

食品微生物 检验技术 **及** 新进展

郝鲁江◎著

一级出版社  中国纺织出版社 全国百佳图书出版单位

食品微生物 检验技术 及 新进展

郝鲁江◎著



中国纺织出版社

内 容 提 要

本书作者以《中华人民共和国食品安全法》和《食品安全标准》有关食品微生物学检验方法为依据,注重微生物基础知识与专业实验的有机衔接和食品微生物检验原理与技能的结合。全书主要具体内容涉及食品中微生物的分类、食品中各类微生物检验程序和检验方法、食品微生物检验室及配置、现代食品微生物检验新进展等。全书由郝鲁江副教授,结合多年的一线教学经验和实践总结而成。内容编排上条理清楚,深入浅出,对在校学生、食品检验从业人员和相关专业人士及普通读者有不错的学习和参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

食品微生物检验技术及新进展 / 郝鲁江著. — 北京:
中国纺织出版社, 2019.6

ISBN 978-7-5180-3963-0

I. ①食… II. ①郝… III. ①食品微生物 - 食品检验
- 研究 IV. ①TS207.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第208153号

责任编辑: 郭婷

责任印制: 储志伟

中国纺织出版社出版发行

地址: 北京市朝阳区百子湾东里 A407 号楼

邮政编码: 100124

销售电话: 010-67004422

传真: 010-87155801

<http://www.c-textilep.com>

E-mail: faxing@c-textilep.com

中国纺织出版社天猫旗舰店

官方微博 <http://www.weibo.com/2119887771>

三河市延风印装有限公司印刷

各地新华书店经销

2019年6月第1版第1次印刷

开本: 710 × 1000 1/16

印张: 12.75

字数: 225 千字

定价: 58.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社图书营销中心调换。

微生物学是生命科学研究中最活跃的学科领域，食品微生物学是食品科学与工程、食品质量与安全专业的核心骨干课程。食品微生物检验实验是微生物学产生和发展的基础，为整个生命科学技术的发展做出了积极而重要的贡献，同时也是生物工程技术的核心和主体。随着分子生物学的发展，各学科相互交叉渗透，极大地丰富了食品微生物检验技术的内容，并将其推向一个新的发展阶段。

无论在发达国家还是在发展中国家，食品安全都是一个极其重要的公共卫生问题，由此导致的食源性疾病一直是人类面临的一个严峻的现实挑战。食品微生物检验是衡量食品卫生质量的重要指标之一，也是判定被检食品能否食用的科学依据之一。作为监控食品质量的工具之一，食品微生物检验方法早已应用于食品的产前、产中和产后的质量评定与监控。通过检验，可以判断食品加工环境及食品卫生质量情况，能够对食品被微生物污染的程度做出正确的评价，为各项卫生管理工作提供科学依据，为传染病、人类和动物的食品中毒提供防治措施。许多微生物检验方法已成为相关生产厂家和检测机构的常规检验手段。因此，食品微生物检验在食品科学领域和人才培养中的地位十分重要。

本书以最新食品安全国家标准为依据，注重微生物基础知识与专业实验的有机衔接、食品微生物检验原理与技能的结合，具有较强的实用性和可操作性，符合从学习认知到掌握应用的规律。本书在撰写过程中参考了国内外一些最新食品微生物检验研究进展。

