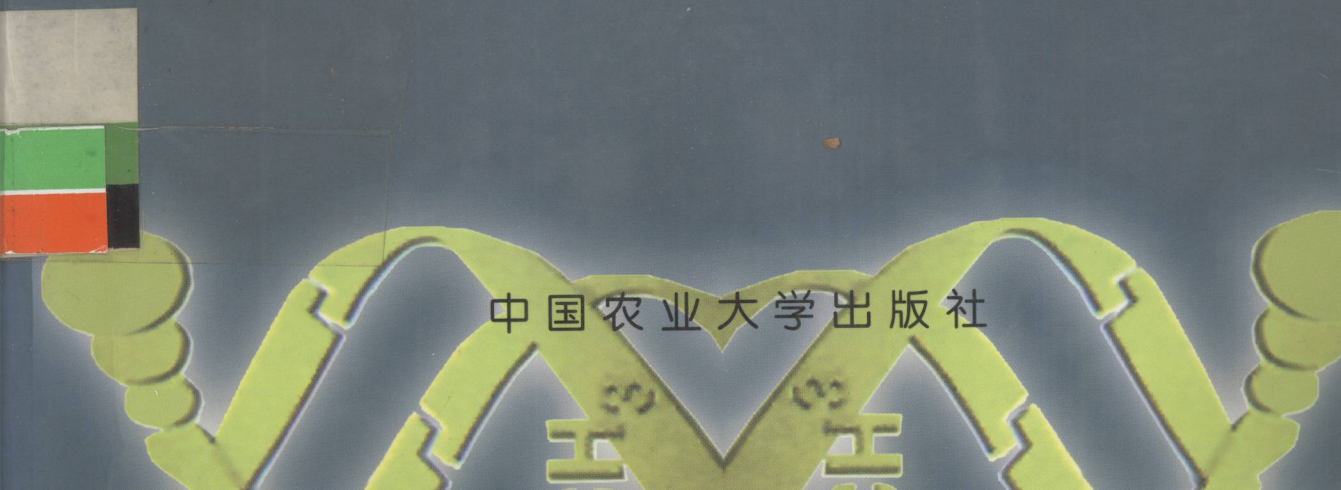


动物微生态研究进展

(2000年)

中国畜牧兽医学会动物微生态学分会 编

中国农业大学出版社



动物微生态研究进展

(2011-2012)

中国畜牧兽医学会动物微生态学分会 编



动物微生态研究进展

(2000 年)

中国畜牧兽医学学会动物微生态学分会 编

中国农业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

动物微生态研究进展. 2000 年/中国畜牧兽医学会动物微生态学分会编. —北京: 中国农业大学出版社, 2000. 9

ISBN 7-81066-240-6

I. 动… II. 中… III. 动物-微生态-研究-文集 IV. Q48

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 46219 号

责任编辑: 郑 丽 朱长玉

封面设计: 郑 川

出 版 中国农业大学出版社
发 行
经 销 新华书店
印 刷 北京市社科印刷厂
版 次 2000 年 9 月第 1 版
印 次 2000 年 9 月第 1 次印刷
开 本 16 17.75 印张 440 千字
规 格 787×1 092
印 数 1~550
定 价 40.00 元

主 编 何明清 甘孟侯
王永坤 蔡辉益
副主编 毕英佐 卢中华
刘克琳 张日俊
倪学勤

编 者(以姓氏笔画为序)

王永坤	王建业	江苏扬州大学
牛钟相		山东农业大学
卢中华		河南农业大学
甘孟侯	张克家	中国农业大学
张日俊		
吕道俊	刘克琳	四川农业大学
何明清	倪学勤	
潘康成	周安国	
任慧英		山东莱阳农学院
李康然		广西大学
刘国华	蔡辉益	中国农业科学院饲料研究所
李淑敏		
毕英佐	曹永长	华南农业大学
胡文锋	黄引贤	
何瑞国	杨 烨	华中农业大学
郑明球	薛恒平	南京农业大学
张均利	李桂杰	宝来利来生物工程研究所
陈君胜		上海卫生检疫局
洪黎民		复旦大学
徐耀基		广州奶牛研究所
赵 静		青海大学
蔡妙英		中国科学院微生物研究所

