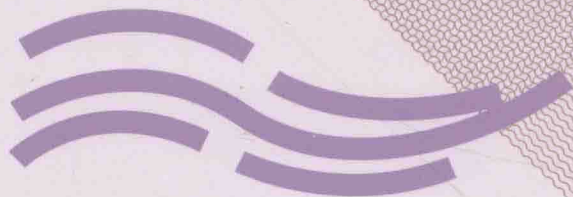


高等职业教育
酿酒技术专业系列教材

黄酒 微生物技术

葛松涛
胡普信 编
寿泉洪



 中国轻工业出版社 | 全国百佳图书出版单位

高等职业教育酿酒技术专业系列教材

黄酒微生物技术

葛松涛 胡普信 寿泉洪 编



中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

黄酒微生物技术/葛松涛, 胡普信, 寿泉洪编. —北京: 中国轻工业出版社, 2015. 11

高等职业教育酿酒技术专业系列教材

ISBN 978-7-5184-0606-7

I. ①黄… II. ①葛… ②胡… ③寿… III. ①黄酒—酿酒微生物—高等教育—教材 IV. ①TS262.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 209344 号

责任编辑: 江 娟

策划编辑: 江 娟

责任终审: 劳国强

封面设计: 锋尚设计

版式设计: 锋尚设计

责任校对: 吴大鹏

责任监印: 张 可

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

印 刷: 北京君升印刷有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2015 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 720 × 1000 1/16 印张: 9

字 数: 180 千字

书 号: ISBN 978-7-5184-0606-7 定价: 25.00 元

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

120429J2X101ZBW

高等职业教育酿酒技术专业（黄酒类）系列教材

编 委 会

主 任 胡普信

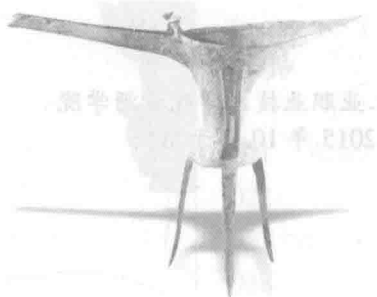
副主任 寿泉洪

委 员 （按姓氏笔画排序）

孟中法 陈靖显 邹慧君 俞关松 莫新良

葛松涛 潘兴祥 魏桃英 魏瑞锋

前言



黄酒微生物技术是黄酒酿造中的关键技术之一。其微生物 (microorganism) 是一些肉眼看不见的微小生物的总称。虽然微生物学的一套基本技术在 19 世纪后期均已完善, 包括显微术、灭菌方法、加压灭菌器 (Chamberland, 1884)、纯培养技术、革兰染色法 (Gram, 1884)、培养皿 (Petri, 1887) 和琼脂作凝固剂等, 但在黄酒生产上的重视与应用只有数十年时间, 从民国时期的实业救国开始, 引进西方微生物技术, 逐渐被黄酒界所认识与应用, 尤其是现代生物工程技术的崛起, 使微生物技术更加令人瞩目。因此, 黄酒行业对微生物的应用与改造, 现在已被大多数黄酒企业所关注和重视。

本教材以典型的黄酒酿造工艺流程为主线, 对黄酒生产过程中的相关微生物及生长繁殖机理与分离、培养、筛选、复壮等实践操作方法进行了有针对性的指导与训练, 为黄酒行业及酿酒行业的微生物应用, 进行了相对合理的知识点选择, 各章后都安排了思考题与实训, 以此来强化对每章知识点的记忆与实际操作能力的强化。