本书的出版得到了齐鲁工业大学2016年专业核心课程（群）项目：《生物技术专业核心课程群》（项目代码：201607）的资助，在此谢过。

由于本书涉及领域广泛、笔者撰写水平有限，书中难免有不足和疏漏之处，希望各位读者和专家学者提出批评和建议，以便今后改进和完善。

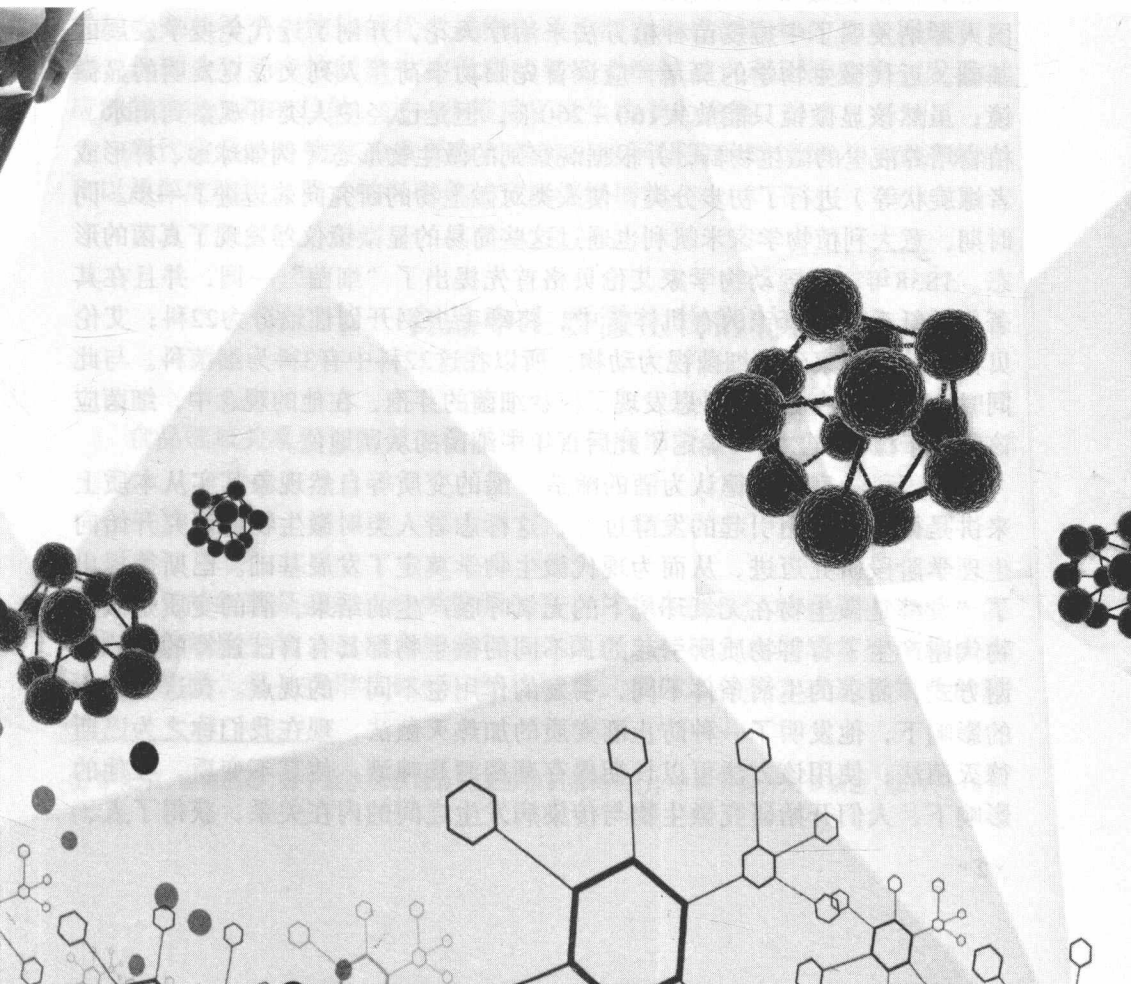
目 录

第一章 现代食品微生物·····	1
第一节 食品微生物学的历史与发展·····	2
第二节 食品中主要微生物的特性·····	3
第三节 食品中微生物的来源·····	7
第四节 食品的腐败变质·····	10
第二章 微生物检验在安全和质量方面的应用·····	17
第一节 微生物检验原理分析·····	18
第二节 良好卫生操作规范、危害分析和关键控制点体系·····	24
第三节 食品微生物检验的局限性·····	26
第四节 制订控制措施·····	27
第三章 食品微生物检验样品制备·····	35
第一节 食品微生物检验样品的采集与处理·····	36
第二节 饮用水的卫生要求及水样的采集与处理·····	41
第三节 生产环境的卫生标准及空气样品的采集与处理·····	43
第四节 食品生产工具样品的采集与处理·····	44
第四章 食品微生物检验基础实验·····	47
第一节 生理生化实验·····	48
第二节 血清学实验·····	54
第三节 动物实验·····	66
第五章 食品中常见病原微生物检验·····	71
第一节 食品中沙门氏菌检验·····	72
第二节 食品中金黄色葡萄球菌检验·····	77
第三节 食品中致泻性大肠埃希氏菌检验·····	84
第四节 食品中志贺氏菌检验·····	92

