

实用食品微生物学

张文治 沈梅生 编著



中国轻工业出版社

实用食品微生物学

张文治 沈梅生 编著

轻工业出版社

内 容 简 介

本书从食品微生物学的基本知识,如微生物的形态结构、生理等方面入手,详细介绍了有益的微生物在食品工业中的应用;有害的微生物对食品的危害性及其防治方法;以及菌种的遗传育种和保藏、食品卫生和检验等内容。本书力求理论结合生产实际,着重于食品生产应用,对工艺过程作了适当介绍。

本书可供从事于食品工业微生物发酵、食品加工、保藏、卫生检验等技术人员,及轻工、农林、水产、粮食院校等有关专业师生科研人员阅读参考。

实用食品微生物学

滕文治 沈梅生 编著

彭信勤 责任编辑

轻工业出版社出版

(北京安外雍和宫大街甲3号)

冶金出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

850×1168毫米 1/32 印张:16.5 字数:450千字

1991年10月 第1版第1次印刷

印数:1-3,000 定价:15.90元

ISBN 7-5019-0134-1/TS·0090

序

食品微生物学是研究食品与微生物之间密切关系的一门科学。实际上，微生物不论有益的或是有害的，同食品都是不可分割的。近年来，这门科学得到了迅速发展，新理论、新成果不断涌现，对有关科学研究和生产实践产生了巨大影响。作者根据多年来讲授食品微生物学课的实践和从事科学研究的体会，参考了中外有关图书，查阅了近年出版的文献资料并进行了广泛的调查研究，经过多次修改、补充才编写成这本《实用食品微生物学》。

《实用食品微生物学》一书较为简明地介绍了有关微生物学的基本知识，同时论述了微生物在其生命活动过程中的基本规律，并着重阐明了微生物与食品工业的关系，包括食品中常见的有益微生物和有害微生物的类别特性；有益微生物在食品加工、发酵、酿造和乳品等方面的应用；一些发酵产品的生产加工方法；有害微生物引起食品腐败变质的机理和预防措施；食品卫生质量的优劣与人们身体健康之间的密切关系等。

本书尽力博采各家所长，并结合我国目前的生产实践，既强调了微生物学的基本概念和基本理论，又十分注重联系现代食品生产和食品卫生中有关微生物方面的利用、发展和控制情况，内容论述深入浅出，是一本比较实用的食品微生物专业书。

随着国家的改革开放和食品工业的蓬勃发展，培养食品专业的科技人才和提高现有食品行业工作人员的技术水平的任务十分繁重，迫切需要一本较为全面反映当前最新成就的食品微生物学教科书。适逢此时，欣闻本书问世。我们相信，它的出版，对于食品微生物学知识的进一步普及和提高，促进微生物技术的广泛应用和发展，定有较大助益。

陈驹声 王鸣岐

前 言

近年来，随着科学研究的不断深入，食品微生物学得到了迅速发展，对生产实践产生了巨大影响，引起了人们重视。不仅在许多高等学校的有关食品、微生物等专业开设了《食品微生物学》课程，推动了食品微生物学知识的普及，同时也由于微生物应用于食品工业具有投资少、上马快、效益好、少污染的特点，加速了微生物在食品工业中的应用步伐。为了适应形势的发展，满足教学、科研和生产实践的需要，我们根据自己多年讲授《食品微生物学》课的体会和参加科学研究的实践，同时参考了有关书籍，查阅了近期发表的文献资料，在《现代食品微生物学》讲义的基础上，经过多次修改、补充，编写成这本《实用食品微生物学》，以飨读者。其中绪论、第一、二、六、七、九章主要由张文治编写，第三、四、五、八主要由沈梅生编写。

在本书编写的过程中，作者自始至终得到了王鸣岐先生的具体指导。陈驹声教授和王鸣岐教授还在百忙之中，挤出时间共同对本书进行了认真的审阅，并为本书作序，对此我们表示深切谢意。

在整个编写过程中，作者力图使本书既有较系统的基础理论知识，又具有实际应用价值，希望本书的出版能有助于食品微生物学基本知识的普及和应用技术的提高。但是由于食品微生物学的发展日新月异，而作者又学识浅薄，经验不足，因此书中错误和不妥之处在所难免，恳切盼望读者批评指正。

编著者

1989年10月于北京

目 录

绪论	1
一、什么是微生物	1
二、微生物的特点	1
三、微生物学的发展简史	5
四、食品微生物学的研究内容和发展概况	12
第一章 食品中的微生物	15
第一节 原核微生物——细菌、放线菌	15
一、细菌	15
二、放线菌	35
第二节 真核微生物——真菌	41
一、酵母菌	41
二、霉菌	57
三、担子菌	75
第三节 非细胞生物——病毒	86
一、病毒的特点	86
二、病毒的大小与形态	87
三、病毒的增殖	87
四、噬菌体的形态	88
五、噬菌体的溶菌方法	89
第二章 微生物的生理	92
第一节 微生物的营养	92
一、微生物细胞的化学组成	92
二、微生物的营养物及其功能	95
三、微生物营养的吸收	99