本书可作为高等职业教育酿酒技术、生物技术及应用等相关专业的教科书与参考书, 也可作为酿酒企业技术人员的参考书。

由于微生物工程、发酵工程、生物工程发展迅

速，相关的知识点也在不断更新，加之编者水平有限，内容难免有不足之处，恳请读者批评指正。

胡普信

浙江工业职业技术学院黄酒学院

2015 年 10 月于绍兴

目录

001	第一章 微生物基础知识
002	第一节 微生物
011	第二节 黄酒中微生物的应用
013	第三节 微生物实验室安全
015	思考题
016	实训一 实验室安全教育
018	拓展阅读 机会总是偏爱有准备的头脑
021	第二章 黄酒酿造中的主要微生物
022	第一节 细菌
033	第二节 酵母
038	第三节 霉菌
044	思考题
045	实训二 微生物的制片与显微镜的使用
048	实训三 细菌的简单染色和革兰染色
050	拓展阅读 “好奇号”火星车携带数以万计的微生物
053	第三章 微生物的营养与生长
054	第一节 微生物的营养与运输
063	第二节 微生物的生长
068	第三节 微生物的生长调控
073	思考题
073	实训四 黄酒酵母细胞数、死亡率和出芽率的测定
077	拓展阅读 黄酒酿造中培养基的应用
079	第四章 灭菌与无菌操作



080	第一节 灭菌
086	第二节 无菌室使用与无菌操作
088	思考题
089	实训五 实验室培养基的配制
093	实训六 无菌室的使用与接种技术
098	实训七 纯种分离技术
101	拓展阅读 黄酒发酵过程中染菌处理
105	第五章 黄酒微生物菌种管理
106	第一节 菌种选育
110	第二节 黄酒微生物的衰退和分离复壮
112	第三节 微生物的保藏
114	思考题
115	实训八 黄酒酵母菌种保藏(酒药法和纯种酵母保藏)
118	实训九 纯种曲霉保藏
119	拓展阅读 基因工程
121	第六章 黄酒微生物的检测
122	第一节 镜检
124	第二节 平皿检测
126	第三节 发酵检测
128	思考题
128	实训十 黄酒成品酒中菌落总数测定
131	实训十一 黄酒中大肠杆菌菌群数测定
133	拓展阅读 食品卫生与安全
135	参考文献



第一章

微生物基础知识

第一节 微生物

在生命世界中,各种生物的体形大小相差极大,植物中的红杉高达 350m,动物中的蓝鲸长达 34m,而目前知道的最小微生物是病毒,如细小病毒的直径只有 20nm。衡量微生物大小的单位是 μm ($1\text{m} = 10^6\mu\text{m}$) 或 nm ($1\text{m} = 10^9\text{nm}$)。球菌的直径是 $0.5\mu\text{m}$,因此 80 个球菌“肩并肩”地排列成横队,也只是一根头发丝的宽度。杆菌的长度约 $2\mu\text{m}$,故 1500 个杆菌头尾衔接起来仅有一颗芝麻长。

微生物是指所有形体微小,单细胞或结构简单的多细胞,或没有细胞结构的一群最低等的生物。微生物是无所不在的物种,布满在自然界、动植物及人体,如纸币的表面(图 1-1),键盘鼠标的表面附着大量的微生物(图 1-2),不过因其极为微小,看不见,摸不着。因此,必须用显微镜放大几百倍、上千倍,乃至用电子显微镜放大数万倍、上百万倍才能看清。



图 1-1 纸币上的菌落数



图 1-2 测定鼠标上的菌落数

人体正常微生物与生俱来,伴随终生。微生物虽然微小,但数量庞大,一个人排出的粪便中,微生物约占干粪重量的 40%,人从出生后就生活在有菌环境中,因此,皮肤以及与外界相通的腔道,如口腔、鼻咽腔、肠道、泌尿生殖道均有大量各类微生物寄居,成为人体不可缺少的一部分。一般情况下寄居在人体的正常微生物丛对人体无害反有益,当然,在特定条件下也可致病。

一、微生物的分类与命名

1. 微生物的分类

整个微生物家族的成员包括三大类:非细胞类微生物、原核细胞类微生物、真核细胞类微生物。非细胞类微生物指无细胞结构,不能独立生活的微生物,如病毒和亚病毒(类病毒和朊病毒等);原核细胞类微生物指细胞核无核膜包裹,只有被称为核区的裸露 DNA 的原始单细胞生物如细菌、放线菌、支原体等;真核细胞类微生物指具有核膜,能进行有丝分裂,细胞质中存在线粒体等细胞器的生物,如真菌(酵母菌、霉菌及蕈菌)、原生动物和单细胞藻类等。



