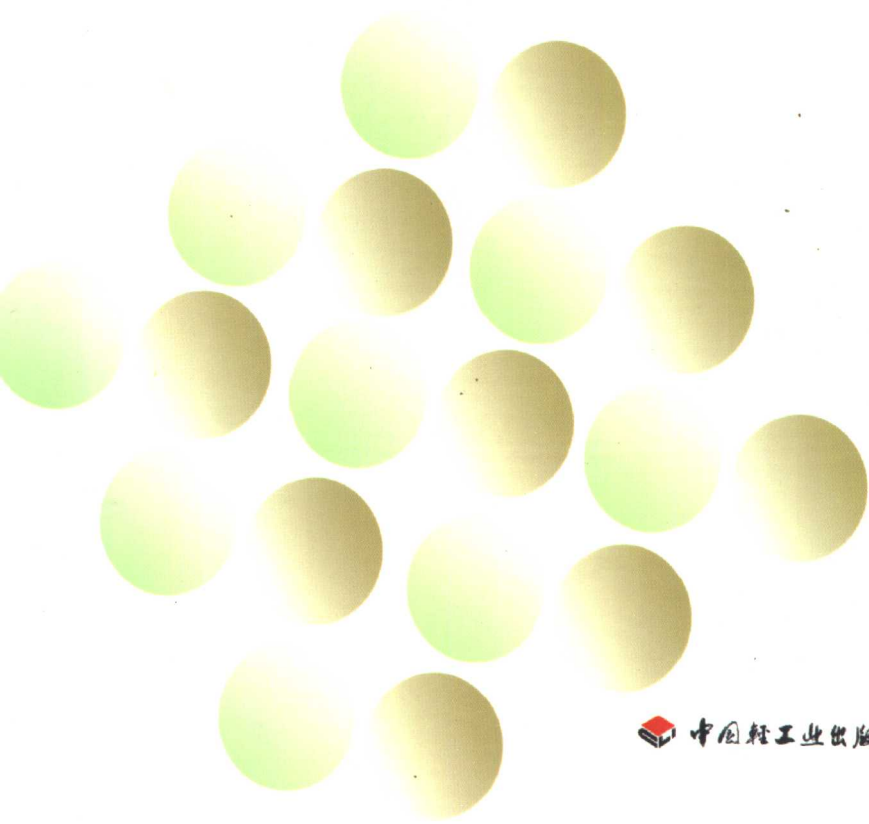


乳品科学技术丛书

RUPIN WEISHENGWUXUE

乳品 微生物学

主编 郭本恒



 中国轻工业出版社

●乳品科学技术丛书●

乳品微生物学

主 编 郭本恒

副主编 朱 宏

编 者 吴正钧 龚广预 王世宾

图书在版编目(CIP)数据

乳品微生物学/郭本恒主编. —北京: 中国轻工业出版社,
2001. 7

(乳品科学技术丛书)

ISBN 7-5019-3001-5

I. 乳… II. 郭… III. 乳制品-微生物学

IV. TS252.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 023221 号

责任编辑: 鲁莉蓉

策划编辑: 熊慧珊 责任终审: 滕炎福 封面设计: 崔 云

版式设计: 智苏亚 责任校对: 燕 杰 责任监印: 胡 兵

*

出版发行: 中国轻工业出版社(北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

网 址: <http://www.chlip.com>

联系电话: 010-65241695

印 刷: 中国人民警官大学印刷厂

经 销: 各地新华书店

版 次: 2001 年 7 月第 1 版 2001 年 7 月第 1 次印刷

开 本: 850×1168 1/32 印张: 3.125

字 数: 329 千字 印数: 1—3000

书 号: ISBN 7-5019-3001-5/TS·1279

定 价: 30.00 元

·如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换·

前 言

乳制品是除母乳以外营养最为均衡的全价食品,它含有人体所需的全部营养成分,在人们的膳食结构中有其他食品无法替代的地位和作用。由于多方面的原因,我国乳品人均消费水平很低,2000 年为人均 6.6kg,加工水平和科技水平也相对滞后。有关的资料和书籍多关注乳品加工的工艺技术,未能反映国际乳品发展的最新水平。鉴于此编撰一套能反映国际乳品发展趋势和动态的系列丛书,是十分必需和必要的。

