

食品微生物学 及检验技术

SHIPIN WEISHENGWUXUE JI JIANYAN JISHU

刘文玉 魏长庆◎主编



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

食品微生物学及检验技术

主编 刘文玉 魏长庆 副主编 刘巧芝 李晓华 余永婷 参编 林祥群 郑晓吉 胡爽

东南大学出版社 2012.12

ISBN 978-7-315-33000-0

食品微生物学及检验技术

主 编 刘文玉 魏长庆
副主编 刘巧芝 李晓华 余永婷
参 编 林祥群 郑晓吉 胡 爽

 东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS
· 南京 ·

图书在版编目(CIP)数据

食品微生物学及检验技术 / 刘文玉, 魏长庆主编. —
南京: 东南大学出版社, 2015. 12
ISBN 978-7-5641-6246-7

I. ①食… II. ①刘… ②魏… III. ①食品微生物-
食品检验-高等职业教育-教材 IV. ①TS207.4

*中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 316797 号

食品微生物学及检验技术

出版发行 东南大学出版社
出 版 人 江建中
社 址 南京市四牌楼 2 号
邮 编 210096
经 销 新华书店
印 刷 南京工大印务有限公司
开 本 787 mm×1092 mm 1/16
印 张 18.25
字 数 480 千字
书 号 ISBN 978-7-5641-6246-7
版 次 2015 年 12 月第 1 版
印 次 2015 年 12 月第 1 次印刷
定 价 48.00 元

(本社图书若有印装质量问题,请直接与营销部联系,电话:025-83791830)

前 言

本教材以高职高专食品类和农林牧渔类专业学生的培养目标与定位进行编写,教材的编写以“为职业教育服务”为宗旨,依据企业对食品类专业人才的知识、技能要求,突出职业能力培养,突出“必需”“实用”原则,实现行业需要、学科特点和学生发展三者的统一。

本书共分为五章,第一章至第四章是食品微生物学部分,第五章是食品微生物检验技术部分,每章都有与教学内容相应的复习题和技能训练以及知识拓展。具体完成编写工作为:第一章,第二章的第一节、第四节和技能训练一、技能训练二、技能训练三、技能训练七和附录由新疆石河子职业技术学院刘文玉编写;第二章的第三节、技能训练五、技能训练六由石河子大学郑晓吉编写,第二章的第五节、第六节、技能训练八、技能训练九由新疆石河子职业技术学院刘巧芝编写,第三章的第一节、第二节、第三节、技能训练十、技能训练十一、技能训练十二、技能训练十五、技能训练十六、拓展知识由石河子大学魏长庆编写;第三章第四节、第五节、技能训练十二、技能训练十三由新疆轻工职业技术学院胡爽编写;第四章的第一节、第二节由新疆石河子职业技术学院李晓华编写;第五章的第一节、第二节、技能训练十六、技能训练十七由新疆石河子职业技术学院林祥群编写。第二章的第二节、复习题由新疆轻工职业技术学院余永婷编写。全书由刘文玉统稿。

本书适用于高职高专食品生物技术、食品营养与检测、农产品质量检测、食品加工技术、食品贮运与营销等专业,也可作为从事食品企业的技术人员、管理人员的参考书。

本书中的不妥之处,恳请同行专家和广大读者批评指正。

编者

2015年8月

目 录

第一章 绪论.....	1
技能训练一 普通光学显微镜的使用	12
本章复习题	13
【拓展知识】现代微生物学的发展	14
第二章 微生物的形态结构	16
第一节 细菌	16
第二节 放线菌	32
第三节 酵母菌	36
第四节 霉菌	54
第五节 病毒	62
第六节 食用菌	70
技能训练二 细菌的简单染色和革兰染色技术	82
技能训练三 细菌的芽孢、荚膜和鞭毛染色技术	83
技能训练四 酸奶的制作	85
技能训练五 酵母菌的形态观察与大小测定技术	86
技能训练六 葡萄酒的酿造	88
技能训练七 霉菌计数法	90
技能训练八 食用菌形态结构观察	91
技能训练九 食用菌母种培养基的配制	92
本章复习题	93
【拓展知识】微生物的分类与命名	99
第三章 微生物的营养和培养基	103
第一节 微生物的营养素	103
第二节 微生物的生长	115
第三节 微生物生长的控制	127
第四节 微生物的代谢	131

第五节 微生物菌种的选育及保藏	137
技能训练十 干热灭菌及高压蒸汽灭菌	147
技能训练十一 培养基的配制与灭菌	148
技能训练十二 微生物菌种分离纯化及培养技术	150
技能训练十三 微生物的平板菌落计数法	152
技能训练十四 常用菌种的保藏方法	153
本章复习题	155
【拓展知识】菌种保藏机构简介	158
第四章 微生物与食物中毒	161
第一节 食品的微生物污染	161
第二节 微生物与食物中毒	167
技能训练十五 食品中菌落总数的测定技术	194
技能训练十六 食品中大肠菌群的测定技术	196
本章复习题	198
【拓展知识】食品保藏的栅栏技术	199
第五章 食品卫生微生物学检验技术	201
第一节 食品卫生微生物学检验室	201
第二节 食品微生物检验技术	214
技能训练十七 罐头食品中平酸菌的检测	235
技能训练十八 番茄酱中霉菌检测	236
本章复习题	237
【拓展知识】食品微生物快速检测技术	238
附录	243
附录 I 《食品安全国家标准食品微生物学检验总则》(GB 4789.1—2010)	243
附录 II 食品微生物检验的常用试剂及培养基配制	248
附录 III 水质大肠菌群(MPN)检索表	279
附录 IV 实验报告单模板	283
参考文献	284