2. 微生物的命名

微生物的命名采用瑞典植物学家林奈 (Linnaeus, 1707—1778) 建立的双名制学名。

$$\text{学名} = \frac{\text{属名} + \text{种名}}{\text{斜体字}} + \frac{\text{符号 subsp. 或 var.}}{\text{正体字 (可省略)}} + \frac{\text{亚种或变种的加词}}{\text{斜体}}$$

双命名法包括属名和种名, 属名在前, 字首大写, 种名在后, 字首小写。有时在种名后还有附加部分。属名规定了微生物的主要形态特征和生理特征等, 而种名往往补充说明微生物的颜色性状和用途等次要特征, 如枯草芽孢杆菌 (*Bacillus subtilis*)。

二、微生物在生物界中的地位

1. 生命的进化

生命的进化经历了几个重要阶段, 最初的生命应是非细胞形态的生命, 在细胞出现之前, 必须有个“非细胞”或“前细胞”的阶段。病毒就是一类非细胞生物。

从非细胞到细胞是生物发展的第二阶段。早期的细胞是原核细胞, 早期的生物称为原核生物 (细菌、蓝细菌)。原核细胞构造简单, 没有核膜, 没有复杂的细胞器。

从原核到真核是生物发展的第三阶段。真核细胞具有核膜, 整个细胞分化为细胞核和细胞质两个部分: 细胞核内具有复杂的染色体结构, 成为遗传中心; 细胞质内具有复杂的细胞器结构, 成为代谢中心。由核质分化的真核细胞, 其机体水平远远高于原核细胞。

因此, 有人认为生命的共同祖先是一个原生物。原生物在进化过程中产生两个分支, 一个是原核生物 (细菌和古菌), 一个是原真核生物 (后经吞食一个古菌, 产生真核生物)。从进化的角度, 微生物是一切生物的老前辈。

2. 微生物在生物界中的地位

人类在发现和研究微生物之前, 把一切生物分成截然不同的两大界——动物界和植物界。随着人们对微生物认识的逐步深入, 从两界系统经历过三界系统、四界系统、五界系统甚至六界系统, 直到 20 世纪 70 年代后期, 美国人 Woese 等发现了地球上的第三种生命形式——古菌, 才导致了生命三域学说的诞生。该学说认为生命是由古菌域 (Archaea)、细菌域 (Bacteria) 和真核生物域 (Eukarya) 所构成。

老子在《道德经》里讲到: 道生一, 一生二, 二生三, 三生万物。比老美提出三界说早了好几千年, 因此老子是一位杰出的微生物学家。

古菌域包括嗜泉古菌界 (Crenarchaeota)、广域古菌界 (Euryarchaeota) 和初

生古菌界（Korarchaeota）；细菌域包括细菌、放线菌、蓝细菌和各种除古菌以外的其他原核生物；真核生物域包括真菌、原生生物、动物和植物。除动物和植物以外，其他绝大多数生物都属微生物范畴。由表 1-1 可见，微生物在生物界中占有特殊重要的地位。

表 1-1 微生物在生物界中的地位

生物界名称	主要结构特征	微生物类群名称
病毒界	无细胞结构，大小为纳米（nm）级	病毒、类病毒等
原核生物界	为原核生物，细胞中无核膜与核仁的分化，大小为微米（μm）级	细菌、蓝细菌、放线菌、支原体、衣原体、立克次体、螺旋体等
原生生物界	细胞中具有核膜与核仁的分化，为大、小型真核生物	单细胞藻类、原生动物等
真菌界	单细胞或多细胞，细胞中具核膜与核仁的分化，为小型真核生物	酵母菌、霉菌、蕈菌等
植物界	细胞中具核膜与核仁的分化，为大型非运动真核生物	—
动物界	细胞中具核膜与核仁的分化，为大型能运动真核生物	—