四、微生物的营养类型	101
五、微生物的培养基	102
第二节 微生物的生长	110
一、微生物生长的测定方法	110
二、微生物的生长规律	112
三、影响微生物生长的因素	115
四、接种和培养	126
五、灭菌和消毒	130
第三节 微生物的代谢	141
一、生物催化剂——酶	142
二、能量代谢	145
三、大分子物质的降解	148
四、微生物的发酵	154
第三章 食品微生物的利用〔I〕——代谢产物	165
第一节 氨基酸工业	165
一、谷氨酸	165
二、赖氨酸	175
三、其它氨基酸	179
第二节 有机酸工业	183
一、柠檬酸	183
二、乳酸	189
三、L-苹果酸	191
四、其它有机酸	192
第三节 酶制剂	193
一、酶在食品工业上的应用	193
二、酶制剂生产工艺	197
第四节 维生素	201
一、维生素C	201
二、维生素B ₂	203

三、维生素B ₁₂	204
四、维生素A	205
第五节 酒精	206
一、生产工艺流程	206
二、原料	207
三、蒸煮	208
四、糖化	208
五、酒母的制备	208
六、发酵	209
七、粗馏与精馏	212
第六节 核苷酸	213
一、核酸的化学结构与鲜味	213
二、IMP、GMP的生产方法	215
第四章 食品微生物的利用〔I〕——酶的催化	217
第一节 酱油	217
一、原料	217
二、菌种	217
三、发酵机理	218
四、生产工艺流程	219
第二节 食醋	224
一、原料	224
二、菌种	225
三、发酵机理	226
四、固态发酵法制醋工艺流程	227
第三节 腐乳	229
一、原料	229
二、菌种	229
三、机理	230
四、工艺流程	230

五、红曲的制法	230
第四节 啤酒	232
一、原料	232
二、生产工艺流程	232
第五节 黄酒	240
一、概述	240
二、原料	241
三、米的处理	242
四、曲子和酒药	242
五、酒母	245
六、发酵	247
七、压榨、澄清和煎酒	250
第六节 白酒	251
一、概述	251
二、固态发酵法生产工艺流程	253
第七节 葡萄酒	258
一、概述	258
二、葡萄酒的化学成分	260
三、葡萄酒酒母的制备	262
四、红葡萄酒的生产	263
第八节 发酵乳制品	267
一、酸牛奶	267
二、乳酸饮料	269
三、酸奶酒	269
四、酸性酪乳	269
五、干酪	270
六、乳酪	271
第五章 食品微生物的利用〔Ⅱ〕——菌体	273
第一节 单细胞蛋白(SCP)	273

一、概述	273
二、SCP的营养价值	276
三、SCP的用途	279
四、SCP的生产技术	280
五、各种原料生产SCP的现状和比较	284
第二节 食用菌	285
一、概述	285
二、食用菌的栽培方法	286
第三节 制造面包	295
一、菌种	296
二、发酵机理	296
三、工艺流程	297
四、危害面包制造的微生物	298
第六章 微生物与食品变质	299
第一节 食品变质的鉴别	299
一、食品变质的营养物质变化	299
二、食品变质的感官鉴别	300
第二节 食品变质的基本条件	301
一、食品的特性	302
二、微生物的影响	306
三、环境因素	312
第三节 食物中毒	318
一、食物中毒的类型	318
二、有关微生物引起的食物中毒	319
第四节 罐头食品的腐败变质	332
一、罐头食品按照酸碱度的分类	332
二、罐头食品常见的腐败变质现象及其原因	332
三、罐头食品生物腐败类型	334
四、腐败变质罐头的微生物学分析	339

第五节 乳及乳制品的腐败变质	340
一、鲜乳的腐败变质	340
二、乳制品的腐败变质	345
第六节 肉类的腐败变质	349
一、肉类中微生物的来源	349
二、鲜肉的腐败变质	349
第七节 鱼类的腐败变质	352
一、鱼类中的微生物	352
二、鱼类的腐败变质	352
三、腌制鱼品的腐败变质	353
第八节 鲜蛋的腐败变质	353
一、鲜蛋中的微生物	353
二、鲜蛋的腐败变质	355
第九节 果蔬及其制品的腐败变质	355
一、果蔬的腐败变质	355
二、果汁的腐败变质	358
第十节 糖果的腐败变质	359
第七章 微生物的遗传变异、育种、保藏	362
第一节 微生物的遗传变异	362
一、遗传的物质基础	362
二、DNA的分子结构	363
三、DNA的复制	365
第二节 微生物变异的类型和机制	366
一、微生物的变异现象	366
二、引起微生物变异的方法	367
三、微生物的突变	371
四、诱变机制	373
第三节 菌种选育	373
一、选种	374