前 言

1998年,中国畜牧兽医学学会动物微生态学分会第二届二次理事会及1999年第二届四次学术研讨会着重就动物微生态近10年的研究进展、动物微生态学科的研究前沿及与边缘学科的关系以及编辑出版该书等进行了充分讨论。在编辑过程中得到作者们的密切配合和责编、审校的帮助,谨此表示感谢。在出版过程中得到中国农业科学院饲料所、江苏扬州大学、河南农业大学、华南农业大学、中国农业大学、四川农业大学、宝来利来生物工程有限公司等本会理事的大力赞助,特此致谢。

动物微生态学是一门新兴学科,从微生态学和绿色食品意识出发,本学科主要研究微生物与微生物、微生物与动物疾病、微生物与动物营养、微生物与动物饲料以及微生物、动物体与环境三者的相互关系等。自1992年动物微生态学分会成立以来,开展了多次学术交流和举办了不同形式的培训班、报告会等,加之动物微生态高技术产品的产业化和广泛应用,使动物微生态学这一门新兴学科得到了较快发展。本书内容新颖,专题综述较全面,可供从事畜牧生产、兽医诊疗和科技工作者及相关专业的教师和学生参考。

中国畜牧兽医学学会动物微生态学分会

2000年3月

目 录

一、动物基础微生态研究

微生物分类及益生菌必备条件	王建业 王永坤(1)
芽孢杆菌属分类和鉴定	蔡妙英(24)
有益芽孢杆菌基因工程研究	倪学勤(44)
家兔正常微生物群研究进展	牛钟相(51)
家禽肠道正常微生物群研究	李康然(61)

二、动物感染微生态研究

消化道感染微生态研究	卢中华(66)
猪、牛生殖道感染微生态研究及对策	徐耀基 黄引贤(76)
家禽感染微生态研究	李康然(81)
益生菌激活动物体免疫功能研究	刘克琳(89)
单胃动物肠道菌群对宿主的影响	任慧英 赵静 甘孟侯(99)
动物正常微生物群与免疫应答	薛恒平(111)
环境污染与畜禽传染病	郑明球(116)
臭氧在微生态研究中的应用	陈君胜 洪黎民 周应强 顾凤声 张为民 朱世志 盛宗斗 蔡沧林(123)

三、动物营养微生态研究

动物微生态理论在饲料工业中的应用	刘国华 蔡辉益(130)
单胃动物消化道微生态环境与营养	张日俊(140)
生物饲料与人类健康刍议	何明清 吕道俊(155)
“绿色”饲料及其在配合饲料中的应用	周安国(164)

四、生物兽药

生物兽药研究进展	吕道俊 何明清 刘克琳(176)
蛭弧菌研究	薛恒平(190)
特异性疫苗免疫与益生菌联合效应	潘康成 甘孟侯(194)
中药疗法与动物微生态	张克家(201)

五、生物添加剂

乳酸菌 LB 株的特性及其在家禽生产中的应用	毕英佐 曹永长 胡文锋(205)
生物添加剂研究进展	潘康成 何明清(213)
益生酵母的研究及应用	李淑敏(237)
益生菌与饲料添加剂协同效应	何瑞国 杨烨(245)

六、动物微生态方法学

动物微生态方法学研究进展	吕道俊 何明清(265)
--------------------	--------------

微生物分类及益生菌必备条件

王建业 王永坤

(扬州大学畜牧兽医学院 扬州 225009)

一、微生物分类概述

(一)微生物分类

微生物是个体最小的生物,它包括的种类繁多,有细菌、真菌(包括霉菌和酵母菌)、放线菌、螺旋体、霉形体、立克次氏体、衣原体和病毒等。而本章所指的微生物分类仅针对细菌的分类,而病毒暂不包括在内。

微生物分类学(microbial taxonomy)是一门按微生物的亲缘关系把它们安排成条理清楚的各种分类单元或分类群(taxon)的科学。它包括三个方面内容,即分类、鉴定和命名(nomenclature)。分类的任务是通过收集大量有关个体描述的资料,经过科学的归纳,整理成一个科学的分类系统。理想的分类系统应该是反映生物进化规律的自然分类系统。鉴定则是确定一个新的分离物属于已经命名的分类单元的过程;命名是根据国际命名法规给细菌分类单元以科学名称。因此,概括来说,微生物分类学是对微生物进行鉴定,分群归类,按分类学准则排列成分类系统,并对已确定的分类单元进行科学命名的学科。

(二)微生物分类学的发展历程

1872年,德国植物学家 Cohn 提出第一个细菌分类系统。他根据细菌的形态特征,将细菌分为球菌、短杆菌、长杆菌和螺旋菌。

1909年,Orla-Jensen 以生理特征为主,即把细菌培养物的许多生理特征作为特征描述,并主要作为鉴定的依据。此后,随着各种酶的研究和各种代谢途径的阐明,细菌分类学开始突破纯形态分类的局限。