三、微生物的特点

1. 体积小，面积大

常识告诉我们，把一定体积的物体分割得越小，它们的总表面积就越大，物体的表面积和体积之比称为比表面积。如果把人的比表面积值定为 1，则大肠杆菌的比表面积值竟高达 30 万。体积小、面积大是微生物最基础的特性，也是与一切大型生物相区别的关键所在。

2. 吸收多，转化快

由于微生物的比表面积大得惊人，所以与外界环境的接触面特别大，这非常有利于微生物通过体表吸收营养和排泄废物，“胃口”大得惊人，“排泄”得也特别厉害。而且，微生物的食谱又非常广泛，凡是动植物能利用的营养，微生物都能利用，大量的动植物不能利用的物质，甚至是剧毒的物质，微生物照样可以视为美味佳肴。如大肠杆菌在合适条件下，每小时可以消耗相当于自身重量 2000 倍的糖，而人体则需要 40 年之久。

我们可以利用微生物这个特性，发挥“微生物工厂”的作用，使大量基质在短时间内转化为大量有用的化工、医药产品或食品，为人类造福，使有害物质化为无害，将不能利用的物质变为可利用。

3. 生长旺，繁殖快

微生物以惊人的速度“生儿育女”。例如，大肠杆菌在合适的生长条件下，12.5~20min 便可繁殖一代，每小时可分裂3次，由1个变成8个。每昼夜可繁殖72代，由1个细菌变成 4.7×10^{21} 个（重约4722t）。经48h后，则可产生 2.2×10^{43} 个后代，如此多的细菌的重量约等于4000个地球之重。部分微生物的世代时间（分裂1次所需的时间）和每日增殖率如表1-2所示。

表1-2 部分微生物的世代时间和每日增殖率

微生物名称		世代时间	每日分裂次数	温度/℃	每日增殖率
细菌	乳酸菌	38min	38	25	2.7×10^{11}
	大肠杆菌	18min	80	37	1.2×10^{24}
	根瘤菌	110min	13	25	8.2×10^3
	枯草芽孢杆菌	31min	46	30	7.0×10^{13}
	光合细菌	144min	10	30	1.0×10^3
酿酒酵母		120min	12	30	4.1×10^3
藻类	小球藻	7h	3.4	25	10.6
	念珠藻	23h	1.04	25	2.1
	硅藻	17h	1.4	20	2.64
草履虫		10.4h	2.3	26	4.92

当然由于养分等种种条件的限制，这是不可能实现的。细菌数量的翻番只能维持几个小时，不可能无限地繁殖。因而在培养液中繁殖细菌，它们的数量一般仅能达到每毫升1~10亿个，最多达到100亿。尽管如此，它的繁殖速度仍比高等动植物高出千万倍。

微生物的这一特性在发酵工业上具有重要意义，可以提高生产效率，缩短发酵周期。

妻子：隔壁家可真有钱，一张口就是几百万几千万的。丈夫：什么有钱，不过是搞细菌研究的。

4. 适应强，易变异

微生物对环境条件尤其是恶劣的“极端环境”具有惊人的适应力，这是高等生物所无法比拟的。例如，多数细菌能耐-196~0℃的低温；在海洋深处的某些硫细菌可在250~300℃的高温条件下正常生长；一些嗜盐细菌甚至能在饱和盐水中正常生活；产芽孢细菌和真菌孢子在干燥条件下能保藏几十年、几百年甚至上千年。耐酸碱、耐缺氧、耐毒物、抗辐射、抗渗透压等特性在微生物中也极为

常见。

微生物个体微小，与外界环境的接触面积大，容易受到环境条件的影响而发生性状变化（变异）。尽管变异发生的机会只有百万分之一到百亿分之一，但由于微生物繁殖快，也可在短时间内产生大量变异的后代。正是由于这个特性，人们才能够按照自己的要求不断改良在生产上应用的微生物，如青霉素生产菌的发酵水平由最初每毫升 20 单位上升到目前近 10 万单位。利用变异和育种得到如此大幅度的产量提高，在动植物育种工作中简直是不可思议的。