第一章 绪 论

一、微生物与人类

清晨,当我们享受美味的面包或者馒头;喝一杯美味的酸奶,从中吸收营养;呼吸新鲜的空气,开始一天或顺利或不顺的工作和学习生活;晚上,享受一杯红酒,我们就已经享受到了微生物带来的恩惠了。当我们得了某些疾病而身体不适,受到病痛的折磨时,那也是微生物的作用。但当我们接受医生的治疗,服用抗生素类药物而恢复了健康,我们也得感谢微生物。所以说,微生物是一把双刃剑,它们给人们带来利的同时也带来弊。

在我们的生活中,很多产品是和微生物有关系的,例如酸奶、面包、馒头、酒类、抗生素、调味品、酶制剂、维生素、疫苗等等。还有,现代生物技术的发展也是微生物对人类的贡献。

然而,微生物这把双刃剑给人们也带来了巨大的危害和灾难。例如:1347年由鼠疫杆菌引起的瘟疫几乎摧毁了整个欧洲,大约2500万欧洲人死于这场灾难。我国在1949年前也曾流行过鼠疫,死亡率高。现在,人们仍然遭受着由微生物病原菌引起的疾病带来的威胁。如艾滋病、肺结核、霍乱仍然存在并有传播趋势,新的致病微生物也在不断出现,如疯牛病、军团病病毒,埃博拉病毒,大肠杆菌O157,霍乱O139新致病菌株,2003年的SARS病毒,2005年的禽流感病毒,2007年的H1N1病毒给人类又带来新的威胁。这些都需要人们去面对和解决,因此,如何正确利用微生物这把双刃剑造福人类,是我们学习微生物的目的。

二、微生物的发展史

微生物学的发展史可分为以下五个时期,现简述如下:

(一) 史前期

也称盲目期,人们在盲目地应用微生物的时候,并不知道是微生物在起作用,大约在距今8000年前一直至公元1676年间,当时的人类虽未见到微生物的个体,却常常与微生物打交道,并凭经验在实践中利用有益微生物和防治有害微生物。我国在七八千年前的石器时代早期,谷物酒已成为当时普遍的饮料。在医学方面,我国劳动人民对防治疾病有着丰富的经验。公元4世纪,葛洪在《肘后方》中详细记载了天花的症状,并采用种痘方法来预防天花,此后,该方法传至欧美。公元前6世纪,我国的名医扁鹊就主张防重于治。但由于在思想方法上长期停留在实践的基础上,没有系统深入的理论研究,因此只能长期处于低水平的应用阶段,并未能正式发现微生物的存在。在史前期,微生物利用最早、最多的领域是食品酿造行业(啤酒、奶酪、酱、酱油、醋等)。

(二) 初创期

1676年,荷兰商人列文·虎克(图1-1)用自制的显微镜观察牙垢、雨水、井水、体液

以及各种有机质的浸出液,发现了许多可以活动的“活的小动物”,并发表了这一“自然界的秘密”。这是首次对微生物形态和个体的观察和记载。他发现了球菌、杆菌和原生动物,列文虎克显微镜的应用,解决了认识微生物世界的第一障碍,同时,因为这个伟大的发现,他当上了英国皇家学会的会员。今天,我们把列文虎克看成是微生物学的开山祖。



图 1-1 列文·虎克和他的显微镜

从 1676 年至 1861 年的近 200 年间,各国科学家纷纷寻找各种微生物,进行观察,描述它们的形态,有的也作了简单的分类,但人们对微生物的研究仅仅停留在形态描述和分门别类阶段,而对它们的生命活动规律以及其与人类实践活动的密切关系却未加研究,仍然了解不多,因此,微生物学作为一门学科在当时还未形成。直到 19 世纪 50 年代,由于生产发展的需要,才进一步推动了微生物学研究的发展,由形态学时期进入生理学时期。

(三) 奠基期

从 19 世纪 60 年代开始,以法国的巴斯德(L. Pasteur, 1822—1895)和德国的科赫(R. Koch, 1843—1910)为代表的科学家将微生物学的研究推进到生理学阶段,并为微生物学的发展奠定了坚实的基础。他们可分别称为微生物学的奠基人和细菌学的奠基人。巴斯德又被尊称为“微生物学之父”。

1857 年巴斯德从“酒病”的实际出发,研究了一系列的实际问题,即“腐败病”(指曲颈瓶实验中的肉汤变质),1861 年巴斯德通过著名的曲颈瓶实验(图 1-2)彻底否定了生命的自然发生说。在此期间,巴斯德的三个女儿相继染病死去,不幸的遭遇促使他转而研究疾病的起源。巴斯德学派的主要贡献是提出了生命只能来自生命的胚种学说,并认为只有活的微生物才是传染病、发酵和腐败的真正原因,在这种理论指导下,他提出了一系列行之有效的解决问题的方法。例如,发明了巴斯德消毒法来防治“酒病”,著名的巴氏消毒法在现代企业应用广泛,用消毒灭菌法来防止“腐败病”,成功解决了当时困扰人们的牛奶、酒类变质的问题。巴斯德还研究了酒精发酵、乳酸发酵、醋酸发酵等,并发现这些发酵过程都是由不同的微生物引起的,从而奠定了初步的发酵理论。在其研究工作中,发现各种传染病都有其共同原因——活的小生物,例如蚕病(蚕微粒子病,1865)、禽病(鸡霍乱,1879)、兽病(牛、羊的炭疽病,1881)和人病(狂犬病,1885),从而使人类对传

