我国劳动人民的首创,要比西欧(最早是法国)早 11 个世纪。在农业上,我国早在商代已使用沤粪肥田。在医学方面,我国劳动人民早在 2500 年前就知道用曲治疗消化道疾病,很早以前就应用茯苓、灵芝等真菌治疗疾病。2000 多年前认识和防治许多传染病如狂犬病。公元 11 世纪(宋代)接种人痘苗预防天花已广泛应用。18 世纪末英国医生琴纳(E.Jenner)提出用牛痘苗预防天花。

##### (二) 形态学描述时期(初创期)

人类对微生物的利用虽然很早,并已推测自然界存在肉眼看不见的微小生物,但由于科学技术条件的限制,无法用实验证实微生物的存在。显微镜的发明揭开了微生物世界的奥秘。17 世纪下半叶,荷兰人安东·列文虎克(Antong Van Leeuwenhock, 1632—1723)发现了细菌、酵母菌和原生动物,为微生物的存在提供了有力证据,开始了微生物的形态学描述时期,并一直持续到 200 多年后的 19 世纪中叶。安东·列文虎克则成为微生物学的先驱者。

### (三) 生理学研究时期(奠基期)

19 世纪中叶,以法国人路易·巴斯德(Louis Pasteur,1822—1895)和德国人柯赫(Robert Koch,1843—1910)为代表的科学家将微生物的研究从形态学描述阶段推进到生理学研究阶段,揭示了微生物是造成葡萄酒发酵酸败和人畜传染病的原因,并建立了接种、分离、培养和灭菌等一整套独特的微生物学基本研究方法,从而奠定了微生物学的基础,同时开辟了医学和工业微生物等分支学科。

#### (1) 巴斯德的主要贡献。

巴斯德的主要贡献主要有:

1) 彻底否定了“自然发生”学说(该学说认为一切生物是自然发生的)。巴斯德在前人工作的基础上进行了著名的曲颈瓶实验。取一个曲颈瓶和直颈瓶,内盛有机汁液(肉汁),两者同时加热以杀死瓶中原有微生物,而后长久置于空气中。结果曲颈瓶中没有微生物发生,而直颈瓶中出现大量微生物使肉汁变质。由此证明了肉汁变质是由于外界微生物侵入的结果,并不是自然发生的。从此,将微生物的研究从形态描述阶段推进到生理学研究的新阶段。

2) 创立了巴氏消毒法。他认为酒的变质是有害微生物繁殖的结果,为解决当时法国酒变质问题,他创造的巴氏消毒法( $60^{\circ}\text{C}\sim 65^{\circ}\text{C}$ , 30 min),一直沿用至今,仍广泛用于食品制造业的消毒工作。与此同时他证实了家蚕软化病由病原微生物引起,并解决了“蚕病”的实际问题,推动了病原学的发展,并深刻影响医学的发展。

#### (2) 柯赫的主要贡献。

柯赫曾是一名德国医生,为著名的细菌学家,其功绩在于:

1) 建立了一整套研究微生物的基本技术。他发明了用固体培养基分离和纯培养微生物的技术,即找到了较理想的琼脂作为培养基凝固剂,设计了浇铺平板用的玻璃培养皿,并创造了细菌接种和染色方法。这项技术是研究微生物学的前提条件,一直沿用至今。

2) 对病原菌的研究。他证明了炭疽病、霍乱病和肺结核病由炭疽杆菌、霍乱弧菌和结核杆菌引起,并分离培养出相应的病原菌。1884 年他提出了证明某种微生物是否为某种疾病病原体的基本原则——柯赫法则:①病原菌必须来自患病机体;②从患病机体中分离纯培养必须得到该病原体;③用该纯培养物接种到敏感动物体内必然引发相同的疾病;④从被感染的敏感动物体内能分离到与原来相同的病原菌。这一法则至今仍指导对动植物病原菌的确定。