《现代乳品加工学》、《乳品化学》、《乳品微生物学》系列丛书,是一套互为联系又相对独立的著作,有关乳与乳制品的基础理论部分均反映在《乳品化学》和《乳品微生物学》中,《现代乳品加工学》则主要介绍乳品的加工技术。本系列丛书参阅了国外大量的著作和文献,对国际乳品研究的前沿领域和最新研究成果均有提及和介绍,可为科学研究、教学和企业界的朋友从事乳品事业提供借鉴和帮助。

在此,要感谢为本丛书写作付出大量心血和汗水的同事和朋友。限于作者的水平和能力,书中一定存在许多缺点和问题,甚或技术性的错误,敬请读者批评指正。

郭本恒

目 录

第一章 乳品微生物学基础	1
第一节 引言	1
一、微生物学的发展简史	1
二、乳品微生物学的研究内容与任务	3
第二节 微生物的分类依据和命名原则	4
一、分类单位	4
二、分类依据	7
三、命名原则	22
第三节 常见的细菌	23
一、细菌的细胞结构	23
二、细菌的繁殖方式	26
三、常见的细菌	28
第四节 常见的真菌和噬菌体	56
一、霉菌	57
二、酵母	64
三、噬菌体	67
第五节 微生物的生长与控制	71
一、微生物的营养与生长	71
二、微生物的分解与合成代谢	79
三、微生物的培养	100
四、微生物的控制	105
五、微生物鉴定的一般原则	115
第二章 生鲜牛乳微生物学	118
第一节 挤乳与挤乳卫生	118

一、挤乳	118
二、挤乳卫生	122
第二节 生鲜牛乳微生物的来源	124
一、牛体污染	124
二、外界污染	125
三、疾病	126
第三节 生鲜牛乳微生物	128
一、需氧的嗜温菌	128
二、嗜热菌	135
三、嗜冷菌	137
四、芽孢菌	143
五、致病菌	146
六、其他微生物	157
第四节 储存和运输对生鲜牛乳微生物状况的影响	161
一、生鲜牛乳的储存和运输方式	161
二、生鲜牛乳在储存过程中微生物的繁殖	164
第五节 生鲜牛乳中天然抗菌体系和抗菌物质	167
一、免疫球蛋白	167
二、乳过氧化物酶	167
三、乳铁蛋白	169
四、溶菌酶	170
第六节 有关生鲜牛乳卫生质量的法规	170
一、生鲜牛乳的国家收购标准	170
二、有关生鲜牛乳卫生质量的国际标准	175
第三章 液态乳制品微生物学	177
第一节 热处理工艺与微生物的残留	177
一、巴氏杀菌	178
二、高温短时间杀菌(HTST)	182
三、超高温(UHT)杀菌	184

四、高温长时间灭菌	190
第二节 消毒牛乳微生物学	192
一、消毒牛乳的国家标准	192
二、消毒牛乳中的微生物及其在贮存过程中的变化	194
第三节 稀奶油微生物学	194
一、稀奶油产品的国家标准	194
二、稀奶油产品的杀菌工艺	196
三、稀奶油微生物学	200
第四节 超高温灭菌乳微生物学	202
一、原料乳的质量	202
二、嗜冷菌和耐热菌的检验	208
三、引起超高温灭菌产品变质常见微生物及其控制	211
四、超高温牛乳的卫生标准和商业无菌	212
第四章 发酵剂微生物学	214
第一节 发酵剂概述	214
第二节 组成发酵剂的微生物类群	215
一、发酵剂菌种的生物学特征	215
二、发酵剂培养物的分类	219
三、乳品发酵剂常用的微生物	220
四、发酵剂生长速度的测定	223
第三节 发酵剂的作用	226
一、乳酸发酵	226
二、风味的产生	227
三、蛋白分解	227
四、脂肪分解	228
五、丙酸发酵	228
六、酒精发酵	228
七、抗菌物质的产生	228
八、混合发酵剂的共生与拮抗	229