染病本质的认识提高到一个崭新的水平上。用检出并淘汰病蛾的方法来防治蚕病,发明用接种减毒菌苗的办法来预防鸡霍乱和牛、羊的炭疽病,以及用狂犬兔化疫苗来防治人类的狂犬病等等。

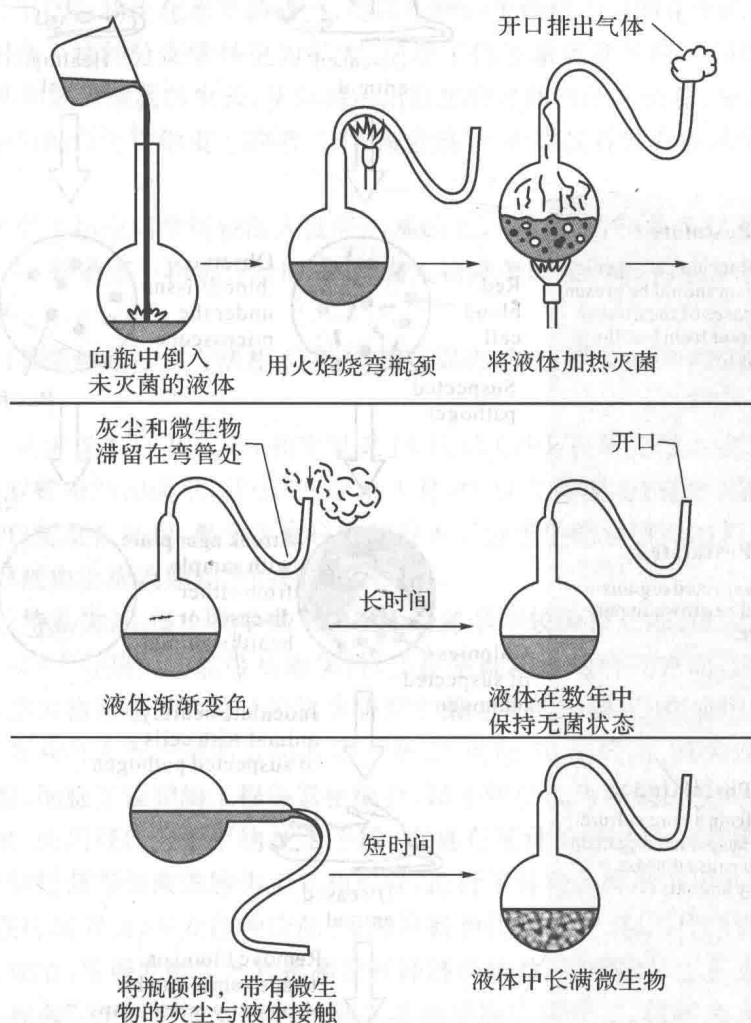


图 1-2 曲颈瓶实验

与巴斯德同时期的德国科学家科赫的重要业绩主要有三个方面:①建立了研究微生物的一系列重要方法,尤其在分离微生物纯种方面。他们把早年在马铃薯块上的固体培养技术改进为明胶平板培养技术(1881),并进而提高到琼脂平板培养技术(1882)。这项技术一直沿用至今。在 1881 年前后,科赫及其助手们还创立了许多显微镜技术,包括细菌鞭毛染色在内的许多染色方法、悬滴培养法以及显微摄影技术,这些技术也是当今微生物学研究的重要技术。②利用平板分离方法寻找并分离到多种传染病的病原菌,例如炭疽杆菌(1877)、结核杆菌(1882)、链球菌(1882)和霍乱弧菌(1883)等。③在理论上,科赫于 1884 年提出了科赫法则(图 1-3)。其主要内容为:病原微生物总是在患传染病的动物中发现而不存在于健康个体中;这一微生物可以离开动物体,并被培养为纯种培养物;这种纯培养物接种到敏感动物体后,应当出现特有的病症;该微生物可以从患病的实验动物中重新分离出来,并可在实验室中再次培养,此后它仍然应该与原始病原微生物