巴斯德和柯赫的杰出工作,使微生物学作为一门独立的学科开始形成。

此后,李斯特(J.Lister)用杀菌药物防止微生物侵入手术伤口,发明了消毒(无菌)外科操作技术;埃尔里赫(P.Ehrlich)用化学药剂控制病原菌,开创了化学治疗法。20世纪以来,微生物成为重要的研究对象和研究材料,微生物学进入了高速发展时期,相继建立了微生物学各分支学科。

#### (四)生物化学研究时期(发展期)

1897年德国人毕希纳(E.Büchner)对酵母菌“酒化酶”进行生化研究,发现了磨碎的酵母菌仍能发酵葡萄糖产生酒精,并将此具有发酵能力的物质称为酶。这样,发酵现象的本质才真正被认识。此外,他还发现微生物的代谢统一性,并开展广泛寻找微生物的有益代谢产物,开始了生物化学研究阶段。毕希纳则成为生物化学的奠基人。1929年英国医生弗莱明(A.Fleming)发现青霉素能抑制细菌生长,此后开展了对抗生素的深入研究,并用发酵法生产抗生素。

#### (五)分子生物学研究时期(成熟期)

进入20世纪,电子显微镜的发明,同位素示踪原子的应用,生物化学、生物物理学等边缘学科的建立,推动了微生物学向分子水平的纵深方向发展。同时微生物学、生物化学和遗传学的相互渗透,又促进了分子生物学的形成。

## 二、21世纪的微生物学的展望

20世纪的微生物学走过了辉煌的历程,面对新的21世纪,将是一幅更加绚丽多彩的立体画卷,在这个时期可能还有人类预想不到的科学成果。

(1)微生物基因组学研究将全面展开。

(2)微生物与环境之间、微生物与其他生物之间和微生物之间的相互关系的研究更加深入。

(3)微生物的生命现象的特性和共性将受到高度重视。

(4)微生物与其他学科实现更广泛的交叉,获得新的发展。

(5)微生物产业将呈现全新的局面。

## 第二节 食品中主要微生物的特性

### 一、代谢活力强

微生物的体积虽小,但有极大的比表面积,因而微生物能与环境之间迅速进行物质交换,吸收营养和排泄废物,而且有最大的代谢速率。从单位重量来看,微生物的代谢强度比高等生物大几千倍到几万倍。

## 二、繁殖快

一般的微生物是以裂殖的方式进行繁殖,如果在温度适中、湿度适中、营养物质丰富的情况下,微生物的繁殖时间大概在十几分钟就可以繁殖一代,这是其他生物界中无法比拟的生物活体。

## 三、种类多,分布广

无论是在土壤、河流、空气中,还是在动、植物体内,均有各类微生物存在。目前已确定的微生物种类不到 10 万种,有研究表明,此还不足地球上微生物种类的 1%。

## 四、适应性强,易变异

由于微生物的结构过于简单,是细胞直接和环境接触的,所以受环境的影响将会更加的敏感,如果引起遗传物质 DNA 变化时,微生物总体也会改变,甚至是死亡。有益的变异可为人类创造巨大的经济及社会效益,如产青霉素的菌种产生黄青霉,1943 年时每毫升发酵液仅分泌约 20 单位的青霉素,而今早已超过了 5 万单位。同样,有害的变异也给人类带来了巨大的困扰,如各种致病菌的耐药性突变,迫使人类不断地开发新药以应对微生物对原有抗生素的抗药性。

# 第三节 食品中微生物的研究内容与任务

根据我国目前的教学体制,食品微生物学是食品科学学科专业的一门基础学科,主要学习和研究与食品有关的细菌、放线菌、酵母菌、霉菌、蕈菌和病毒的形态结构特征,生长繁殖特性,营养与代谢规律,生态分布规律,遗传变异与育种,分类与鉴定,以及在食品制造工业中有益微生物的应用和在食品工业中有害微生物的控制,以达到能主动控制和驾驭微生物整个活动进程的目的,为人类提供营养丰富、健康安全的食物。