1916~1918年,美国微生物学家 Buchanan 对细菌的命名和分类进行了研究。他根据形态、染色反应、生理生化特性和病原性等特征,把细菌分成科、族和属,对细菌的分类工作有深远的影响。

1957年,英国的细菌学家 Sneath 把电子计算机技术应用于细菌分类,建立了数值分类,把大量的表型特征定量化,根据各菌株的相似性进行分类,大大促进了细菌分类学的发展。

从20世纪60年代起,细菌分类学开始进入分子生物学时期,深入地研究和分析细菌的化学结构和核酸,例如,DNA 碱基的比例、DNA-DNA 和 DNA-RNA 同源性、蛋白质的氨基酸序列、核糖体以及细胞壁组成等。这些分析提供了大量新的资料,揭示出细菌之间的亲缘关系。通用分析方法包括 DNA/rRNA 的杂交和 5S rRNA、16S rRNA 和 23S rRNA 基因的序列比较。

除了 rRNA 外,延长因子 T₀ 和 ATP 合成酶的 β -亚单位也可用作系统发育的标记。rRNA 的序列比较分析所获得的资料为目前所有细菌之间的系统发育关系提供了最好的依据。目前,在细菌分类研究中,已初步形成了一套现代分类技术体系,这一体系包括表型分析(数值分类)、化学分析、DNA 杂交和 16S rRNA 同源性分析。将系统发育关系和表型特征相结合,从多方面对细菌进行研究,再确定其分类地位,这样的分类体系又称为多相分类学。

(三)微生物在生物界中的地位

对微生物的分类及其在整个生物界的划分经历了一个由浅入深,由简至繁,由低级至高级的认识过程。微生物在生物界级分类中占据着特殊重要的地位。1969 年,Whittaker 根据生物获取营养的习性不同而分类,建立了目前较为普遍接受的五界系统。五界系统包括动物界(Animalia)、植物界(Plantae)、原生生物界(Protista,包括原生动物、单细胞藻类、粘菌等)、真菌界(Fungi,包括真菌、酵母菌)以及原核生物界(Monera,包括细菌、蓝细菌等)。我国细菌分类学家王大耜教授于 1977 年提出把非细胞结构的病毒另立一界——病毒界,从而建立了六界系统。

20 世纪 70 年代后,由于对各大类生物进行深入的分子生物学研究并累积了大量的研究资料,尤其是 Woese(1997)对他们的 16S rRNA 核苷酸顺序的同源性进行测定后,终于在 1978 年由 R. H. Whittaker 和 L. Margulis 提出了一个崭新的三原界(Urkingdom)学说。这三个原界是:①古细菌(Archaeobacteria)原界,包括产甲烷菌,极端嗜盐菌和嗜热嗜酸菌;②真细菌(Eubacteria)原界,包括蓝细菌和各种除古细菌以外的其它原核生物;③真核生物(Eucaryotes)原界,包括原生动物、真菌、动物和植物。三原界学说还吸收了关于真核生物是起源于原核细胞间的“内共生学说”,并使其内容更加完善。有关古细菌、真细菌与真核生物的比较见表 1。

表 1 古细菌、真细菌与真核生物的比较

比较项目	古细菌	真细菌	真核生物
rRNA 共同臂上的 T	无	一般有	一般有
二羟尿嘧啶	除一个种外均无	一般有	一般有
蛋白质合成开始的氨基酸	甲硫氨酸	甲酰甲硫氨酸	甲硫氨酸
核糖体的亚基	30S, 50S	30S, 50S	40S, 60S
延长因子	能与白喉毒素反应	不能与白喉毒素反应	能与白喉毒素反应
氯霉素	不敏感	敏感	不敏感
茴香霉素	敏感	不敏感	敏感
16S 或 18S rRNA 的 3'-位上有无结合 AUCACUCC 片段	有	有	无
RNA 聚合酶的亚基数	9~12	4	12~15
细胞膜中的脂类	醚键,有分支的直链	醚键,无分支的直链	醚键,无分支的直链
细胞壁	种类多样,无胞壁酸	种类多样,含胞壁酸	动物无细胞壁,其它的种类多样

(四)主要的微生物分类系统

1. 伯杰氏分类系统 目前世界上影响较大和比较全面的细菌分类系统,即美国细菌学家协会出版的《伯杰细菌鉴定手册》,前苏联克拉西里沃夫著的《细菌和放线菌的鉴定》(1949 年出版,1957