第五节	食品中溶血性链球菌检验·····	99
第六节	食品中蜡样芽孢杆菌检验·····	107
第七节	食品中副溶血性弧菌检验·····	120
第八节	食品中肉毒梭菌及肉毒毒素检验·····	132
第九节	真菌及其毒素检验·····	144
第六章	各类食品的微生物检验·····	151
第一节	罐头食品的微生物检验·····	152
第二节	食品中乳酸菌检验·····	163
第三节	鲜乳中抗生素残留量检验·····	168
第七章	现代食品微生物检验新进展·····	173
第一节	现代免疫检测技术检测食品中微生物·····	174
第二节	分子生物学技术检测食品中微生物·····	176
第三节	生物传感器技术检测食品中微生物·····	182
第四节	自动化仪器检测食品中微生物·····	184
第五节	电化学方法检验食品中微生物·····	187
参考文献 ·····		193



第一章 现代食品微生物



第一节 食品微生物学的历史与发展

从古代开始,人类在日常的生活经验中就已经意识到了微生物的存在。例如,中国古代利用微生物酿制白酒的历史,甚至可以追溯到4000多年前。到了北魏,科学代表著作《齐民要术》中列举了酿酒、谷物制曲、制造醋和酱油以及腌菜等方法,都可以视为对微生物的利用。在西方,古希腊最早在石板上刻下了酿酒的方法及过程。

除了在酿酒及食物加工领域外,中国人在春秋战国时代就学会了利用微生物分解有机物质沤粪积肥。最早在医药治病领域利用微生物的记录是《神农本草经》,里面记录了在公元2世纪使用白僵蚕治病的过程。另外,在《左传》中,记载着公元6世纪中国人使用麦曲治疗腹泻疾病的故事。种痘方法的记载最早出现在10世纪的《医宗金鉴》中,直到1796年,英国人琴纳发明了牛痘疫苗种植方法来治疗天花,开创了近代免疫学发展的基础。近代微生物学的奠基,应该首先归功于荷兰人列文虎克发明的显微镜;虽然该显微镜只能放大160~260倍,但是已经使人类可观察到雨水、植物培养液里的微生物群,并根据观察到的微生物形态(例如球形、杆形或者螺旋状等)进行了初步分类,使人类对微生物的研究向前迈进了一步。同时期,意大利植物学家米凯利也通过这些简易的显微镜仪器发现了真菌的形态。1838年,德国动物学家艾伦贝格首先提出了“细菌”一词,并且在其著作《纤毛虫是真正的有机体》中,将纤毛虫纲开创性地分为22科;艾伦贝格将他所观察到的细菌视为动物,所以在这22科中有3科为细菌科。与此同时,德国的植物学家科恩发现了杆状细菌的芽孢,在他的观念中,细菌应该归属于植物类,从而确定了此后百年中细菌的从属地位。

法国科学家巴斯德认为酒的酿造、醋的变质等自然现象其实从本质上来讲是微生物作用引起的发酵过程,这标志着人类对微生物的研究开始向生理学阶段研究迈进,从而为现代微生物学奠定了发展基础。巴斯德提出了“发酵是微生物在无氧环境下的无氧呼吸产生的结果,酒的变质是微生物代谢产生了有害物质所引起的,不同的微生物都具有自己独特的新陈代谢方式,需求的生活条件不同,引发的作用也不同”的观点。在这些观点的影响下,他发明了一种防止酒变质的加热灭菌法,现在我们称之为巴斯德灭菌法;使用该方法可以长期保存葡萄酒和啤酒,使其不变质。在他的影响下,人们开始研究微生物与传染病发生之间的内在关系,获得了人、

畜生、家禽的传染病起因,如狂犬病、炭疽病、鸡霍乱等,从而利用了菌种疫苗进行接种,预防这些传染病的发生和传播。巴斯德在微生物领域方面的研究成果,一方面促进了医学、发酵工业以及农业的快速发展,另一方面也为人类研究微生物学的现代研究指明了方向。

与巴斯德同时期的德国微生物学家科赫,也是一位对微生物学发展做出巨大贡献的科学家。他不但首次论证了炭疽杆菌是炭疽病的病原菌,此后又陆续发现了结核病和霍乱的病原菌,而且还发明了细菌的染色方法,使用琼脂作为凝固培养基来培养细菌并分离单一纯净菌种的操作过程;他提出了鉴定病原菌的方法及步骤,给出了著名的科赫法则。^①20世纪以来,微生物学逐步向微生物化学发展,主要原因是生物化学和生物物理学与微生物学之间的相互渗透和融合,同时电子显微镜的诞生以及同位素示踪原子技术的推广应用,都促使了这一结果的诞生。1897年,德国微生物科学家毕希纳开创性地将微生物生命活动过程与酶化学反应结合起来,因为他发现,酵母菌产生的无细胞提取液与酵母本身一样具有发酵糖液,都产生了乙醇。其他的生物学家也通过对一系列基本生理过程和代谢途径的研究获得了生物体的代谢规律以及控制这种代谢规律的基本原理和方法,从而达到了在控制微生物代谢的基础上继续扩大利用微生物、发展对应的酶反应学科的目的,进一步推动了微生物学的发展。