## 一、在食品工业中有益的微生物及其应用

前面已提及,微生物与众多食品的制作密切相关,酿造食品的动力是微生物,即生产菌种。酿造食品的全部生产工艺及其条件是以生产菌种为中心。因此,我们只有在较全面地了解微生物的全部生命活动规律的基础上,才有可能达到控制微生物的发酵进程,最经济和最有效地获得微生物的代谢

及发酵产物。未来食品工业的发展趋势有以下两个方面：其一是利用现代生物育种技术对生产菌种进行改良；其二是利用现代生物工程技术对传统食品工艺进行改造。自然界微生物资源极其丰富，它有着极其广阔的开发前景，有待我们去研究、开发和利用。为人类提供更多更好的食品，是食品微生物学的重要任务之一。

## 二、在食品工业中有害的微生物及其控制

微生物能引起果蔬、粮食、乳、肉、鱼、禽、蛋、罐藏食品等各类食品的腐败变质，使食品的营养价值降低或完全丧失。有些是使人类致病的病原菌，有些能产生毒素，引起食源性疾病和食物中毒，影响人体健康，甚至危及生命。因此，食品微生物学的另一重要任务就是研究与食源性疾病和食物中毒有关的微生物生物学特性及其危害，并进行监测、预测和预报，建立食品安全生产的微生物学卫生指标和质量控制体系，以确保食品的安全性。

## 第二章 微生物的营养与代谢

微生物与其他生物一样,需要不断地从生长的外部环境中吸取所需要的各种营养物质,合成自身的细胞物质和提供机体进行各种生理活动所需要的能量,才能使机体进行正常的生长与繁殖,保证其生命的连续性,并能够进一步合成有益的各种代谢产物。

营养物(或营养素,nutrient)是指具有营养功能的物质,常常还包括光能这种非物质形式的能源在内。微生物的营养物可为它们正常生命活动提供结构物质、能量、代谢调节物质和良好的生理环境。

### 第一节 微生物的营养

#### 一、微生物的六大营养素

微生物的培养基种类繁多,它们之间存在着“营养上的统一性”(见表2-1)。

表 2-1 微生物和动物、植物营养要素的比较

| 生物类型<br>营养要素 | 动物<br>(异养) | 微生物                    |             | 绿色植物<br>(自养) |
|--------------|------------|------------------------|-------------|--------------|
|              |            | 异养                     | 自养          |              |
| 碳源           | 糖类、脂肪      | 糖、醇、有机酸等               | 二氧化碳、碳酸盐    | 二氧化碳、碳酸盐     |
| 氮源           | 蛋白质或其降解物   | 蛋白质或其降解物、有机氮化物、无机氮化物、氮 | 无机氮化物、氮     | 无机氮化物        |
| 能源           | 与碳源同       | 与碳源同                   | 氧化无机物或利用日光能 | 利用日光能        |
| 生长因子         | 维生素        | 一部分需要维生素等生长因子          | 不需要         | 不需要          |
| 无机盐          | 无机盐        | 无机盐                    | 无机盐         | 无机盐          |
| 水分           | 水          | 水                      | 水           | 水            |

具体地说,微生物的营养要素有六种,即是碳源、氮源、能源、生长因子、无机盐和水。

### (一)碳源

凡能够提供微生物营养所需的碳元素(碳架)的营养源,称为碳源(carbon source)。碳源在微生物体内通过一系列复杂的化学变化合成细胞物质并为机体提供生理活动所需要的能量。细菌细胞中的碳元素占细胞重量的 50%。微生物可利用的碳源范围是极其广泛的,可从表 2-2 中看到。