相同。科赫法则至今指导着动植物病原体的确定。

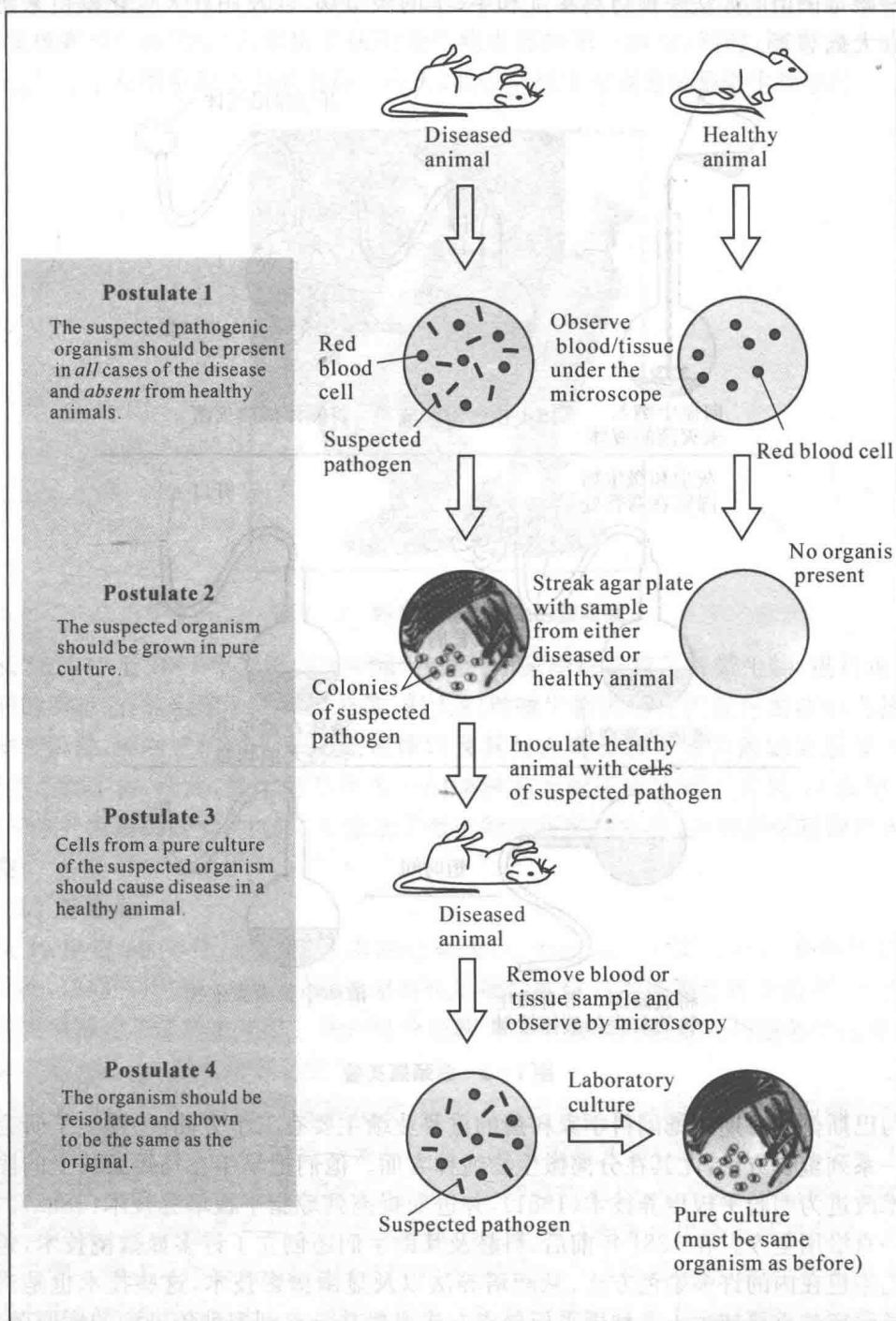


图 1-3 科赫法则

(四) 发展期

20 世纪以来,科学不断发展和进步,电子显微镜的发明和同位素示踪原子的应用,推动了微生物的更进一步发展。1897 年德国科学家毕希纳 E. Buchner 用无细胞酵母菌压

榨汁中的“酒化酶”(zymase)对葡萄糖进行酒精发酵成功,从而确认了酒精发酵的酶促反应,开创了微生物生化研究的新时代。

在发展期中,微生物学研究有以下几个特点:

(1) 进入了微生物生化水平的研究,将微生物的生命活动与酶化学结合起来。

(2) 应用微生物的分支学科更为扩大,出现了抗生素等新学科。1929年,弗莱明发现青霉能够抑制葡萄球菌的生长,从而揭示出微生物之间的拮抗关系,并发现了青霉素。

(3) 开始出现微生物学史上的第二个“淘金热”——寻找各种有益微生物代谢产物的热潮。

(4) 在各微生物应用学科较深入发展的基础上,一门以研究微生物基本生物学规律的综合学科——普通微生物学开始形成,代表人物是美国加利福尼亚大学伯克利分校的 M. Doudoroff。

(5) 各相关学科和技术方法相互渗透、相互促进,加速了微生物学的发展。

(五) 成熟期

1953年,从沃森 J. D. Watson 和克里克 H. F. C. Crick 在研究微生物 DNA 时提出了 DNA 分子的双螺旋结构模型,并于 1953 年 4 月 25 日在英国的《自然》杂志上发表关于 DNA 结构的双螺旋模型起,整个生命科学就进入了分子生物学研究的新阶段,这同时也是微生物学发展史上成熟期到来的标志。

本时期的特点为:①微生物学从一门在生命科学中较为孤立的、以应用为主的学科,迅速成长为一门十分热门的前沿基础学科;②在基础理论的研究方面,逐步进入到分子水平的研究,微生物迅速成为分子生物学研究中最主要的对象;③在应用研究方面,向着更自觉、更有效和可人为控制的方向发展。至 20 世纪 70 年代初,有关发酵工程的研究已与遗传工程、细胞工程和酶工程等紧密结合,微生物已成为新兴的生物工程中的主角。尤其是近年来,应用现代分子生物技术手段,将具有某种特殊功能的基因作出了组成序列图谱,以大肠杆菌等细菌细胞为工具和对象,进行了各种各样的基因转移、克隆等等开拓性研究。在应用方面,开发菌种资源、发酵原料和代谢产物,利用代谢调控机制和固定化细胞、固定化酶,发展发酵生产和提高发酵经济的效益,应用遗传工程组建具有特殊功能的“基因工程菌”,把研究微生物的各种方法和手段应用于动、植物和人类研究的某些领域。这些研究使微生物学研究进入到一个崭新的时期。