九、酵母的抗氧化作用	230
第四节 发酵剂的保存方法和原理	230
一、液态发酵剂	232
二、干燥发酵剂	233
三、冷冻发酵剂	238
四、菌体细胞的浓缩	239
五、霉菌和 Kefir 粒的保存	240
第五节 发酵剂的制备	241
一、发酵剂制备的必要条件	241
二、发酵剂的制备方法	243
三、制备工作发酵剂的生产系统	246
四、噬菌体的控制系统	253
五、pH 控制系统	254
第六节 抑制发酵剂生长的因素	258
一、抗菌素	258
二、噬菌体	259
三、消毒剂和清洗剂残留物	263
四、其他抑菌物质	263
第七节 发酵剂的质量及缺陷防止办法	264
一、发酵剂的质量及其判定	264
二、发酵剂的缺陷及其防止办法	266
第五章 酸奶和干酪的微生物学	270
第一节 酸奶微生物学	270
一、发酵剂菌种的平衡生长	271
二、酸奶产品的污染和变质	273
第二节 其他发酵乳的微生物学	276
一、嗜酸乳杆菌乳微生物学	276
二、双歧杆菌乳微生物学	279
三、发酵酪乳微生物学	281

四、产生乙醇和乳酸的发酵乳	282
五、霉菌发酵乳	285
第三节 干酪微生物学	285
一、原料乳及干酪加工过程中的微生物学	286
二、干酪的微生物检验	290
三、干酪保存过程中的微生物学	292
四、干酪生产的卫生质量控制	295
第六章 乳粉微生物学	297
第一节 乳粉中的微生物及其控制	297
一、乳粉中的微生物	297
二、影响乳粉中微生物的因素	300
三、乳粉中病原菌的控制	308
第二节 乳粉的卫生标准	315
一、乳粉的采样	315
二、乳粉的微生物检验	316
三、乳粉的卫生标准	317
第七章 其他乳制品的微生物学	320
第一节 奶油的微生物学	320
一、加工过程对奶油卫生质量的影响	320
二、影响奶油卫生质量的因素	323
三、异常风味的形成	326
四、奶油产品的卫生标准	329
第二节 冰淇淋及其相关产品的微生物学	330
一、影响冰淇淋产品卫生质量的因素	330
二、冰淇淋产品的卫生标准	334
第三节 炼乳产品的微生物学	338
一、淡炼乳的加工及微生物控制	338
二、甜炼乳的微生物学	346
第四节 乳清产品的微生物学	351

一、原料乳清中的微生物	351
二、微生物污染对乳清产品质量的影响	352
三、微生物污染对膜滤过程的影响	353
第五节 浓缩酸奶的微生物学	354
一、不同种类浓缩酸奶的生产工艺和发酵微生物	354
二、浓缩酸奶中常见的污染菌	359
三、微生物学检验	360
第八章 乳品厂的卫生质量控制	361
第一节 质量和质量保证体系	361
一、质量	361
二、质量保证体系	363
三、危害分析和关键控制点	367
第二节 乳与乳制品微生物检验的一般原则	375
一、取样	375
二、样品的保存	378
三、检样的预处理	379
四、抽样检验和验出水平	380
第三节 乳品厂生产车间的卫生	381
一、车间环境的微生物控制	381
二、乳品生产设备的卫生	384
三、包装材料的卫生	393
第四节 乳品厂良好生产规范	395
一、良好的个人健康和卫生	396
二、工厂设计	399
三、建筑设计和卫生设施	400
四、生产设备的卫生	401
五、生产中的卫生管理和良好操作	402
六、仓储和配送	405
七、教育和培训	405

第一章 乳品微生物学基础

第一节 引言

微生物是自然界中个体微小、结构简单的低等生物的通称,包括属于原核生物的真细菌(如各种常见的细菌、放线菌、立克次体、衣原体、支原体等)和古细菌;属于真核生物的藻类、酵母菌、霉菌、大型真菌和原生动物;属于非细胞形态的微生物(主要有病毒、噬菌体及朊病毒)。除大型真菌外,微生物的形态结构必须借助光学显微镜或电子显微镜放大几十倍甚至几十万倍才能观察到。微生物的主要特点是个体微小、结构简单、繁殖迅速、代谢旺盛、分布广泛和容易变异。目前已发现数万种微生物,它们的代谢方式多种多样,能够分解利用各种有机物,对于维持自然界生态平衡起着重要的作用。