二、育种	376
第四节 菌种的退化、复壮和保藏	412
一、菌种的退化	412
二、菌种的复壮	415
三、菌种的保藏	415
第八章 微生物与食品保藏	424
第一节 食品保藏中几种术语的概念	425
一、灭菌	425
二、商业灭菌	425
三、消毒	425
四、防腐	426
五、无毒	426
第二节 物理因素对微生物的影响	426
一、温度	426
二、干燥	432
三、超声波	433
四、辐射	434
五、通风	437
第三节 化学因素对微生物生长的影响	438
一、酸类对微生物生长的影响	440
二、碱类对微生物生长的影响	441
三、化学防腐剂的作用和应用	441
四、杀菌剂	449
第九章 食品卫生和食品卫生检验	457
第一节 食品卫生	457
一、食品的卫生要求	458
二、食品的卫生标准	458
三、食品卫生标准中的微生物指标	460
四、部分食品中的卫生标准	468

第二节 微生物对食品的污染	472
一、污染源	473
二、污染途径	478
三、预防和控制措施	480
第三节 食品卫生微生物学检验	484
一、采样	485
二、处理	486
三、检验	487
附录	492
一、培养基配方	492
二、染色液	499
三、指示剂	502
四、缓冲液	504
五、比重换算表	508
六、饱和水汽压力与温度关系	509
七、常用消毒剂和灭菌剂	510
八、冷却剂混合物	511
九、洗涤液配方	512
主要参考资料	513

绪 论

一、什么是微生物

微生物是一群体形微小、构造简单的低等生物的总称。从广义上讲，它包括细菌、放线菌、酵母菌、霉菌、担子菌、病毒、类病毒、蓝绿藻、螺旋体、支原体、立克次氏体、衣原体、粘菌、单细胞藻类和原生动物等。在食品工业中，较为常见与常用的微生物属于前面的六大类。

从细胞构造是否完整的角度来看，可以把微生物分成不同的类型。有的微生物没有典型的细胞构造，只有裸露的核酸和蛋白质，即所谓非细胞微生物，例如病毒。70年代初期又发现仅有核酸的类病毒。病毒和类病毒属于非细胞生物。有的微生物虽有细胞构造，但只有原始的细胞核，没有核膜，例如细菌、放线菌、蓝绿藻等。它们属于原核生物，称原核微生物。大多数微生物具有完整的细胞构造，细胞核被核膜包围，例如酵母菌、霉菌等。它们属于真核生物，称真核微生物。由于微生物的体形非常微小，所以用肉眼通常无法感觉到它们的个体存在，只有借助于显微镜甚至电子显微镜才能看到它们。

二、微生物的特点

微生物与动、植物相比，具有以下的特点：

1. 繁殖快 微生物的繁殖速度非常惊人。拿细菌来讲，一般每隔20~30分钟即可分裂1次，细胞的数目就要比原来增加1倍。假如一个细菌20分钟分裂1次，而且每个子细胞都具有同样的繁殖能力，那么1小时后，就变成 2^3 个，2小时后变成 2^6 个。

24小时可繁殖72代，这样原始的1个细菌变成了 2^{72} 个细菌，即4 722 366 482 869 645 213 696个。如果按每10亿个细菌重1毫克计算，则 2^{72} 个细菌的重量超过4722吨。假使再这样繁殖4~5天，它就会形成和地球同样大小的物体。当然，由于种种原因，这种情况并不存在。不过，微生物繁殖速度快是肯定的，例如生产味精的谷氨酸短杆菌，从摇瓶种子到50吨发酵罐的过程中，在52小时内细胞数目可增加32亿倍。

微生物这种惊人的繁殖速度为在短时间内获得大量的菌体提供了极为有利的条件。例如利用培养酵母来生产蛋白质，一般每隔8~12小时就可“收获”1次，而农作物一般要1年才能收获1次。相反，如果发酵生产受到微生物的污染，其危害性也是十分严重的。

2. 食谱杂 微生物利用物质的能力很强。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，也能找到能利用它们的微生物。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，也有一些微生物能对付它们。美国康奈尔大学早在70年代初期就分离到能分解DDT的微生物，日本也发现了分解聚氯联苯的红酵母。