年译成中文)和法国普雷沃著的《细菌分类学》(1961年出版)。这三个分类系统都是针对细菌的,但他们所依据的原则、排列的系统、对各类细菌的命名和所用名称的含义等都不相同。伯杰氏分类系统在三个分类系统中是最有权威性的,而且是当前国际上普遍采用的细菌分类系统。该手册经过几十年不断的修改,逐渐成为一个国际性手册,而且反映了细菌分类学的发展变化趋势。其最新版本《伯杰氏系统细菌学手册》(1984~1989)第九版由于在各级分类单元中广泛采用细胞化学分析、数值分类方法和核酸技术,尤其是16S rRNA寡核苷酸序列分析技术,以阐明细菌的亲缘关系,从而对第八版的分类做了很多必要的调整。例如,本手册将原核生物界分为4个门,就是根据细胞化学、比较细胞学和16S rRNA寡核苷酸序列分析的结果。该手册分为4卷,主要根据细菌的表型特征,将所有细菌分成33组,并侧重于属和种的水平进行分类和描述。各卷的内容如下:

第一卷:一般常见的医学或工业方面重要的革兰氏阴性细菌(11个组);

第二卷:放线菌以外的革兰氏阳性细菌(6个组);

第三卷:古细菌、蓝细菌和其它革兰氏阴性细菌(8个组);

第四卷:放线菌(8个组)。

该手册仍将所有细菌归属原核生物界,并根据Gibbons和Murray提出的细菌高级分类单元的建议,将细菌分为4个门:

薄壁菌门(Gracilicutes)

暗细菌纲(Scotobacteria)

不产氧光合细菌纲(Anoxyphotobacteria)

产氧光合细菌纲(Oxyphotobacteria)

厚壁菌门(Firmicutes)

厚壁细菌纲(Firmibacteria)

放线菌纲(Thallobacteria)

软壁菌门(Tenericutes)

柔膜菌纲(Mollicutes)

疵壁菌门(Mendosicutes)

古细菌纲(Archaeobacteria)

2. 真菌分类系统 真菌是生物界中的一个大大类,有其独特的特点和起源,种类繁多,分布广泛。现代生物学已把真菌单独列为一个界,即真菌界。

真菌划分各级分类单位的基本原则是以形态特征为主,生理生化、细胞化学和生态特征为辅。

在真菌分类领域中,具真进化概念的,有代表性的真菌分类系统多达十余个。随着研究工作的不断深入和研究技术的发展,人们对真菌系统演化的认识逐步深入,目前多数真菌学者趋向于参照和运用Ainsworth等建立的分类系统。

Ainsworth的分类系统是1966年提出的,在他的1971年《真菌字典》(第6版)和1973年《真菌进展论文集》(The Fungi an Advanced Treatise Vol. IUA&B)第四卷做了进一步说明和发挥。根据其营养方式、细胞壁成分和形态等特点,将真菌归属于真菌界的真菌门,下设5个亚门,18纲,66目。

真菌界(The Fungi)分门、亚门的检索表

1. 原生质团或假原生质团存在 粘菌门(Myxomycota)
1. 原生质团或假原生质团缺乏,营养阶段为典型的丝状体 真菌门(Eumycota)

2. 有游动细胞(游动孢子),有性阶段孢子为典型的卵孢子 鞭毛菌亚门(Mastigomycotina)
2. 无游动细胞 3
3. 具有性阶段 4
3. 无有性阶段..... 半知菌亚门(Deuteromycotina)
4. 有性阶段孢子为接合孢子 接合菌亚门(Zygomycotina)
4. 无接合孢子 5
5. 有性孢子为子囊孢子 子囊菌亚门(Ascomycotina)
5. 有性孢子为担孢子 担子菌亚门(Basidiomycotina)

在上述检索表中,鞭毛菌亚门是按照鞭毛的数目和位置分为 4 纲;接合菌亚门是按照其生活习性或生态特征分为 2 纲;子囊菌亚门是根据其子囊果的有无、形态和性质以及子囊排列情况和壁的层数分为 6 纲;担子菌亚门是根据担子果的有无和开裂与否区分为 3 纲;半知菌亚门是依据菌丝体的有无和发育程度以及分生孢子产生场所等特征分为 3 纲。

二、主要益生菌的分类地位

本节内容将主要参照《伯杰氏系统细菌学手册》第九版,并结合细菌分类的一些最新进展,对动物微生态调控剂中目前广泛应用的益生菌的分类地位做一概述。

(一)双歧杆菌属(*Bifidobacterium*)