现代食品微生物学的发展方向是分子水平研究的继续深入,生产的广度以及深度继续发展,学科覆盖的宽度继续增加。

第二节 食品中主要微生物的特性

食品领域关系密切的微生物类型,主要有细菌、霉菌和酵母菌三种。

一、细菌

广义的细菌是指细胞核无核膜包裹,只存在拟核区的裸露DNA的一大类原始单细胞生物,包括真细菌和古生菌两大类群。人们通常所说的即为狭义的细菌,是一类形状细短,结构简单,多以二分裂方式进行繁殖的原

^① 罗光明,董艳凯等. 赅子炭疽病原菌鉴定及抑菌药剂筛选[J]. 中国实验方剂学杂志, 2017, (19): 17-18.

核生物，是在自然界分布最广、个体数量最多的有机体，是大自然物质循环的主要参与者。

细菌形态多样，主要有球状、杆状、螺旋状，还有丝状细菌、柄杆菌、星形细菌、方形细菌等。通过革兰氏染色，细菌被分为革兰氏阴性菌和革兰氏阳性菌。在日常生活中，食品经常受到细菌的污染，从而变质；但同时有些对人体有益的细菌又可以用于生产制造食品。

（一）革兰氏阳性球菌微生物

微球菌属存在于哺乳动物体表，能引起食品腐败。葡萄球菌属中的金黄色葡萄球菌与食源性疾病有关，肉葡萄球菌可用于加工发酵香肠。链球菌属中的酿脓链球菌存在于人体呼吸道，是食源性病原菌，嗜热链球菌存在于原料乳中用于乳制品发酵。肠球菌属是重要的食品腐败菌，常见的有粪肠球菌。

乳球菌属可用于生产生物加工食品，尤其是发酵乳制品，常见的有乳酸乳球菌乳酸亚种和乳脂亚种。明串珠菌属中的嗜冷菌株与真空包装冷藏食品的腐败有关。片球菌属中某些菌用于食品发酵，某些能引起酒精饮料变质，有的能产生细菌素，对革兰氏阳性细菌具有广谱抗菌作用，可用作食品生物防腐剂。八叠球菌存在于土壤、植物和动物粪便中，能引起植物食品的腐败。

（二）革兰氏阳性芽孢杆菌

枯草芽孢杆菌属可用于食品生物加工，存在于土壤、灰尘、植物中。蜡状芽孢杆菌能引起食源性疾病和食品腐败。嗜热脂肪芽孢杆菌是罐头食品的平酸败坏菌，常引起罐头食品外观正常，内部产酸，没有胀罐现象。芽孢乳杆菌属存在于鸡饲料和土壤中，常见种有菊糖芽孢乳杆菌、梭菌属中的肉毒梭状芽孢杆菌相产气荚膜梭菌（食品中重要的腐败菌）、酪丁酸梭菌，这些是重要的腐败菌，有些种在食品加工中被用作水解糖和蛋白质酶的来源。

（三）革兰氏阳性无芽孢杆菌

乳酸杆菌存在于植物原料、牛乳、肉类和动物排泄物中。德氏乳杆菌保加利亚亚种、瑞士乳杆菌和植物乳杆菌用于食品生物加工。嗜酸乳杆菌、罗伊乳杆菌和干酪乳杆菌干酪亚种属于益生菌。科林斯（Collins）等按生理生化性状的分类标准，将某些非典型的乳杆菌——奇异乳杆菌和鱼乳杆菌（已知的食品腐败菌和鱼的致病菌）连同另外两个新种——鸡肉食杆菌和游动肉食杆菌，建立了一个新属叫肉食杆菌属（*Carnobacterium*）；这些杆菌存在于鱼类和肉类中，常见种有栖鱼肉杆菌（*C. piscicola*）。环丝菌属能在冷藏真空包装肉及肉制品中生长，常见种有热死环丝菌。李斯特菌