微生物这个特点有利于我们开展综合利用，化废为宝，为社会创造财富。农村中农副产品可以进一步加工，秸秆发酵，作为猪的饲料；纤维素分解成单糖，进行酒精发酵等都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为植物能吸收的肥料，减少了环境污染。这些都是有利的一面。然而，对我们人类有用的食品原材料，由于保管不当，它们也会占为己有，加以利用而造成浪费。这一方面也应引起我们的注意。

3. 分布广 微生物在自然界中的分布是极其广泛的，上至几

万米的高空，下至数千米的深海；高达90℃的温泉，冷至-80℃的南极；盐湖、沙漠；人体内外，动植物组织；化脓的伤口，隔夜饭菜……到处都留下微生物的足迹，真可以说是无微不至、无孔不入了。

微生物之所以分布广泛，与微生物本身小而轻密切相关。说它小，通常要以微米为单位。例如大肠杆菌只有1~3微米长。这样小的个体，任何地方都可以成为它的藏身之地。说它轻，每个细菌的重量只有 $1 \times 10^{-9} \sim 1 \times 10^{-10}$ 毫克。大约10亿个细菌才有1毫克重。这样轻的个体，可以随风飘荡，走遍天涯。

微生物虽然分布广泛，但其分布密度是不一样的。它随着外界的环境条件的不同而不同。一般地说，外界环境条件适宜，有机物质丰富的地方，微生物的种类和数量就多。一个感冒的人，打一个喷嚏就含有1500万个左右的病菌。土壤更是微生物的“大本营”。1克肥土含有几十亿个微生物。这些“富饶”的地方，几乎成了微生物的一统天下。相反，如果营养缺乏，条件恶劣，微生物的种类和数量就大大减少。但是总是有少数强者，能征服并占据着各种各样的场所。

微生物分布广泛，现在已经知道的微生物有10万种左右，各种微生物的代谢产物也超过1300种。对我们人类来讲，其有利的一面，我们可以更好地开发菌种资源，从各种场所筛选到我们所需要的微生物。例如我国曾多次从各处筛选到许多抗菌素和食品方面的生产菌。但是如果不加注意，也会引起麻烦。

4. 代谢强 微生物虽然很小，但“胃口”却很大，会“吃”会“拉”，代谢作用十分旺盛，素有小型“活的化工厂”之称。从单位重量来看，微生物代谢强度比高等动物的代谢强度要大几千倍至几万倍。例如1公斤酒精酵母1天内能“消耗”掉几千公斤糖，把它转变为酒精。从工业生产的角度来看，它能够把基质较多地转变为有用的产品。例如用乳酸菌生产乳酸，每个细胞可以产生为其体重 $10^3 \sim 10^4$ 倍的乳酸。一种产肮假丝酵母合成蛋白质的能力是

大豆的100倍，比食用公牛强10000倍。

代谢旺的另一个表现形式就是微生物的代谢类型非常多，有些是动、植物所不具有的，例如生物固氮作用等。

在生产实践中，应用这个特点不仅可以获得种类繁多的发酵产品，而且可以找到比较简便的生产工艺路线。在理论研究上，可以更好地揭示生命活动的本质。但是食品碰上了腐败微生物，发酵被杂菌污染了，若代谢越旺，损失就越大。

5. 适应广 微生物对外界环境条件的适应能力很广，几乎是无孔不入、无微不至。它善于随“机”应变，而使自己得到保存。有些微生物在其身体外面，添上保护层，提高自己对外界环境的抵抗能力。例如肺炎双球菌外有荚膜，就可以抵抗白血球的吞噬。但微生物最拿手的好戏要算及时形成休眠细胞，然后长期进入休眠状态。例如细菌的芽孢、放线菌的分生孢子、真菌的各种孢子等。这些孢子较之营养体更具有抵抗外界不良环境的能力，一般能存活数月或数年，甚至几十年。当外界条件十分恶劣时，虽然大部分个体都因抵抗不住而被淘汰，但仍有少数“顽固分子”会发生某种变异而适应下来。微生物之所以能够延种续代，儿女满堂，数量极其庞大，善于“变”也是一个十分重要的原因。

在生产实践中，常利用这个特点来保藏菌种和诱变育种。例如人们常常利用物理或化学因素迫使微生物进行诱变，从而改变它的遗传性质和代谢途径，使之适应于人们提供的条件，满足人们提高产量或简化工艺的需要。例如1943年刚分离得到的青霉素产生菌，发酵单位只有20单位/毫升，通过30多年来的不断育种，已超过10000单位/毫升以上。又如灰黄霉素的产生菌经过选育后，产量提高50~100%以上。酱油生产用的米曲霉，用紫外线处理后，制曲由原来两天时间，缩短为1天。反之，如菌种保藏不妥，好的菌种会朝坏的方向变异，性能也会迅速退化，使生产受到巨大损失。