表 2-2 微生物的碳源谱

| 类型  | 元素水平                                | 化合物水平                  | 培养基原料水平                |
|-----|-------------------------------------|------------------------|------------------------|
| 有机碳 | $C \cdot H \cdot O \cdot N \cdot X$ | 复杂蛋白质、核酸等              | 牛肉膏、蛋白胨、花生饼粉等          |
|     | $C \cdot H \cdot O \cdot N$         | 多数氨基酸、简单蛋白质等           | 一般氨基酸、明胶等              |
|     | $C \cdot H \cdot O$                 | 糖、有机酸、醇、脂类等            | 葡萄糖、蔗糖、各种淀粉、糖蜜等        |
|     | $C \cdot H$                         | 烃类                     | 天然气、石油及其不同馏分、石蜡油等      |
| 无机碳 | $C(?)$                              | —                      | —                      |
|     | $C \cdot O$                         | $CO_2$                 | $CO_2$                 |
|     | $C \cdot O \cdot X$                 | $NaHCO_3$ 、 $CaCO_3$ 等 | $NaHCO_3$ 、 $CaCO_3$ 等 |

注: X 指除 C、H、O、N 外的任何其他一种或几种元素。

在微生物发酵工业中,常根据不同微生物的营养需要,利用各种农副产品的淀粉,作为微生物生产廉价的碳源。这类碳源往往包含了几种营养要素,只是其中各要素的比例不一定适合各种微生物的要求(表 2-3)。

表 2-3 糖蜜的化学成分

| 成分       | 含量(%) | 成分          | 含量(%) |
|----------|-------|-------------|-------|
| 水        | 20    | 灰分(10 种)    | 12    |
| 蔗糖       | 35    | 含氮化合物 *     | 3.5   |
| 葡萄糖      | 7     | 不含氮类 **     | 5     |
| 果糖       | 9     | 蜡质、甾醇和磷脂    | 0.3   |
| 其他糖类(八种) | 3     | 色素(三种以上)    | —     |
| 其他还原物质   | 3     | 维生素(八种) *** | —     |

注: \* 包括 23 种氨基酸(Ala, Asp, Gln, Gly, Leu, Lys, Ser, Thr, Val 等)、3 种核苷酸和少量蛋白质。

\*\*\*:包括5种以上有机酸,如乌头酸、柠檬酸、苹果酸、甲基反丁烯二酸和琥珀酸等。

\*\*\*:包括生物素(1~3)、胆碱(880)、叶酸(0.3~0.4)、烟碱酸(17~30)、泛酸(20~60)、 $B_1$ (0.6~1.0)、 $B_2$ (2~3)、 $B_6$ (1~7)(以上括号内数据的单位均为  $\mu\text{g/g}$ )

## (二) 氮源

凡能提供微生物生长繁殖所需氮元素的营养源,称为氮源。一个细菌细胞中的氮元素占细胞干重的12%左右,是细胞的重要组成部分。与碳源相似,微生物能利用的氮源种类即氮源谱也是十分广泛的(表2-4)。

表2-4 微生物的氮源谱

| 类型  | 元素水平                                                                   | 化合物水平              | 培养基原料水平                        |
|-----|------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------|
| 有机氮 | $\text{N} \cdot \text{C} \cdot \text{H} \cdot \text{O} \cdot \text{X}$ | 复杂蛋白质、核酸等          | 牛肉膏、酵母膏、饼粕粉、蚕蛹粉等               |
|     | $\text{N} \cdot \text{C} \cdot \text{H} \cdot \text{O}$                | 尿素、一般氨基酸、简单蛋白质等    | 尿素、蛋白胨、明胶等                     |
| 无机氮 | $\text{N} \cdot \text{H}$                                              | $\text{NH}_3$ 、铵盐等 | $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 等 |
|     | $\text{N} \cdot \text{O}$                                              | 硝酸盐等               | $\text{KNO}_3$ 等               |
|     | $\text{N}$                                                             | $\text{N}_2$       | 空气                             |

## (三) 能源

能源(energy source)即能为微生物的生命活动提供最初能量来源的营养物或辐射能。

异养微生物的能源就是其碳源,因此,微生物的能源谱可简单概括为:

微生物能源谱  $\left\{ \begin{array}{l} \text{化学物质(化学营养型)} \left\{ \begin{array}{l} \text{有机物: 化能异养微生物的能源(同碳源)} \\ \text{无机物: 化能自养微生物的能源(不同于碳源)} \end{array} \right. \\ \text{辐射能(光能营养型): 光能自养和光能异养微生物的能源} \end{array} \right.$