属广泛分布于环境中，能从不同类型的食品中分离出来，是主要的食源性病原菌。

（四）革兰氏阴性需氧菌

革兰氏阴性需氧菌无芽孢，端生鞭毛，能运动或不运动，有些菌能产生水溶性荧光色素。化能有机营养型；自然界中分布广泛，某些菌株有强烈分解脂肪和蛋白质的能力，污染食品后能在食品表面迅速生长引起变质，影响食品气味，如生黑腐假单胞菌（*P.nigrifaciens*）能在动物性食品上产生黑色素；菠萝软腐假单胞菌（*P.ananas*）会使菠萝腐烂。弯曲杆菌属中的空肠弯曲杆菌和大肠弯曲杆菌都是食源性病原菌，存在于人体、动物和鸟类的肠胃中。假单胞菌属中的荧光假单胞菌（*P.fluorescens*）、铜绿假单胞菌和恶臭假单胞菌是主要的腐败菌，能分解代谢食品中多种糖类、蛋白质和脂肪，如荧光假单胞菌能在低温下生长，使肉类腐败。黄单胞菌属属于植物病原菌，能导致果蔬腐烂，野油菜黄单胞菌菌株可用于生产黄原胶。葡糖杆菌属中的氧化葡萄糖酸杆菌，能引起菠萝、苹果和梨腐败。交替单胞菌属是导致鱼和肉类腐败的重要菌株。黄杆菌属可导致牛乳、肉及其他蛋白类食品腐败变质，常见种有水生黄杆菌。产碱杆菌属（*Alcaligenes*）不能分解糖类产酸，能产生灰黄、棕黄和黄色的色素，引起乳品及其他动物性食品发黏变质，能在培养基上产碱，广泛分布于水、土壤、饲料和人畜的肠道中。黄色杆菌属（*Flavobacterium*）有鞭毛，能运动，对碳水化合物作用弱，能产生多种脂溶性而难溶于水的色素，如黄、橙、红等颜色的色素，能在低温中生长，能引起乳、禽、鱼和蛋等食物的腐败变质，广泛分布于海水、淡水、土壤、鱼类、蔬菜和牛奶中。

（五）革兰氏阴性兼性厌氧菌

柠檬酸杆菌属，存在于人类、动物和鸟类的肠道内容物和环境，包含在大肠菌群中作为卫生指标，重要种有弗氏柠檬酸菌。埃希肠杆菌属中有些菌株对人和动物来说是致病性的，属于食源性致病菌，重要种有大肠杆菌。在食品检验中，一旦发现了大肠杆菌，就意味着这种食品直接或间接地被粪便污染。大肠杆菌也是食品中常见的腐败菌，可使乳及乳制品腐败。肠杆菌属与柠檬酸杆菌属相似，但其中有些是低温菌，能在0~4℃繁殖，造成包装食品在冷藏过程中腐败变质。

肠杆菌属存在于人类、动物和鸟类的肠道内容物以及环境中，重要种有产气肠杆菌。变形菌属、沙门菌属存在于人类、动物的肠道内容物中，也分布于水和土壤中，常见种分别为普通变形杆菌、肠沙门菌肠亚种。志贺氏菌属存在于人及灵长类动物肠道中，与食源性疾病有关，常见种有痢疾志贺氏菌。弧菌属中霍乱弧菌、副溶血弧菌和创伤弧菌能引起人类食源

性疾病，溶藻弧菌会导致食品腐败。

(六) 革兰氏阴性无芽孢杆菌

无色杆菌属 (*Achromobacter*)，G-菌，有鞭毛，能运动，多数能分解葡萄糖及其他糖类，产酸不产气，能使禽肉和海产品变质发黏，^①分布于水和土壤中。醋酸杆菌属是食醋发酵的菌种，但对酒类和饮料有害，也可引起水果和蔬菜的变酸腐烂。变形杆菌属 (*Proteus*) 周生鞭毛，能运动，菌体常不规则，呈现多形性，对蛋白质有很强的分解能力，是食品的腐败菌，并能引起人类食物中毒，广泛存在于人及动物的肠道、土壤、水域和食品中。