三、微生物及其在生物分类中的地位

(一) 微生物的概念

微生物(microorganism, microbe),是对细小的、人们肉眼看不见或看不清,只有借助显微镜才能看见的生物的总称。但近几年发现,有的微生物也是肉眼可见的,比如许多真菌子实体、蘑菇等肉眼可见,有些细菌也是肉眼可见的,比如 1993 年报道的 *Epulopiscium fishelsoni* 以及 1998 年报道的 *Thiomargarita namibiensis*。最近德国科学家在纳米比海的海底沉积物中发现了一种硫细菌,均为肉眼可见的细菌。上述对微生物的定义是指一般概念,是历史的沿革,但仍为今天所适用。

(二) 微生物在生物界中的地位

在生物发展的历史上,人们曾把所有的生物分为动物界和植物界两大类。而微生

物,不仅形体微小、结构简单,而且它们中间有些类型像动物,有些类型像植物,还有些类型既有动物的某些特征,又具有植物的某些特征,因而归于动物界或植物界都不合适。于是,1866年海克尔(Haeckel)提出区别于动物界与植物界的第三界——原生生物界。它包括藻类、原生动物、真菌和细菌。

随着科学的发展,新技术和研究方法的应用,尤其是电子显微镜和超显微结构研究技术的应用,发现了生物的细胞核有两种类型:一种是没有真正的核结构,称为原核或拟核,其细胞不具核膜,只有一团裸露的核物质;另一种是有核膜、核仁及染色体组成的真正的核结构,称为真核。动物界、植物界及原生生物界中的大部分藻类、原生动物和真菌是真核生物,而细菌、蓝细菌则是原核生物。

根据核结构的不同,1969年魏塔科(Whittaker)提出五界系统,即动物界、植物界、原生生物界、真菌界和原核生物界。五界系统的生物都有细胞结构。病毒作为单独的一界被提出得较晚,主要原因在于:病毒和类病毒是生物还是非生物、是原始类型,还是次生类型,是长期争论未决的问题;病毒不是用双命法,分类不用阶元系统。但经过长期研究发现,病毒和细胞型生物有共同特性:遗传物质是DNA(部分病毒是RNA);使用共同的遗传密码。在此基础上,我国学者于1979年提出将无细胞结构病毒立为病毒界,从而建立了六界系统。

20世纪70年代末,美国伊利诺斯大学的C. R. Woese等人对大量微生物和其他生物进行了16S rRNA和18S rRNA的寡核苷酸测序,并比较其同源性后,提出了一个与以往各种界级系统不同的新系统,称为三域学说,分别是细菌域、古生菌域和真核生物域。

四、微生物的特性

微生物和其他的生物一样都是有生命的,和动植物一样具有生物最基本的特征——新陈代谢,尽管微生物极其微小,但也有自己的生命周期。微生物的初级代谢途径如核酸、蛋白质、脂肪酸、多糖等大分子物质的合成途径基本相同;微生物的能量代谢也都以ATP作为能量载体。微生物除了具有与其他生物共有的特点外,还有其本身的特点:种类多、分布广、繁殖速度快、代谢能力强、适应性强、容易变异,体积小、比表面积大,这些特点是自然界其他生物没有的,这些特征归根结底都是由微生物的体积小、比表面积大引起的,现分别加以讨论。

(一) 体积小、比表面积大

体积小、比表面积大是微生物五大特性的基础。微生物个体极其微小,测量微生物大小的单位是微米(μm)或者纳米(nm)。现以微生物的典型代表细菌为例,来说明微生物个体的大小。自然界中分布最广的细菌是杆菌,平均长度为 $2\mu\text{m}$,1500个杆菌首尾相连后的长度和一粒芝麻的长度一样。杆菌的平均宽度大约为 $0.5\mu\text{m}$,60~80个杆菌肩并肩排列起来,也只是一根头发的直径那么细。细菌的体重极小,10亿~100亿个细菌的质量约为1mg。任何定体积的物体,如对其进行三维切割,则切割的次数越多,所产生的颗粒数目也越多,颗粒的体积就越小。这时,如把所有颗粒的总面积相加,则其数目将极其可观。若称单位体积所占有的面积(即“面积/体积”)为比表面积,则随着物体的体积缩小,其比表面积就随之增大。例如,一个典型的球菌,其体积仅 $1\mu\text{m}^3$ 左右,可是,其比表面值却极大。如将人体的“面积/体积”比值定位为1的话,大肠杆菌的比值则高达