双歧杆菌是个始祖菌(*Primitive bacteria*),与许多菌属有相似性和近似性,因而在历史上长期未能确定其分类学位置。直至 1974 年出版的伯杰氏细菌鉴定手册第八版(1974)才将双歧杆菌属作为正式属名列入放线菌目的放线菌科下,当时属内列有 11 个种。在《伯杰氏系统细菌学手册》(1986)列入 24 个种,近 10 年来又陆续发表了 8 个新种。这些新种包括:鸡双歧杆菌(*B. gallinarum*)(Watabe 等,1983)、高卢双歧杆菌(*B. gallicum*)(Lauer,1990)、反刍双歧杆菌(*B. ruminantium*)和瘤胃双歧杆菌(*B. merycicum*)(Biavati 等,1991)、波伦亚双歧杆菌(*B. Saeculare*)(Biavati 等,1991)、异型双歧杆菌(*B. inpinatum*)和龋齿双歧杆菌(*B. denticolens*)(Crociani 等,1996)以及乳双歧杆菌(*B. lactis*)(Meile 等,1997)。现将已报道的种及一些特征列入表 2。

对于双歧杆菌属的分类研究,属内的种和种间的亲缘关系问题的探讨近 10 年来已有些报道,并应用不同的方法进行探索研究。如 Scardovi 等(1979)借助于淀粉凝胶电泳法分析转二羟丙酮基酶的酶谱对双歧杆菌属种的菌株进行分类;Sgorbati 等(1982)也是利用转二羟丙酮基酶作为进化的标志,用于分析属内 21 个种的亲缘关系。Lauer 等(1983)对双歧杆菌属内的 24 个种模式菌株的 DNA-DNA 同源性、乳酸脱氢酶和转二羟丙酮基酶的同功酶和胞壁质类型等进行测试,所获结果绘制一图表以此显示属内种间的关系。凌代文(1996)曾对不同来源双歧杆菌进行过数值分类,依据 16S rRNA 可变区序列的分析,以 PCR 方法合成的生物素标记探针对某些代表性菌株同源性进行了分析和讨论,结果与 Lauer 和 Sgorbati 实验结果有吻合之处。Bourget 等(1996)应用 16S rRNA 和 16S-32S ITS(内部空间序列间隔)序列的分析结果比较说明 16S rRNA 的序列分析有助于推断属间和属内的关系,而 16S-23S ITS 序列可用于划分种的界限,有助于对现在双歧杆菌属内多样的种进行鉴定。

表 2 鉴别双歧杆菌属内种的特征

菌名	D 核糖	L 阿糖	纤维二糖	松三糖	棉籽糖	山梨醇	淀粉	葡萄糖酸 盐	木糖	甘露糖	果糖	半乳糖	蔗糖	麦芽糖	海藻糖	蜜二糖	甘露醇	菊糖	水杨苷	DNA 中(G+C)/% (摩尔分数)
两歧双歧杆菌(<i>B. bifidum</i>)	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	d	-	-	d	-	-	-	58(BD)
长双歧杆菌(<i>B. longum</i>)	+	+	+	-	+	-	-	-	d	d	+	+	+	+	-	+	-	-	-	58(BD)
婴儿双歧杆菌(<i>B. infantis</i>)	+	-	+	-	+	-	-	-	d	d	+	+	+	+	-	+	-	d	-	58(BD)
短双歧杆菌(<i>B. breve</i>)	+	-	+	d	+	d	-	-	-	+	+	+	+	+	d	+	d	+	+	58(BD)
青春双歧杆菌(<i>B. adolescentis</i>)	+	+	+	+	+	d	+	+	+	d	+	+	+	+	d	+	d	+	+	58(BD)
角双歧杆菌(<i>B. angulatum</i>)	+	+	+	-	+	d	+	d	+	-	+	+	+	+	-	+	-	+	+	59(T _m)
小链双歧杆菌(<i>B. catenulatum</i>)	+	+	+	+	+	+	-	d	+	-	+	+	+	+	d	+	d	+	+	55(T _m)
假小链双歧杆菌(<i>B. pseudocatenulatum</i>)	+	+	+	d	-	+	+	d	+	+	+	+	+	+	d	+	-	-	+	57.5(T _m)
齿双歧杆菌(<i>B. dentium</i>)	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	61(T _m)
球双歧杆菌(<i>B. globosum</i>)	+	d	+	-	+	-	+	-	d	-	+	+	+	+	-	+	-	-	-	64(T _m)
假长双歧杆菌(<i>B. pseudolongum</i>)	+	+	d	d	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	60(T _m)
兔双歧杆菌(<i>B. cuniculi</i>)	-	+	-	-	-	-	+	-	+	-	-	+	+	+	-	+	-	-	-	64(T _m)
小猪双歧杆菌(<i>B. choerinum</i>)	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-	-	66(T _m)
动物双歧杆菌(<i>B. animalis</i>)	+	+	+	d	+	-	+	-	+	d	+	+	+	+	d	+	-	-	+	60(T _m)
嗜热双歧杆菌(<i>B. thermophilum</i>)	-	-	d	d	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	d	+	-	d	d	60(T _m)
牛双歧杆菌(<i>B. boum</i>)	-	-	d	-	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	-	+	-	+	-	60(T _m)
大双歧杆菌(<i>B. magnum</i>)	+	+	+	-	+	-	-	-	+	-	+	+	+	+	-	+	-	-	-	60(T _m)
小鸡双歧杆菌(<i>B. pullorum</i>)	+	+	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	67(T _m)
猪双歧杆菌(<i>B. suis</i>)	-	+	+	-	+	-	-	-	+	d	d	+	+	+	-	+	-	-	-	62(T _m)
细长双歧杆菌(<i>B. subtilis</i>)	+	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	d	+	-	d	d	61.5(T _m)