二、霉菌

霉菌是指在固体营养基质上生长，形成绒毛状、蜘蛛网状或棉絮状的菌丝体，而不产生大型肉质子实体结构的真菌。霉菌除应用于传统的酿酒、制酱和食醋、酱油的酿造以及制作其他的发酵食品外，在发酵工业中还广泛用于生产酒精、有机酸、抗生素、酶制剂等；在农业上用于生产发酵饲料、植物生长刺激素、农药等。霉菌对人类也有有害的一面，它是造成谷物、水果、食品、衣物、仪器设备发霉变质的主要微生物。此外，霉菌还是人和动植物多种疾病的病原菌，如小麦锈病、稻瘟病和皮肤病等。

曲霉属中有的种产生霉菌毒素，如黄曲霉产生黄曲霉毒素。有的种用于食品 and 食品添加剂的生产，米曲霉在清酒生产过程中被用来产生 α -淀粉酶水解淀粉，黑曲霉可以将蔗糖转化成柠檬酸，还能生产 β 乳糖酶类的酶类。

支链孢属能导致番茄腐烂，以及使乳制品发出腐臭味。有些种会产生毒素，常见有柑橘链格孢霉。

镰孢霉属能导致柑橘类水果、马铃薯和谷物的软腐，它能产生真菌毒素：富马毒素、玉米烯酮、单端孢霉烯和呕吐毒素等，常见种有轮枝镰孢菌、禾谷镰刀菌、再育镰刀菌等。

白地霉属容易在食品机械和乳制品中生长。常见种有白地霉，在脂肪酶、香气化合物、奶酪制作、污水处理以及饲料蛋白生产等方面应用广泛。

毛霉属中有些种用于食品发酵以及作为酶的来源，能导致果蔬腐败。常见种有鲁氏毛霉。

青霉属中有些种可用于食品生产，如干酪中的娄地青霉和卡门柏青霉。

① 李凤梅. 食品微生物检验 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2015, 第 49 页。

有些种不仅能引起果蔬真菌腐烂,也能导致谷物、面包和肉类的腐败。

根霉属会导致许多水果和蔬菜的腐烂,葡枝根霉是常见的面包变质霉菌。根霉也是酿酒和乳酸发酵的主要菌种。

三、酵母菌

酵母菌主要分布在偏酸性、含糖较多的环境中,如水果、蔬菜、花蜜以及植物叶子上。大多为腐生,有的与动物特别是昆虫共生。酵母菌是人类利用最早的微生物之一,利用酵母菌可以酿造出调味品、饮料、酒类和面包等,还可生产酵母片、核糖核酸、核黄素、细胞色素、维生素、氨基酸、脂肪酶等。

少数酵母菌会引起人或动植物病害。腐生性酵母菌能使食物等腐败变质,少数耐高渗的酵母菌和鲁氏酵母、蜂蜜酵母可使蜂蜜和果酱败坏,有些酵母菌会引起人体皮肤、黏膜、呼吸道、消化道等多种疾病。

酵母属。啤酒酵母可用于面包焙烤和乙醇发酵,它们也能导致食品腐败,产生乙醇和二氧化碳。

毕赤酵母属。毕赤酵母在啤酒、葡萄酒和盐水中形成薄膜,导致其腐败。常见有膜蹼毕赤酵母。

红酵母属。它们是形成色素的酵母,能引起诸如肉类、鱼类和泡菜等食品变色。常见种有黏红酵母。

球拟酵母属。它们能发酵乳糖,引起牛乳变质,也能导致果汁和酸性食品的变质。

假丝酵母菌。假丝酵母菌中许多种能使高酸、高盐、高糖食品腐败,在液体表面形成薄膜,有的能导致黄油和乳制品发出恶臭味,如解脂假丝酵母。

接合酵母属。接合酵母能引起高酸性食品腐败,如酱油、腌菜、芥末、蛋黄酱,尤其是低盐低糖的食品易受拜耳接合酵母的污染,引起腐败。

第三节 食品中微生物的来源

食品微生物的来源主要是因为食品在加工、运输、贮藏、销售过程中被微生物感染。研究并弄清食品中微生物的来源、途径及其在食品中的消长规律,对于切断感染途径、控制其对食品的污染、延长食品保藏期、防

止食品腐败变质与食物中毒的发生都具有非常重要的意义。

微生物分布在自然界的各个角落，在不同的环境中，微生物的数量、类型又各不相同；这就决定了食品从最开始的种植到加工到最后的包装运输，每个环节都可能接触到外部的其余非本体微生物；在这些外部微生物中，有的微生物不会造成破坏或者负面影响，但是有些外部微生物会引发食物的变质等现象发生。食品中微生物的来源主要来自土壤、空气、水、动植物的外部环境，还来自于在设备、加工和包装环节等方面微生物的加入。