30 万,由于微生物是一个如此突出的小体积大面积系统,必然有一个巨大的营养物质吸收面、代谢废物排泄面和环境信息交换面,由此产生了以下 4 个特点。

(二) 代谢活力强、胃口大

微生物虽然很小,但“胃口”却很大,代谢作用十分旺盛。经实验表明,发酵乳糖的大肠杆菌在 1 h 内可分解其自重 1 000~10 000 倍的乳糖;*Candida utilis*(产朊假丝酵母)合成蛋白质的能力比大豆强 100 倍,比食用公牛强 10 万倍;一个细菌在 1 h 内所消耗的糖即可相当于一个人在 500 年时间内所食用的粮食。微生物的这个特性为它们的高速生长繁殖和产生大量代谢产物提供了充分的物质基础,从而使微生物有可能更好地发挥“活的化工厂”的作用。人类对微生物的利用,也主要体现在它们极强的生物化学转化能力。

(三) 繁殖速度快

微生物具有极高的生长和繁殖速度。一种至今被人们研究得最透彻的生物——*Escherichia coli*(大肠杆菌),其细胞在合适的生长条件下,每分裂 1 次需要的时间是 12.5~20.0 min。如按 20 min 分裂 1 次计,则 1 h 可分裂 3 次,每昼夜可分裂 72 次,后代数为 4 722 366 500 万亿个(2^{27} ,重约 4 722 吨),48 h 为 2.2×10^{43} 个(约等于 4 000 个地球之重)。当然,这些只是理论数字,实际上,由于诸如营养、代谢产物、环境等客观因素的影响,细菌只有在对数期(见第三章)才有如此高的增殖速度,而细菌的对数期最多只能维持数小时,因而在液体培养基中,细菌的细胞浓度一般仅达 $10^8 \sim 10^9$ 个/ml。

微生物的这一特性在现代发酵工业中具有非常重要的意义。例如,生产上用作发面的鲜酵母 *Saccharomyces cerevisiae*(酿酒酵母),其繁殖速度不算太高(2 h 分裂 1 次),但在单罐发酵时,几乎每 12 h 即可“收获”1 次,每年可“收获”数百次,这是其他任何农作物所不可能达到的“复种指数”。这对缓和人类面临的人口增长与食物供应矛盾有着重大的意义。例如,500 kg 的食用公牛,每昼夜只能从食物中“浓缩”0.5 kg 重的蛋白质,而同样重的酵母,只要以质量较次的糖液(如糖蜜)和氨水为主要养料,在 24 h 内即可真正合成 50 000 kg 的蛋白质。另外,生长旺、繁殖快的特性对生物学基本理论的研究也带来极大的优越性——它使科研周期大大缩短、经费减少、效率提高。另一方面,由于微生物的繁殖速度快,在食品加工和贮藏运输过程中,食品中的有害微生物也会加速食品的腐败变质,导致食品品质降低甚至丧失食用价值,甚至使得人们食物中毒,因此,掌握预防微生物加速食品变质的方法很重要。

(四) 适应性强,容易变异

微生物有极强的环境适应性,这是高等动、植物所无法比拟的。其原因主要也是由于其体积小和比表面积大的特性。据估计,一个微球菌(*Micrococcus sp.*)的细胞仅能容纳 10 万个蛋白质分子,而一个体积比球菌稍大一些的 *E. coli* 细胞却含有 2 000~3 000 种不同蛋白质。因此,细胞内那些暂时用不着的蛋白质不能总是贮存着。为适应多变的环境条件,微生物在其长期的进化过程中就产生了许多灵活的代谢调控机制,因而具有极其灵活的适应性。

微生物对极端恶劣的环境具有惊人的适应力,例如:在海洋深处的某些硫细菌可在 250℃甚至在 300℃的高温条件下正常生长;大多数细菌能耐 0~-196℃(液氮)的任何低温,甚至在 -253℃(液态氢)下仍能保持生命;一些嗜盐菌甚至能在浓度高达 32%的

饱和盐水中正常生活;许多微生物尤其是产芽孢的细菌,可在干燥条件下保藏几十年、几百年甚至上千年;*Thiobacillus thiooxidans*(氧化硫硫杆菌)是耐酸菌的典型,它的一些菌株能在 5%~10%(0.5~1.0 mol/L, pH 0.5)的 H_2SO_4 中生长;有些耐碱的微生物如脱氮硫杆菌的生长最高 pH 值为 10.7,有些青霉和曲霉也能在 pH 9~11 的碱性条件下生长;在抗辐射能力方面,人和哺乳动物的辐射半致死剂量低于 1 000 R, *E. coli* 为 10 000 R, 酵母菌为 30 000 R, 原生动物为 100 000 R, 而抗辐射力最强的生物——耐辐射微球菌则达到 750 000 R;在抗静水压方面,酵母菌可抗 500 个大气压,某些细菌、霉菌可抗 3 000 个大气压,植物病毒可抗 5 000 个大气压。地球上大洋最深处为关岛附近的马里亚纳海沟,那里的水深达 11 034 m,压力约为 1 103.4 个大气压,可是仍有细菌生存着;此外,耐缺氧、耐毒物等特性在微生物中也是极为常见的。

微生物的个体一般都是单细胞、简单多细胞或非细胞的,它们通常都是单倍体,加之它们具有繁殖快、数量多和与外界环境直接接触等原因,即使其变异的频率十分低(一般为 10^{-5} ~ 10^{-10}),也可在短时间内产生大量变异的后代。最常见的变异形式是基因突变,它可以涉及任何性状,诸如形态构造、代谢途径、生理类型、各种抗性、抗原性以及代谢产物的质或量的变异等。