一、微生物学的发展简史

虽然人类很早就开始利用微生物的许多特性为人类的生产、生活服务,并认识到有许多疾病是由一些小的生物传播的,但真正观察到微生物的存在,则始于17世纪。荷兰人吕文虎克(Anton Van Leeuwenhoek)利用自制的能放大300倍的显微镜,观察雨水、井水、牙垢及各种有机物的浸出液,发现了微生物,并确定了细菌的三种基本形状:球菌、杆菌和螺旋菌,为微生物学奠定了基础,被称为显微技术之父;18世纪末英国医生琴纳(E. Jenner)发明了种牛痘预防天花的方法,比以前用人痘接种安全得多,开创了近代免疫学一个非常成功的先例。

19世纪是近代微生物学发展非常迅速的一个时期,法国科学

家巴斯德(Louis Pasteur)证明发酵和腐败是微生物作用的结果,而不是发酵产生了微生物。他和英国医生泰达尔(John Tyndall)分别用严密的科学实验推翻了自亚里斯多德以来长期统治欧洲的自然发生说。巴斯德在蚕病、狂犬病、鸡霍乱病和炭疽病的病原体研究和预防方面作出了卓越的贡献,他发明的巴氏消毒法至今仍然广泛用于各种液态食品的工业化生产,被称为现代微生物学之父。德国生物学家科赫(R. Koch)创建了分离、培养、接种和染色等系列微生物学技术。他提出了确定病原菌的严格准则,即:①引发某种疾病的病原体必须存在于每一病例中;②必须分离到该病原体的纯培养物;③将该病原体的纯培养物转接到健康的敏感动物个体后,产生相同的病症;④从转接的动物个体中能分离到该病原体,这种培养物即是引发该种疾病的病原菌。这些方法与准则一直沿用至今。1892年俄国学者伊万诺夫斯基发现了比细菌更小,在普通光学显微镜下看不到而且能通过细菌过滤器的微生物——病毒。

进入20世纪以后,由于生物化学、化学分析技术的发展,电子显微镜的问世,使微生物学研究从细胞水平进入分子水平。1944年埃弗里(Avery)首先证实了决定肺炎球菌荚膜形成的遗传物质是脱氧核糖核酸(DNA),以后科学家相继发现了DNA的双螺旋结构和半保留复制、遗传密码,从而为现代分子生物学奠定了理论基础。各种新技术在微生物学研究中的应用,不仅促进了微生物新种的发现,如20世纪80年代末发现了一种迄今为止最为简单的生命形式——朊病毒(Prion),而且加深了对原有微生物种群之间亲缘关系的认识。由于在抵抗高温、高渗透压、干旱等方面的差异,甲烷细菌等古细菌从原核生物界中被独立出来,逐渐被公认为自然界生物另一大类——古细菌界。对这些奇特生命形式的认识,使人类对生命的起源及演化过程有更清晰的了解。

二、乳品微生物学的研究内容与任务

随着社会的进步和生活水平的不断提高,乳制品已逐渐成为人类生活的基本需要。“一杯牛奶,强壮一个民族”,即是乳制品营养作用在人类生活中地位的最好体现。同时正是因为乳及乳制品营养丰富、配比合理,使之成为各种微生物生长的良好基质。微生物在乳及乳制品中的生长发育,既有可能改善这些食品的质量,也可造成其腐败变质,甚至可能传播某些疾病,对人类的健康造成危害。因此,微生物在乳及乳制品中的作用,成为乳品微生物学研究的基本对象。

乳品微生物学是一门应用科学,其主要任务是:研究各种微生物在乳及乳制品生产、加工、储存、运输和销售各个环节中的活动规律;导致乳及乳制品腐败变质的原因;寻找合适乳酸菌及其他微生物,以达到改善品质、口感及营养功能的作用;研究防止乳及乳制品腐败变质、食物中毒和真菌毒素污染的有效方法;严格控制可能通过乳及乳制品传播的疾病,以达到食用安全、卫生、营养、新鲜乳及乳制品的目的。其主要研究内容为:

① 生乳在挤乳、收集、运输、储存以及各种乳制品在加工、储存、运输过程中微生物污染的情况;