一、土壤

土壤是微生物的“天然培养基”，含有大量的可被微生物利用的碳源和氮源，还含有大量的硫、磷、钾、钙、镁等无机元素及硼、钼、锌、锰等微量元素，加之土壤具有一定的保水性、通气性及适宜的酸碱度（pH值3.5~10.5）和适宜的温度（10~30℃），而且表面土壤覆盖有益于保护微生物免遭太阳紫外线的危害，这些都为微生物的生长繁殖提供了有利的营养条件和环境条件。^①虽然不同土壤中，微生物的种群和数量可能不同，但总的来说，土壤中存在着自然界中绝大部分的微生物，它也是食品中微生物存在的主要源头。

根据不同土壤的分析统计，每克肥沃土壤中，通常含有几亿到几十亿个微生物，贫瘠土壤也含有几百万到几千万个微生物。在这些微生物中，以细菌最多，占土壤中微生物总数的70%~80%，其次是霉菌及酵母菌等。按其营养类型来分，主要是异养菌，但自养型的细菌也普遍存在。

不同土壤中微生物的种类和数量有很大差异，地面下3~25cm是微生物最活跃的场所，肥沃的土壤中微生物的数量和种类较多。例如，果园土壤中酵母的数量较多。在酸性土壤中，霉菌较多；碱性土壤和含有机质较多的土壤中，细菌、放线菌较多；在森林土壤中，分解纤维素的微生物较多；在油田地区的土壤中，分解碳氢化合物的微生物较多；在盐碱地中，可分离出嗜盐微生物。

土壤中的微生物主要有两个来源：第一，土壤本身含有的微生物；第二，与土壤直接接触或者间接接触的过程中加入到土壤中的微生物。例如，与土壤接触的水、空气等介质会将其中的微生物传输至土壤之中。另外，人和动物的行为活动，如排泄、耕种等过程也会使微生物进入土壤。

① 王廷璞，王静. 食品微生物检验技术 [M]. 北京：化学工业出版社，2014，第 102 页。

土壤中的微生物有的生存时间较短,例如沙门菌在土壤中仅能存活数天,最多数周;但是有的微生物如炭疽芽孢杆菌,却能够存在数年甚至更长时间才会死亡。土壤中能够长期生存的菌类主要为土源性病原菌、霉菌以及放线菌的孢子。^①

二、空气

空气经常接受来自太阳的日光照射,而且不具备多数微生物生存繁殖所具备的水、养分等基本条件。即便如此,空气中仍然存在着一定数量的微生物。这些微生物来自于与空气接触的人和动植物等生物。例如,人和动植物的表皮脱落,呼吸及消化、排泄过程产生的微生物。这些微生物一般体积微小,质量较轻,可以随着空气的流动四处飘散,充满世界的各个角落,分布范围极其广泛。例如,人流量较多的公共场合、空气流动不良的室内环境等地方,微生物含量较高,可达 $106\text{个}/\text{m}^3$ 。

空气中的微生物主要类型包括霉菌、放线菌孢子和细菌芽孢以及酵母菌等,如结核杆菌、金黄色葡萄球菌以及沙门菌,甚至包括流感病毒在内。据研究表明,一名感冒患者打喷嚏时,口腔喷出的唾液小滴里包含有1万~2万个微生物细菌。

三、水

自然界中包括的江河湖泊以及海洋等不同的水系,无论是淡水水系还是咸水水系,都包含有大量的微生物。但是由于分布的地理位置及环境条件不同,造就的含盐量、温度、含氧量等都不相同,所以造成了它们里面包含的微生物种类、数量都存在较大的差异。通常情况下,一片水域中如果包含的有机物成分越多,则包含的微生物数量就越巨大。

淡水水域中的微生物主要包含两大类。第一类为清水型微生物,该类微生物为水系中的原土居微生物,多为自养型,主要依靠分解矿物质或者光合作用生存,例如硫细菌、铁细菌、蓝菌等。它们多存在于清洁的湖泊或者洁净的水库中。另外,清水型微生物还有一部分单细胞和丝状的藻类微生物,但是数量有限。第二类为腐败型水生微生物。这种微生物主要来自于进入水域的腐败有机物质,并且进入水域后可以大量繁殖;但是又

^① 李俊乐. 土壤微生物对环境胁迫的相应机制分析 [J]. 中国高新技术企业, 2017, (11): 6-7.