续表 2

菌 名	D	L	核糖	阿拉伯糖	乳糖	纤维二糖	松三糖	棉籽糖	山梨醇	淀粉	葡萄糖酸	木糖	甘露糖	果糖	半乳糖	蔗糖	麦芽糖	海藻糖	蜜二糖	甘露醇	菊糖	水杨苷	DNA 中(G+C)/% (摩尔分数)
最小双歧杆菌(<i>B. minimum</i>)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	61.5(T _m)
棒状双歧杆菌(<i>B. coryneforme</i>)	+	+	-	+	-	-	-	+	-	-	+	+	-	+	ND	+	+	-	+	-	ND	+	
星状双歧杆菌(<i>B. asteroides</i>)	+	+	-	+	-	+	-	+	-	-	d	+	-	+	d	+	d	-	+	-	-	+	59(T _m)
蜜蜂双歧杆菌(<i>B. indicum</i>)	+	-	-	+	-	+	-	+	-	-	+	-	d	+	d	+	d	-	+	-	-	d	60(T _m)
鸡双歧杆菌(<i>B. gallinarum</i>)	+	+	+	d	-	+	-	+	-	-	ND	+	d	+	+	+	+	+	+	-	+	+	65.7(T _m)
高卢双歧杆菌(<i>B. gallicum</i>)	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	+	61(T _m)
反刍双歧杆菌(<i>B. ruminantium</i>)	+	-	+	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	-	+	+	-	-	57.58(T _m)
瘤胃双歧杆菌(<i>B. merycicum</i>)	+	+	+	d	-	d	-	+	-	+	-	-	-	(+)	+	+	+	-	+	-	-	-	59.60(T _m)
波轮亚双歧杆菌(<i>B. saeculare</i>)	ND	ND	(+)	-	+	-	+	ND	ND	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	63(T _m)
异形双歧杆菌(<i>B. inopinatum</i>)	+	-	d	-	d	-	d	d	ND	+	-	+	-	+	-	+	+	-	d	-	D	d	45(T _m)
龋齿双歧杆菌(<i>B. denticolens</i>)	+	d	+	+	-	+	-	+	ND	+	-	-	-	+	+	+	+	D	+	-	+	+	55(T _m)
乳双歧杆菌(<i>B. lactis</i>)	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	D	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-	62(HPLC)