化能自养微生物的能源物质都是一些还原态的无机物质,能氧化利用这些物质的微生物都是细菌。

## (四) 生长因子

生长因子(growth factor)是一类对微生物正常代谢必不可少且不能用简单的碳源或氮源自己合成的有机物。各种微生物与生长因子的关系可分为以下几类:

(1) 生长因子自养型微生物(auxoautotrophs)。

多数真菌、放线菌和不少细菌。

(2) 生长因子异养型微生物(auxoheterotrophs)。

它们需要多种生长因子,如乳酸细菌、各种动物致病菌、原生动物和支原体等(表2-5)。

表 2-5 一些细菌所需要的维生素

| 维生素                   | 微生物菌种                                        |
|-----------------------|----------------------------------------------|
| 硫胺素(B <sub>1</sub> )  | 炭疽芽孢杆菌( <i>Bacillus anthracis</i> )          |
| 核黄素                   | 破伤风梭菌( <i>Clostridium tetani</i> )           |
| 烟酸                    | 流产布鲁氏杆菌( <i>Brucella abortus</i> )           |
| 吡多醛(B <sub>6</sub> )  | 各种乳酸杆菌( <i>Lactobacillus</i> spp.)           |
| 生物素                   | 肠膜状明串珠菌( <i>Leucomostoc mesenteroides</i> )  |
| 泛酸                    | 摩氏变形杆菌( <i>Proteus morganii</i> )            |
| 叶酸                    | 葡萄糖明串珠菌( <i>Leuconostoc dextranicum</i> )    |
| 维生素 K                 | 产黑素拟杆菌( <i>Bacteroides melaninogenicus</i> ) |
| 钴胺酸(B <sub>12</sub> ) | 乳杆菌( <i>Lactobacillus</i> spp.)              |

## (3) 生长因子过量合成的微生物。

有些微生物在其代谢活动中,会合成出大量的维生素及其他生长因子,因此,它们可以作为维生素等的生产菌。最突出的是生产维生素的阿舒假囊酵母(*Eremothecium ashbya*),其 B<sub>2</sub> 产量可达 2.5g/L 发酵液,棉阿舒囊霉(*Ashbya gossypii*)也生产维生素 B<sub>2</sub>,谢氏丙酸杆菌(*Propionibacterium shermanii*)生产维生素 B<sub>12</sub>。

在做培养基时,可加入富含生长因子的酵母膏(yeast extract)(表 2-6)、玉米浆(corn steep liquor)(表 2-7)、肝浸液(liver infusion)、麦芽汁(malt extract)或其他新鲜的动植物组织浸液,也可加入复合维生素溶液(表 2-8)。

表 2-6 酵母膏中的维生素和氨基酸含量

| 维生素            |           | 氨基酸  |       |      |       |
|----------------|-----------|------|-------|------|-------|
| 种类             | 含量(μg/g)  | 种类   | 含量(%) | 种类   | 含量(%) |
| B <sub>1</sub> | 18~30     | 丙氨酸  | 3.3   | 甲硫氨酸 | 0.7   |
| B <sub>2</sub> | 18~150    | 精氨酸  | 2.0   | 苯丙氨酸 | 1.7   |
| 烟酸             | 300~1 250 | 天冬氨酸 | 3.5   | 脯氨酸  | 1.7   |
| 泛酸             | 20~100    | 胱氨酸  | 0.35  | 丝氨酸  | 2.3   |

续表

| 维生素             |                       | 氨基酸  |       |     |       |
|-----------------|-----------------------|------|-------|-----|-------|
| 吡哆醛             | 25~35                 | 谷氨酸  | 6.7   | 苏氨酸 | 2.3   |
| 种类              | 含量( $\mu\text{g/g}$ ) | 种类   | 含量(%) | 种类  | 含量(%) |
| 叶酸              | 5~10                  | 甘氨酸  | 2.3   | 色氨酸 | 0.5   |
| 肌醇              | 1 000~1 700           | 组氨酸  | 1.2   | 缬氨酸 | 2.5   |
| 胆碱              | 1 000~2 000           | 异亮氨酸 | 2.3   |     |       |
| 生物素             | 0.5~1.0               | 酪氨酸  | 1.6   |     |       |
| 对氨基苯甲酸          | 6                     | 亮氨酸  | 3.0   |     |       |
| B <sub>12</sub> | 0.01                  | 赖氨酸  | 3.5   |     |       |