由于水域中不存在繁殖生长所需要的营养物质，所以一般不会存活时间太长，只有极少数此类微生物才会存活数月之久。腐败型水生微生物会随着水分进入人体或者动植物体内，该类微生物多数为致病菌，例如破伤风芽孢杆菌、炭疽杆菌等，进入人体后会引发对应的疾病。这些微生物多数是通过土壤或者人和动物的粪便进入水体中，并大量繁殖，所以保持水源的洁净性以及饮用水卫生控制对于人类的健康十分重要。

咸水水域如海洋中同样含有大量的微生物，这些微生物主要由细菌组成，并且具有一个共性：嗜盐性。海水中的微生物可以引起海洋动植物的腐败及致病，某些微生物也同样是人类食物中毒的病原体，例如副溶血性弧菌等。

四、人及动物体

人体和动物体中的微生物存在于身体各个角落，如毛发、口腔、消化道、呼吸道等。例如，一般没有经过消毒清洁的动物皮毛和人类皮肤，微生物的数量达到了 $10^5 \sim 10^6$ 个/cm²。当人类或者动物生病后，体内会存在原本没有的病原体微生物，有些微生物病原体只有动物会有，例如犬类、猫、鼠类等携带；但是有些微生物病原体则属于人和动物的共患病原体，会通过呼吸、排泄等方式于人和动物之间互相感染。

另外，昆虫类动物如蝇、蚊等携带的微生物在接触食物后，会引起食物的污染变质。

五、加工机械及设备

加工机械及设备本身不具备微生物生长繁殖所要求的营养环境，但是在加工生产过程中，经过与食品接触后，食品附着在加工机械及设备表面，如果没有经过及时的清洁和消毒处理，则会逐步产生细菌并且大量繁殖。这些微生物在下次的加工生产使用过程中会迅速对新的食品造成污染。

第四节 食品的腐败变质

新鲜的食品在常温20℃左右存放，由于附着在食品表面的微生物作用和食品内所含酶的作用，使食品的色、香、味和营养价值降低；如果久

放,食品会腐败或变质,以至完全不能食用。

从广义的角度来说,凡引起食品理化性质发生改变的现象,都称为食品变质。导致食品变质的因素有物理的、化学的,也有生物的。比如油脂的氧化酸败,主要是理化因素引起的;有时发现米、面放久了生了小虫,使之变质不可食用,这是生物因素——昆虫造成的。

在大多数情况下,引起食品变质的主要因素是微生物。

一、食品腐败变质的本质

食品的腐败变质是由多方面因素决定的综合结果,不是由某一单方面引起的。食品本身的特性、环境因素、微生物的介入,三因素缺一不可,三个因素之间互为条件、互相影响。从化学角度解释,食品腐败变质的本质就是食品本身包含的碳水化合物、蛋白质、脂肪等营养物质在适宜的环境下,由于微生物的介入,被分解代谢为其他产物的某些变化过程。

二、引起食品腐败变质的因素

食品腐败变质的主要因素有两个:第一是食品本身的组成和性质,第二是微生物的作用。能够引起食品变质的微生物一般是细菌、酵母菌和霉菌等,其中细菌引起的食品变质最为广泛,但是其数目只占到现在发现细菌总数目的一半左右,食品卫生学上称这部分细菌为食品细菌。食品细菌按照致病性分类又能分为致病菌、相对致病菌和非致病菌三类。致病菌作为食物中毒和食物变质的罪魁祸首,是食品卫生质量评价的重要指标。

在《伯杰氏系统细菌学手册》(1984—1989)中,污染食品后可引起食品腐败变质、造成食物中毒和引起疾病的常见细菌主要有需氧芽孢菌、厌氧芽孢菌、无芽孢细菌、酵母菌和霉菌几种。

在食品中一般都含有丰富的营养物质,例如蛋白质、脂肪、维生素和无机盐等。这些营养成分是人类摄入食物的主要目的,但是也会成为微生物污染的基础所在。以蛋白质为主的食物如果被以蛋白质为主的微生物污染分解后,则会快速变质,同理,以脂肪为主或者以碳水化合物为主的食物也是如此。总之,当微生物具备的酶所需要的底物与食品营养成分一致时,食品才会被微生物迅速分解变质。食品微生物的生长和繁殖速度受以下几方面环境因素的影响。

(一) pH值

pH值是食品本身具备的特性之一。有些食品的pH值甚至低至2~3,