注: +, 阳性反应; (+), 弱阳性; -, 阴性反应; d, 某些菌株阳性; ND, 未检测。

Orn, 鸟氨酸; Lys, 赖氨酸; Ser, 丝氨酸; Thr, 苏氨酸; Ala, 丙氨酸; Asp, 天冬氨酸; Gly, 甘氨酸; Glu, 谷氨酸。

种名	G+C/% (摩尔分数)
瘤胃乳杆菌 (<i>L. ruminis</i>)	44~47
唾液乳杆菌唾液亚种 (<i>L. salivarius</i> subsp. <i>salivarius</i>)	34~36
唾液乳杆菌水杨素亚种 (<i>L. salivarius</i> subsp. <i>salicinicus</i>)	34~36
夏普乳杆菌 (<i>L. sharpae</i>)	53
耐酸乳杆菌 (<i>L. acetotolerans</i>)	35~36.5
能动乳杆菌 (<i>L. agilis</i>)	43~44
食品乳杆菌 (<i>L. alimentarius</i>)	36~37
干酪乳杆菌 (<i>L. casei</i>)	45~47
棒状乳杆菌棒状亚种 (<i>L. coryniformis</i> sub- sp. <i>coryniformis</i>)	45
棒状乳杆菌扭曲亚种 (<i>L. coryniformis</i> subsp. <i>torguens</i>)	45
弯曲乳杆菌 (<i>L. curvatus</i>)	42~44
草乳杆菌 (<i>L. graminis</i>)	41~43
哈氏乳杆菌 (<i>L. hamsteri</i>)	33~35
同型腐酒乳杆菌 (<i>L. homohiochii</i>)	35~38
肠乳杆菌 (<i>L. intestinalis</i>)	ND
小鼠乳杆菌 (<i>L. murinus</i>)	43~44
戊糖乳杆菌 (<i>L. pentosus</i>)	46~47
植物乳杆菌 (<i>L. plantarum</i>)	44~46
鼠李糖乳杆菌 (<i>L. rhamnosus</i>)	45~47
米酒乳杆菌 (<i>L. sake</i>)	42~44
玉米乳杆菌 (<i>L. zeae</i>)	48~49
双发醇乳杆菌 (<i>L. bif fermentans</i>)	45

续表 3

种 名	苦杏仁糖	纤维二糖	七叶灵	果糖	半乳糖	葡萄糖	葡萄糖盐	葡萄糖	麦芽糖	甘露糖	甘露糖	松二糖	蜜三糖	棉籽糖	鼠李糖	核糖	水杨糖	山梨糖	蔗糖	海藻糖	木糖	从精氨酸产生 HN ₃	乳酸旋光性 ^b	15℃ 生长	肽聚糖 ^c 类型	G+C/% (摩尔分教)
短乳杆菌(<i>L. brevis</i>)	-	+	-	d	+	d	+	+	d	+	+	-	-	+	d	+	-	-	d	-	d	+	DL	+	Lys-DAsp	44~47
布氏乳杆菌(<i>L. buchneri</i>)	-	+	-	d	+	d	+	+	d	+	+	-	+	+	d	+	-	-	d	-	d	+	DL	+	Lys-DAsp	44~46
立形乳杆菌(<i>L. collinoides</i>)	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	d	-	-	-	+	DL	+	Lys-DAsp	46	
发酵乳杆菌(<i>L. fermentum</i>)	-	d	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+	d	d	+	DL	-	Orn-DASP	52~54	
食果糖乳杆菌(<i>L. fructivorans</i>)	-	-	-	+	+	+	+	+	d	-	-	-	-	-	+	+	-	-	d	-	+	DL	+	Lys-Dasp	38~41	
果糖乳杆菌(<i>L. fructosus</i>)	ND	-	-	ND	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	DL	+	Lys-Ala	47	
海格乳杆菌(<i>L. hilgardii</i>)	-	-	-	+	+	d	+	+	+	+	+	-	d	-	+	+	-	-	d	-	+	DL	+	Lys-DAsp	39~41	
高加索乳杆菌(<i>L. kefir</i>)	-	d	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	+	DL	+	Lys-DAsp	41~42	
坏发酵乳杆菌(<i>L. malefermentans</i>)	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-	+	ND	+	Lys-DAsp	41~42	
微小乳杆菌(<i>L. minor</i>)	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	-	+	+	+	DL	+	Lys - Ser - Ala ₂	44	
口乳杆菌(<i>L. oris</i>)	+	+	d	+	+	+	+	+	+	+	+	d	-	+	+	+	d	+	+	d	+	DL	-	Lys-DAsp	49~51	
类布氏乳杆菌(<i>L. parabuchneri</i>)	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	ND	+	+	+	+	-	-	+	-	+	ND	+	Lys-DAsp	44	
类高加索乳杆菌(<i>L. parakefir</i>)	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	d	-	+	+	-	-	+	-	+	L	+	ND	41.4~42	
桥乳杆菌(<i>L. pontis</i>)	ND	-	d	+	+	d	-	d	-	-	-	-	+	+	+	+	ND	ND	-	ND	+	DL	+	Orn-DASP	53.3~54.7	
罗伊氏乳杆菌(<i>L. reuteri</i>)	ND	+	-	ND	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+	+	-	+	DL	+	Lys-DAsp	40~42	
猪双白乳杆菌(<i>L. sueticus</i>)	-	+	d	-	+	+	+	+	+	+	+	ND	-	d	-	+	-	-	d	-	ND	+	+	DAP	40.4	
旧金山乳杆菌(<i>L. sanfrancisco</i>)	ND	-	-	ND	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	DL	+	Lys-Ala	36~38	
牛粪乳杆菌(<i>L. vaccinosus</i>)	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-	+	DL	+	mDAP-Direct	36	
阴道乳杆菌(<i>L. vaginalis</i>)	-	-	-	d	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	d	-	+	+	-	ND	DL	-	ND	38~41	