② 微生物在不同发酵乳制品如酸奶、奶酪、奶油中的应用,储存、运输过程中种群及数量的变化;

③ 组成发酵剂的微生物的分类、生理生化及遗传学研究;

④ 乳酸细菌或其他有益微生物对人体健康的促进作用及机理;

⑤ 微生物引起的乳及乳制品腐败变质、食物中毒和可能经乳及乳制品传播的疾病;

⑥ 研究环境因素对乳及乳制品中微生物活动的影响,防止乳及乳制品腐败变质的各种保藏方法。

用于乳及乳制品生产的乳的来源多种多样,如山羊乳、绵羊

乳、马乳、水牛乳、牦牛乳、乳牛乳等,但从乳牛来源的乳仍占绝对重要的地位。因此,除注明乳的来源外,本书中所称“乳”的概念一般指乳牛来源的乳。

第二节 微生物的分类依据和命名原则

自然界中的微生物是多种多样的,它们彼此在个体大小、形态结构和生理生化特性方面存在很大差异,但地球上所有的生物都是从原始生命经过不断进化和发展演化而来,因此各种微生物之间存在或近或远的亲缘关系。为了正确认识和区分各种微生物,根据它们的亲缘关系,把它们分门别类排列起来,显示出进化过程的发展系统,即是微生物分类系统。这个系统可以用来研究微生物的进化和发展规律,确定它们之间的亲缘关系,并可对分离到的未知微生物进行菌种分类、鉴定。

一、分类单位

微生物分类系统的通用单位依次为界(Kingdom)、门(Division,动植物为 Phylum)、纲(Class)、目(Order)、科(Family)、属(Genus)、种(Species)。目前较流行的分类体系将所有的生物分为:动物界、植物界、原生生物界、原核生物界、真菌界、古细菌界和病毒界。根据此体系,除动物界和植物界的生物外,其他均属于微生物的范畴。这一分类体系的优点在于可直观地反映不同生物之间的差异,但对各种生物之间亲缘关系的反映较少。Woese 及其同事根据 rRNA 分析的结果,将所有的生物分为三界,即真核生物界(Eukaryotes),包括动、植物,真菌和原生生物;原核生物界(Prokaryotes),包括蓝细菌和真细菌;古细菌界(Archaeobacteria);如表 1-1 与图 1-1 所示。这一体系比较好地显示了三种不同生物之间的亲缘关系及进化过程,逐渐被公认,其不足之处是没有确定非细胞形态生物(主要是病毒)的分类地位。