5. 分布广，种类多

虽然我们不借助显微镜就无法看到微生物，可是它在地球上几乎无处不有，无孔不入。85km 的高空、11km 深、水压高达 114MPa 大气压的海底、2000m 深的地层、近 100℃ 的温泉、-250℃ 的环境下，均有微生物存在，这些都属极端环境。至于人们正常生产生活的地方，也正是微生物生长生活的适宜条件。因此，人类生活在微生物的汪洋大海之中，但常常是“身在菌中不知菌”。

微生物聚集最多的地方是土壤，土壤是各种微生物生长繁殖的大本营，任意取一把土或一粒土，就是一个微生物世界，不论数量或种类均最多。在肥沃的土壤中，每克土含有 20 亿个微生物，即使是贫瘠的土壤，每克土中也含有 3~5 亿个微生物。

空气里悬浮着无数细小的尘埃和水滴，它们是微生物在空气中的藏身之地。哪里的尘埃多，哪里的微生物就多。一般来说，陆地上空比海洋上空的微生物多，城市上空比农村上空的微生物多，杂乱肮脏地方的空气里比整洁卫生地方的空气里的微生物多。人烟稠密、家畜家禽聚居地方的空气里的微生物最多，在 160m 高空的微生物比 5300m 处要多 100 倍。

各种水域中也有无数的微生物，居民区附近的河水和浅井水，容易受到各种污染，水中的微生物就比较多。大湖和海水中，微生物较少。

从人和动植物的表皮到人和动物的内脏，也都经常生活着大量的微生物，大肠杆菌在正常情况下，还是人肠道少不了的帮手呢。把手放到显微镜下观察，一双普通的手上带有 4~40 万个细菌，即使是一双用清水洗过的手，上面也有近三百个细菌。人们在握手时，将会把许多细菌传播给对方，握手也能传播疾病。幸好大多数微生物不是致病菌。

微生物种类繁多，迄今为止，我们所知道的微生物约有 10 万种，有人估计目前已知的种只占地球上实际存在的微生物总数的 20%，微生物很可能是地球上物种最多的一类。微生物资源是极其丰富的，但在人类生产和生活中仅开发利用了已发现微生物种数的 1%。

微生物开会——打一个成语，谜底是“无微不至”。无微不至刚好表述了微生物分布广泛的特点，有人的地方就存在微生物，没人的地方也可能存在微生物。



四、微生物的发展历程

微生物技术的发展历程大致可分为天然发酵时期、纯培养技术建立时期、深层培养技术建立时期、代谢调控发酵技术建立时期、全面发酵时期、基因工程引入发酵工程时期六个阶段。

1. 天然发酵时期

人类进行发酵生产的历史悠久。早在公元前 6000 年,古代萨马人和巴比伦人已经开始酿造啤酒,我国利用谷物酿酒的历史至少可追溯到 4000 年前的龙山文化时期,而酿制酱油、醋等食品在《周礼》中已有记载,距今也有两千多年的历史。但是,在 19 世纪末以前,“发酵”的本质及微生物的性质尚未被人们所认识,人们利用自然接种方法生产酒、醋、酱油、干酪、酸乳等发酵制品,完全依靠人们积累的实践经验。因此,这一时期称为天然发酵时期。此时期,发酵生产处于手工操作、自然发酵的落后状态,经常被杂菌污染所困扰,发酵产品质量非常不稳定。

2. 纯培养技术建立时期

1680 年,荷兰人安东尼·列文·虎克 (Antony Van Leeuwenhoek) 制成了能放大 40~150 倍的显微镜,通过显微镜观察了污水、牙垢、腐败有机物等,认识到微生物的存在,并对杆菌、球菌、螺旋菌等做了正确的描述。19 世纪末,法国的路易·巴斯德 (Louis Pasteur) 通过实验证明酒精发酵是由于酵母菌的作用,揭示了发酵是由微生物的活动引起的;随后,他对乳酸发酵、酒精发酵、葡萄酒酿造、食醋酿造等进行了研究,明确了这些不同类型的发酵是由不同形态类群的微生物引起的。在此期间,巴斯德证明了葡萄酒受到醋酸菌污染而造成酸败,并发明低温消毒法,使法国葡萄酒酿造业免受酸败的损失。至今,酒类等饮料的消毒大多采用巴氏消毒法。由于巴斯德在发酵方面的卓越贡献,他被誉为“发酵的奠基人”。