有益的变异可以为人类创造巨大的经济效益,例如:柠檬酸的生产,在最初的发酵液中,必须添加黄血盐以除掉铁离子或添加甲醇作抑制剂,才能大量积累柠檬酸。后经过诱变处理,使菌种变异,改变了菌种对铁离子的敏感性,直接利用废糖蜜就可以进行发酵生产柠檬酸。青霉素生产菌 *Penicillium chrysogenum*(产黄青霉)的产量变异,据记载,1943 年时,每毫升青霉素发酵液中该菌只分泌约 20 单位的青霉素,而病人每天却要注射几十万单位,因此诺贝尔奖获得者之一 H. W. Florey 在回忆当时这种菌种以原始的表面培养法进行生产时说:“那时一茶匙黄色粉末,其提炼价值除研究工作精力与时间不计外,约需数千英镑。”40 余年来,通过世界各国微生物遗传育种工作者的不懈努力,使该菌产量变异逐渐累积,加上其他条件的改进,目前国际上先进的国家,其发酵水平每毫升已超过 5 万单位,甚至接近 10 万单位。利用变异和育种使产量获得如此大幅度的提高,这在动植物育种工作中简直是不可思议的。这也就是为什么几乎所有微生物发酵工厂都特别重视菌种选育工作的一个主要原因。

微生物的适应性强、容易变异的这个特点对发酵工业有利,而对大多数的食品行业则不利。例如:罐头食品的灭菌,微生物的芽孢不易杀死而残留下来,当条件适宜时,会复苏繁殖,造成罐头食品的腐败变质。

(五) 分布广、种类多、食谱广

微生物因其体积小、重量轻,因此可以到处传播,以致达到“无孔不入”的地步。微生物只怕明火,地球上除了火山的中心区域外,从土壤圈、水圈、大气圈直至岩石圈,到处都有微生物的踪迹。在动物体内外也存在微生物,例如在人体肠道中,经常聚居着 100~400 种不同种类的微生物,估计它们的个体总数大于 100 万亿,重量约等于粪便干重的 1/3。植物体表面、土壤、河流、空气,平原、高山、深海、冰川、海底淤泥,盐湖、沙漠,油井、地层下以及酸性矿水中,都有大量与其相适应的微生物在活动着。

迄今为止,我们所知道的动物约有 150 万种,植物约有 50 万种,而据估计,微生物的总数在 50 万~600 万种之间。由于微生物的发现和和研究比动植物都晚,目前记载的微生

物种类约有 20 万种。

微生物的食谱杂,凡是能被动植物利用的物质,例如蛋白质、糖类、脂肪及无机盐等,微生物都能利用。有些不能被动植物利用的物质,也能找到利用它们的微生物,例如纤维素、石油、塑料等,不少微生物能将它们分解。另外还有一些对动植物有毒的物质,例如氰、酚、聚氯联苯等,也有一些微生物都能对付它们。美国康奈尔大学早在上世纪 70 年代初期就分离到能分解 DDT(二氯二苯三氯乙烷)的微生物,日本也发现了分解聚氯联苯的红酵母。

微生物的种类多主要表现在以下三个方面:

1. 微生物的生理代谢类型多 也就是微生物的食谱广。微生物可分解地球上贮量最丰富的初级有机物——天然气、石油、纤维素、木质素,这种能力属微生物专有。微生物有着多种产能方式,如细菌光合作用,嗜盐菌紫膜的光合作用,自养细菌的化能合成作用,各种厌氧产能途径;生物固氮作用;合成各种复杂有机物一次生代谢产物的能力;对复杂有机物分子的生物转化能力;分解氰、酚、多氯联苯等有毒物质的能力;抵抗热、冷、酸、碱、高渗、高压、高辐射剂量等极端环境的能力;以及独特的繁殖方式——病毒、类病毒、朊病毒的复制增殖,等等。

2. 代谢产物种类多 微生物究竟能产生多少种类的代谢产物,至今很难全面统计。现在已知仅 *E. coli* 一种细菌即产生 2 000~3 000 种不同的蛋白质。由于抗生素与人类健康等的关系极其密切,因此人们对其研究很多,获得的资料亦详细。据报道,至 1978 年止已找到 5 128 种抗生素,其中来自微生物的有 4 973 种,占 97%;据 1984 年的报道,人类找过的抗生素已多达 9 000 种。微生物所产酶的种类也是极其丰富的,仅“工具酶”中的 II 型限制性内切酶,在各种微生物中就已发现了 1 443 种(1990 年初)。由此可推测微生物代谢产物种类之多。

3. 微生物的种数多 目前比较肯定的微生物种数大约为 10 万种,随着分离、培养方法的改进和研究工作的深入,微生物的新种、新属、新科甚至新目、新纲屡见不鲜。正如前苏联微生物学家伊姆舍涅茨基所说:“目前我们所了解的微生物种类,至多也不超过生活在自然界中的微生物总数的 10%。”可以相信,随着人类的认识和研究工作的深入,总有一天微生物的总数会超过动、植物总数的总和。

从微生物的分布广、种类多这一特点可以看出,微生物的资源是极其丰富的。微生物这一特点有利于我们开展综合利用,化废为宝,为社会创造财富。农副产品可以进一步加工,如秸秆发酵,作为动物饲料;纤维分解成单糖,进行酒精发酵等可以提高农副产品的利用率;污水处理、制造堆肥能将有害物质化为无害,把不能利用的物质变成植物能吸收的肥料,减少了环境污染。这些都是有利的一面。然而,对我们人类有益的食品、原料,由于保管不当,微生物们也会占为己有、加以利用而造成浪费。这一方面也应引起我们的注意。