表 2-7 玉米浆的营养成分

| 成分  | 含量(%)                                       |
|-----|---------------------------------------------|
| 水   | 35~55                                       |
| 总氮  | 2.7~3.5                                     |
| 氨基氮 | 0.15~0.30                                   |
| 还原糖 | 0.1~11.0                                    |
| 乳酸  | 5~15                                        |
| 灰分  | 9~10                                        |
| 挥发酸 | 0.1~0.3                                     |
| 亚硫酸 | 0.009~0.015                                 |
| 氨基酸 | 含 15 种以上氨基酸                                 |
| 维生素 | B <sub>2</sub> 、B <sub>6</sub> 、烟碱酸、泛酸、生物素等 |
| 无机盐 | Ca、Fe、Mg、P、K 等                              |

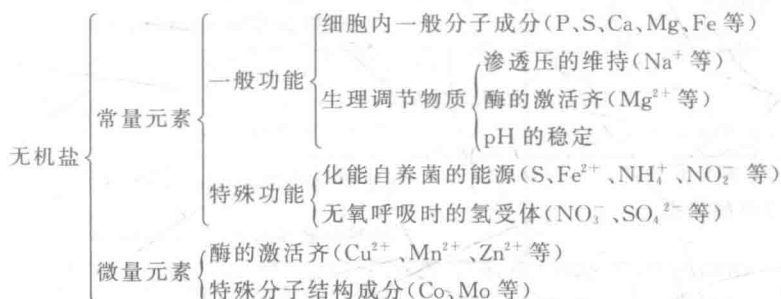
表 2-8 用于培养土壤和水生细菌的复合维生素

| 维生素种类                | 含量     |
|----------------------|--------|
| 生物素                  | 0.2 mg |
| 烟碱酸                  | 2.0 mg |
| 对氨基苯甲酸               | 1.0 mg |
| 泛酸                   | 0.5 mg |
| B <sub>1</sub>       | 1.0 mg |
| B <sub>6</sub> (吡哆胺) | 5.0 mg |
| B <sub>12</sub>      | 2.0 mg |
| H <sub>2</sub> O     | 100 mL |

### (五) 无机盐

无机盐是微生物生长必不可少的一类营养物质,它们为机体提供必需的金属元素。这些金属元素在机体中的生理作用为:参与酶的组成、构成酶的最大活性、维持细胞结构的稳定性、调节与维持细胞的渗透压平衡、控制细胞的氧化还原电位和作为某些微生物生长的能源物质等。

无机盐的生理功能十分重要,现表示如下:



在配制培养基时可根据微生物的需要添加无机元素。

### (六) 水

除了少数微生物如蓝细菌能利用水中的氢作为还原  $\text{CO}_2$  时的还原剂外,其他微生物都不能利用水作为营养物,但它在微生物的代谢中起着重要作用。

水的生理功能有:

- (1) 水是微生物细胞的重要组成成分,占活细胞总量的 90% 左右。
- (2) 机体内的一系列生理生化反应都离不开水。
- (3) 营养物质的吸收与代谢产物的分泌都是通过水来完成的。
- (4) 水的比热高,又是热的良好导体,因而能有效地吸收代谢过程中放出的热并迅速地散发出去,避免细胞内温度突然升高,故能有效地控制温度的变化。

## 二、微生物的营养类型

微生物的营养类型因划分标准不同而结果不同,较多的是以表 2-9 中的 1 和 3 来划分,也有用 1、2 和 3 一起来划分的(见表 2-9、2-10)。