1881 年,德国的罗伯特·科赫 (Robert Koch) 首先发明了固体培养基,并应用固体培养基分离培养出炭疽芽孢杆菌、结核分枝杆菌、霍乱弧菌等病原细菌,建立了一套微生物纯培养的技术方法。由于结核菌研究工作相当出色,科赫在 1905 年获得诺贝尔奖。此外,丹麦的汉逊 (Hansen) 在研究啤酒酵母时,建立了啤酒酵母的纯培养方法。

3. 深层培养技术建立时期

1929 年英国亚历山大·弗莱明 (Alexander Fleming) 发现能够抑制葡萄球菌的点青霉,其产物称为青霉素。当时,弗莱明的成果没有引起人们的重视,1940 年英国的霍华德·沃尔特·弗洛里 (Howard Walter Florey) 及钱恩 (E. B. Chain) 两位博士精制分离出青霉素,确认青霉素对伤口感染比当时广泛使用的磺胺药更有疗效。20 世纪 40 年代初,第二次世界大战中对于抗细菌感染药物的需求极大,

促使英美两国合作对青霉素进行深入研究开发,建立了深层液体培养技术,把通气搅拌技术引入发酵工业。

4. 代谢调控发酵技术建立时期

20 世纪 40 年代的时候,还没有代谢控制理论的指导,青霉素发酵生产所用的菌株只能采用自然选择的方法,以 10^{-6} 的突变概率来筛选所谓的高产菌株。随着生物化学、微生物生理学以及遗传学的深入发展,促进了人们对微生物代谢途径的研究,并开始利用代谢控制发酵技术进行选育微生物菌种和控制发酵条件。20 世纪 50 年代,氨基酸发酵工业引进了代谢控制发酵技术,根据氨基酸生物合成途径用遗传育种方法进行微生物人工诱变,获得代谢发生改变的突变株,在控制条件下选择性地大量生产所需的氨基酸。同时,代谢控制发酵技术也在核苷酸、有机酸和抗生素的生产中得以广泛应用。代谢控制发酵技术的建立,是发酵工程发展史上的第三个转折时期。

5. 全面发展时期

传统的发酵原料主要是粮食、农副产品等,随着代谢控制发酵技术广泛应用,发酵工业发展迅速,需要大量粮食、农副产品等作为发酵原料。20 世纪 60 年代初期,为了解决微生物与人类争夺粮食,微生物学家对发酵原料的多样化开发进行了研究。随着石油微生物的发现,出现了利用烷烃、天然气、石油等作为原料进行发酵,如美国、英国、日本、中国等国家采用烷烃为原料发酵生产单细胞蛋白(SCP)。发酵原料的改变使发酵技术又进入一个新时期,这是发酵工程发展史上的第四个转折时期。在这个时期,利用了生物合成与化学合成相结合的工程技术生产维生素、新型抗生素,发展了循环式、喷射式等多种发酵罐,发酵生产向大型化、多样化、连续化、自动化等方向发展。