注: a. +, 90% 以上的菌株阳性; -, 90% 以上的菌株阴性; d, 11%~89% 菌株阳性; +_w, 阳性及弱阳性反应; ND, 未测定。 b. D 或 L, 90% 乳酸的旋光性; DL, 总乳酸的 25%~75% 是 L 型; D(L) 或 L(D), 括号内表示总乳酸的 15%~20% 的乳酸构型。 c. Lys, 赖氨酸; Asp, 天门冬氨酸; mDAP, 内消旋二氨基庚二酸

表 4 肠球菌属 (*Enterococcus*) 的种及其变动一览表

现 名	报道和描述者	前 名	前报道和描述者
鸟肠球菌 (<i>E. avium</i>)	Collins et al. (1984)	鸟链球菌 (<i>Streptococcus avium</i>)	Nowlan 和 Deibel (1967)
黄色肠球菌 (<i>E. casseliflavus</i>)	Collins et al. (1984)	黄色链球菌 (<i>Strep. casseliflavus</i>)	Vaughn et al. (1979)
盲肠肠球菌 (<i>E. cecorum</i>)	Williams et al. (1989)	盲肠链球菌 (<i>Strep. cecorum</i>)	Devriese et al. (1983)
鸽肠球菌 (<i>E. columbae</i>)	Devriese et al. (1990)	ND ^d	
异肠球菌 (<i>E. dispar</i>)	Collins et al. (1991)	ND	
坚强肠球菌 (<i>E. durans</i>)	Collins et al. (1984)	坚强链球菌 (<i>Strep. durans</i>)	Sherman 和 Wing (1937)
粪肠球菌 (<i>E. faecalis</i>)	Schleifer 和 Kilpper-Bälz (1984)	粪链球菌 (<i>Strep. faecalis</i>)	Andrewes 和 Horder (1906)
屎肠球菌 (<i>E. faecium</i>)	Scheifer 和 Kilpper-Bälz (1984)	屎链球菌 (<i>Strep. faecium</i>)	Orla-Jensen (1919)
显黄肠球菌 (<i>E. flavescens</i>) ^a	Pompei et al. (1992a)	ND	
鸡肠球菌 (<i>E. gallinarum</i>)	Collins et al. (1984)	鸡链球菌 (<i>Strep. gallinarum</i>)	Bridge 和 Sneath (1982)
肠道肠球菌 (<i>E. hirae</i>)	Farrow 和 Collins (1985)	ND	
恶臭肠球菌 (<i>E. malodoratus</i>)	Collins et al. (1984)	粪链球菌恶臭亚种 (<i>S. F. subsp. malodoratus</i>)	Pette (1995)
芒特肠球菌 (<i>E. mundtii</i>)	Collins et al. (1986)	ND	
假鸟肠球菌 (<i>E. pseudoavium</i>)	Collins et al. (1989b)	ND	
棉籽糖肠球菌 (<i>E. raffinosus</i>)	Collins et al. (1989b)	ND	
解糖肠球菌 (<i>E. saccharolyticus</i>)	Rodrigues 和 Collins (1990)	解糖链球菌 <i>Strep. saccharolyticus</i>	Farrow et al. (1984)
鱼病肠球菌 (<i>E. seriolitica</i>) ^b	Kusuda et al. (1991)	ND	
单生肠球菌 (<i>E. salitarius</i>) ^c	Collins et al. (1989b)	ND	
硫磺肠球菌 (<i>E. sulfureus</i>)	Martinez—Murcia 和 Collins (1991)	ND	

注: a. 未发表 16S rRNA 序列资料; b. 可能与格氏乳球菌 (*Lactococcus garviae*) 同物异名; c. 亲缘关系与四联菌属 (*Tetragonococcus*) 密切; d. 未报道和描述