以上就是微生物所共有的五大特性。五大特性的基础是其体积小、比表面积大,由这一个特性就可衍生出其他四个特性。五个特性对人类来说是既有利又有弊的,我们学习微生物学的目的在于能进一步开发、利用或改善有益微生物,控制、消灭或改造有害微生物,兴利除弊、趋利避害,为人类造福。

五、微生物学及其分支学科

微生物学(microbiology)是研究微生物及其活动规律的学科,研究的内容主要涉及微生物的形态结构、营养特点、生长繁殖、生理生化特点、遗传变异、分类鉴定、生态分布以及微生物在工、农、医药、卫生、环境等各方面的应用。随着微生物研究与应用领域不断拓宽,微生物学已经不是一个单一的学科,而是包括很多分支学科领域。无论基础研究领域还是应用角度,都包括了许多学科内容。

1. 根据基础理论研究内容不同,形成的分支学科有:微生物生理学(microbiol physiology)、微生物遗传学(microbiol genetics)、微生物生物化学(microbiol biochemistry)、微生物分类学(microbiol taxonomy)、微生物生态学等(microbiol ecology)。

2. 根据微生物类群不同,形成的分支学科有:细菌学(bacteriology)、病毒学(virology)、真菌学(fungi)、放线菌学(actinomycetes)等。

3. 根据微生物的应用领域不同,形成的分支学科有:工业微生物学(industrial microbiology)、农业微生物学(agricultural microbiology)、医学微生物学(medical microbiology)、病理微生物学(pathological microbiology)、食品微生物学(food microbiology)、兽医微生物学(veterinary microbiology)等。

4. 根据微生物的生态环境不同,形成的分支学科海洋微生物学(marine microbiology)、土壤微生物学(soil microbiology)等。

六、食品微生物学的研究内容和任务

(一) 食品微生物学的研究内容

食品微生物学是微生物学的分支学科,是主要研究微生物与食品制造、保藏等方面内容的一门科学。该学科涉及病毒、细菌、真菌等多种微生物,除研究这些微生物的一般生物学特性外,还探讨它们与食品有关的特性。食品微生物是食品专业的专业基础课,学习这门课程的目的是为食品专业的学生打下牢固的微生物学基础和掌握熟练的微生物学技能。食品微生物学研究的主要内容有:与食品相关的微生物的基础知识;微生物引起的食品腐败变质现象、机理及其防止方法;与微生物相关的食品安全问题;微生物在食品工业中的应用;食品微生物的检验和监测技术;与食品有关的微生物的生命活动规律;如何控制有害微生物,防止食品腐败变质和由微生物引起的食物中毒。随着微生物学及生命科学的迅速发展,食品微生物学也从中获得了许多新知识和新技术,并应用这些新知识和新技术来生产更多富有营养和安全的食品。

(二) 食品微生物学的任务

根据食品微生物学的研究内容可知,食品微生物学的任务是:研究有益微生物及其在食品加工制造中的应用,为人类提供营养丰富、有益健康的食品;同时,避免在食品生产、保藏、流通中受有害微生物的污染,防止食品的腐败变质和食物中毒,保证食品的安全性。

1. 有害微生物对食品的危害及防止 微生物引起的食品危害主要是食品的腐败变质,从而导致食品的营养价值降低或丧失。有的微生物产生毒素,有些微生物是病原菌,如果人们食用含有大量病原菌或含有毒素的食物,则可引起食物中毒,影响人体健康,甚

至危及生命。所以食品微生物学工作者应该设法控制或消除微生物对人类的这些有害作用,采用现代的检测手段,对食品中的微生物进行检测,以保证食品安全性。这也是食品微生物学的任务之一。

2. 有益微生物在食品中的应用 早在古代,人们就采食野生菌类,利用微生物酿酒、制酱,但当时并不知道微生物的作用。随着人们对微生物与食品关系的认识日益深刻,逐步阐明微生物的种类及其机理,也逐步扩大了微生物在食品制造中的应用范围。概括起来,微生物在食品中的应有以下三种方式:

(1) 微生物菌体的应用:食品中应用微生物菌体最广泛和直接的是食用菌。食用菌是可以食用的一类大型真菌(主要是担子菌),一般直接作为人类食品,现也有通过各种精细加工,制成更精美的饮料、滋补保健品和医疗药品。乳酸菌可用于蔬菜和乳类及其他多种食品的发酵,所以人们在食用酸奶和泡菜时也食用了大量的乳酸菌;单细胞蛋白(SCP)是从微生物体中所获得的蛋白质,也是人们对微生物菌体的利用。

(2) 微生物代谢产物的应用:人们食用的食品是经过微生物发酵作用的代谢产物,如酒类、食醋、氨基酸、有机酸、维生素、多糖等。

(3) 微生物酶制剂的应用:如酱类是利用微生物产生的酶将原料中的成分分解而制成的食品。微生物酶制剂在食品及其他工业中的应用日益广泛。

开发微生物资源并利用生物工程手段改造微生物菌种,使其更好地发挥有益作用,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。