6. 基因工程引入发酵工程时期

随着现代生物技术,特别是基因工程的发展,发酵工程技术又有了迅猛的发展。DNA 体外重组技术在微生物育种方面得到实际应用,使得任意生物的特定有用基因组合到特定的微生物基因中去,从而获得新的菌种。这类菌种称为“工程菌”,它能够生产自然界一般微生物所不能合成的产物,如胰岛素、干扰素、凝血因子Ⅷ、超氧化物歧化酶(SOD)等。另外,通过基因工程构建菌种,可以提高一般代谢产物(如氨基酸、抗生素、有机酸、酶制剂等)的产量与质量,并缩短发酵周期和降低成本等。例如,胰岛素是治疗糖尿病良药,原来生产 100g 胰岛素需从 720g 的猪胰中提取,而 1978 年美国采用基因工程菌发酵生产,由 2000L 基因工程菌即可提取等量的胰岛素。又如,20 世纪 80 年代以来,一些发达国家的研究人员纷纷试验将大豆球蛋白基因转导到大肠杆菌中,然后通过发酵工程培养,可生产出大豆球蛋白,且大豆球蛋白产量倍增。若种植大豆获得大豆球蛋白,至少需要一个生长季,而应用“工程菌”发酵只需要 3 天时间就可以生产出大量的大豆球蛋白。基因工程的引入,使发酵工程产生革命性的变化,这



是发酵工程发展史上的第五个转折点。

五、微生物的产品类型

1. 微生物菌体

微生物细胞中蛋白质含量为 40% ~ 80%，可供食用。例如，酵母含有 50% 左右的蛋白质，其中氨基酸含量齐全，还含有 B 族维生素，早在 20 世纪初期面包酵母已经大规模生产，并被广泛用作人类主食面包、馒头、饼干、糕点等的优良发酵剂和营养剂。微型藻类（简称微藻）是一类分布最广、蛋白质含量很高的微型光合水生生物，其中螺旋藻是目前所知食物营养成分最全面、最充分、最均衡的食品，因而被联合国世界食品协会誉为“明天最理想的食品”，联合国粮农组织（FAO）称之为“二十一世纪的食品”，在我国也被学生营养促进会推荐。非致病性细菌等单细胞微生物体内所产生的菌体蛋白质，以单细胞蛋白作为饲料不仅蛋白质含量高，还含有脂肪、碳水化合物、核酸、维生素和无机盐，以及动物机体所必需的各种氨基酸，特别是植物饲料中缺乏的赖氨酸、蛋氨酸和色氨酸含量较高，生物学价值大大优于植物蛋白饲料。20 世纪 60 年代开始，作为动物饲料蛋白来源的单细胞蛋白饲料的研究开发与应用推广备受关注，据联合国粮农组织统计，在 20 世纪末全球的蛋白质短缺量已达 2500 万 t，其发展前景十分广阔。

由于微生物细胞内含有丰富的酶系以及多种经济价值很高的生理活性物质，如一些结构复杂的生化药物和生化试剂产品——辅酶 A、辅酶 I、辅酶 Q、细胞色素 C、凝血质、谷胱甘肽、卵磷脂、麦角固醇和核糖核酸等，可应用于保健品与医药工业。例如，酵母可用来提取制备凝血质、谷胱甘肽、卵磷脂以及辅酶 A 等医药。凝血质适用于各种内外科及妇产科手术和治疗胃、痔、癌及鼻出血。卵磷脂对冠状动脉硬化及神经衰弱有一定疗效。辅酶 A 临床上可用于防治动脉硬化、白血球较少和慢性脉管炎等症。食用菌所含营养物质非常齐全，具有降低胆固醇、增强免疫力、抑制肿瘤、抗衰老、止血、消炎、解毒、润肺、健美、护肤、健脑等功效。我国利用真菌作为药物已有悠久历史，汉代的《神农本草经》记载有灵芝、茯苓、银耳、冬虫夏草等作为药物使用，这些真菌产品均可通过人工培养方式进行生产。

近年来，微生态制剂的研究、开发与应用已成为水产安全和高效养殖的一个新方向。微生态制剂是从天然环境中筛选出来的微生物菌体，经培养、繁殖后制成的含有大量有益菌的活菌制剂。其主要被用作控制和改善养殖水体生态环境的水质调节和用作促进生长的饵料添加。目前，水产养殖中使用的主要微生态制剂有光合细菌制剂、EM（有益微生物菌群）制剂以及复合微生态制剂等。另外，微生物农药的发现和运用已有半个世纪，作为化学农药的替代品主要包括细菌杀虫剂、农用抗生素、病毒杀虫剂和真菌杀虫剂等。其中，细菌杀虫剂是应用最早