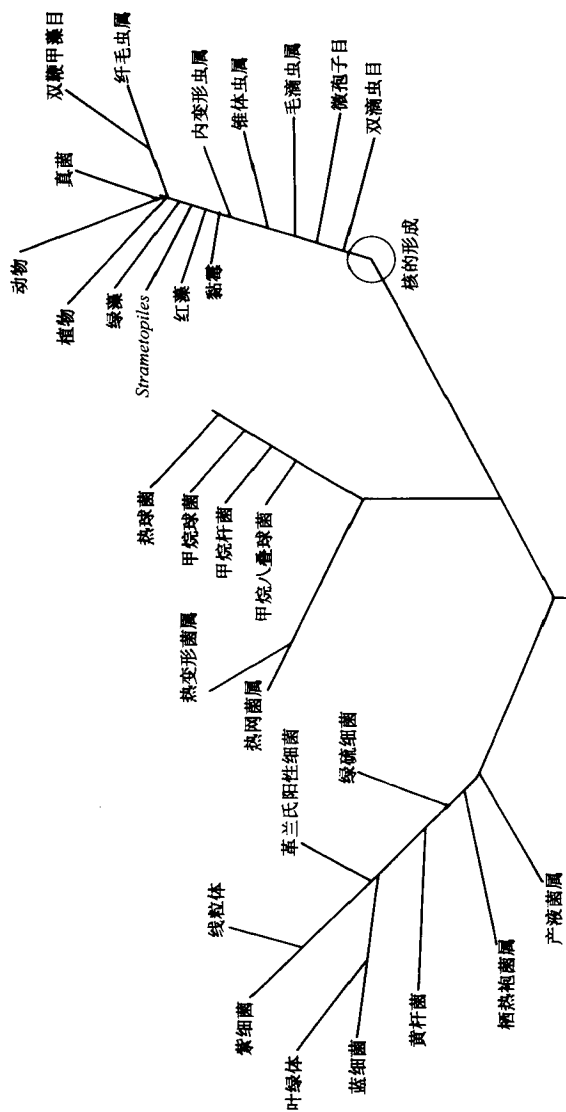


图 1-1 Woese提出的三界分类系统

表 1-1 三界分类系统中不同界之间的主要区别

性状特征	古细菌界	原核生物界	真核生物界
细胞壁	无肽聚糖	有肽聚糖	由其他物质构成
组成膜的脂类	分枝脂肪酸	直链脂肪酸	直链脂肪酸和甾醇
蛋白质的合成	不受氯霉素等抗生素的影响	受氯霉素等抗生素的影响	多数物种不受影响
蛋白质的起始氨基酸	甲硫氨酸	甲酰甲硫氨酸	甲硫氨酸
生长环境	一般为极端环境	多种环境	多种环境

在所有的生物分类体系中,种是最基本的分类单位,在微生物学分类系统中,通常将 DNA/DNA 杂交同源性在 70% 以上或 T_m (DNA/DNA 解链温度) $\leq 5^\circ\text{C}$ 的认为是同种;把相关或相似的种 (DNA/DNA 杂交同源性在 20% 以上) 归为同一属,相似的属归为同一科,依此类推,从而构成一个完整的分类系统。在两个主要的分类单位之间,还可以添加次要的分类单位,如亚门、亚纲、亚属、亚种等。亚种 (subsp.) 是种以下具有分类意义的最小单位,在种以下还有一些常用的更小的描述单位,如生物变种等,这些概念不具有分类学意义,但在实际应用中有重大作用。变种通常指某一微生物种内具有某些特异性特征的菌株,如抗原组成、对噬菌体的敏感性等,常用的几个描述单位有:

① 生物变种 (Biovar./Biotype): 同种内具有特殊生化或生理特性的菌株;

② 血清变种 (Serovar./Serotype): 同种内具有不同抗原特征的菌株;

③ 致病变种 (Pathovar./Pathotype): 同种内引起不同宿主致病的菌株;

④ 噬菌体敏感变种 (Phagovar./Phagotype): 同种内对不同噬菌体敏感的菌株;

⑤ 形态变种 (Morphovar./Morphotype): 同种内具有特异形态特征的菌株。

以 *Saccharomyces cerevisiae* Hansen (啤酒酵母) 为例,其系统

分类为:

- 界 真菌界(Fungi)
- 门 真菌门(Eumycophyta)
- 纲 子囊菌纲(Ascomycetes)
- 目 内孢霉目(Endomycetales)
- 科 内孢霉科(Endomycetaceae)
- 属 酵母属(Saccharomyces)
- 种 啤酒种(cerevisiae)

二、分类依据

微生物所覆盖的范围非常广,对不同类型的微生物所采用的分类依据亦有区别。

(一) 细菌的分类依据

细菌的分类过去主要依据细菌的外部形态特征,如单个细菌的形状、大小、菌落特征、革兰氏染色、是否形成芽孢,及生理生化特征如对氧气的需求、对温度的耐受性、最适生长温度、营养需求、对环境的 pH 要求、噬菌体的敏感性、代谢产物的组成(如色素、毒素、荚膜等)及产生的不同酶的活力等。随着电子显微镜的应用,分子生物学、免疫学及化学分析等新技术的发展,对细菌的超微结构、细胞壁的化学组成,生物大分子的组成及相似性等生物学性状及系统发生的亲缘关系方面都有新的了解,传统的分类原则已不能真实的反应不同细菌间的亲缘关系,在保留原来大部分形态、生理生化特征等分类依据的基础上,主要增加了细胞 DNA 中 G + C 的摩尔分数及 DNA、RNA 同源性等分子生物学指标,而且这些指标在分类时的判断价值超过了以往的分类指标,即以分子生物学指标为主,传统的形态、生理生化特征为辅。

(二) 新的分类方法和技术在细菌分类中的应用

随着分子生物学、免疫学及化学分析技术的发展提高,许多新的分类方法和技术在微生物分类中日益被广泛应用,使人类对各