

高等教育“十三五”规划教材

# 食品微生物检验

岳晓禹 杨玉红 主编

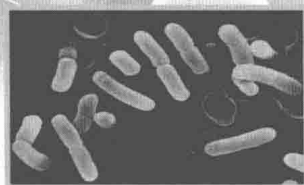
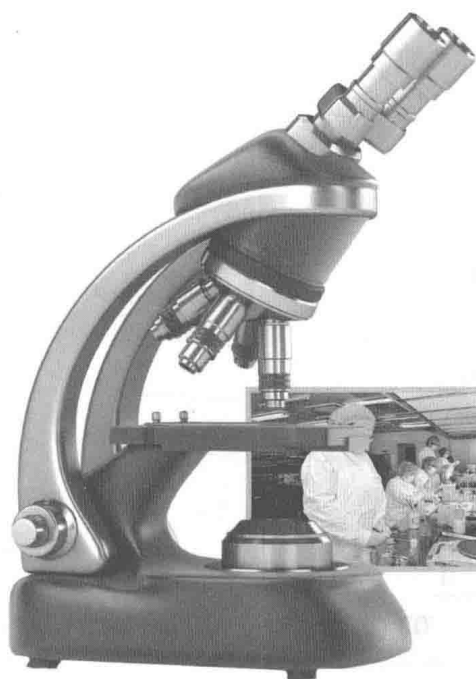


中国农业科学技术出版社

高等教育“十三五”规划教材

# 食品微生物检验

岳晓禹 杨玉红 主编



中国农业科学技术出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

食品微生物检验 / 岳晓禹, 杨玉红主编. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2017. 6  
ISBN 978 - 7 - 5116 - 2901 - 2

I. ①食… II. ①岳…②杨… III. ①食品微生物 - 食品检验 - 高等学校 - 教材  
IV. ①TS207. 4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 311865 号

责任编辑 崔改泵

责任校对 贾海霞

出版者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010) 82109194 (编辑室) (010) 82109702 (发行部)

(010) 82109709 (读者服务部)

传 真 (010) 82106650

网 址 [http://www. castp. cn](http://www.castp.cn)

经销者 各地新华书店

印刷者 北京富泰印刷有限责任公司

开 本 787mm × 1 092mm 1/16

印 张 17.5

字 数 426 千字

版 次 2017 年 6 月第 1 版 2017 年 6 月第 1 次印刷

定 价 36.00 元

# 《食品微生物检验》

## 编 委 会

主 编	岳晓禹	杨玉红			
副主编	覃 洁	文英会	李自刚	杨 娜	
编 者	陈威风	辛 婷	杨 灵	雷 琼	
	鞠慧丽	杨伟杰			

# 前 言

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项目。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。

为了适应市场对食品质量安全人才的需要，加强食品微生物检验的理论教学与实践操作之间的联系，在各位编者的努力和配合下，参考了国内外一些最新食品微生物检验研究进展，结合各位编写人员在检验和教学工作一线对食品微生物检验这门学科的理解及教学科研的积累，编写了本教材。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，符合学习的认知规律，也有利于锻炼学生的专业能力和社会实践能力。

食品微生物检验涉及食品微生物学、食品安全学、病原生物学和食品科学等学科的知识，本书的编写得到了各位编委的积极参与和配合，是全体编写人员辛勤劳动的结晶。本书第一章和第四章由岳晓禹、陈威风编写，第二章和第三章由杨玉红、雷琼编写，第五章由覃洁编写，第六章由文英会（第1~4节）、鞠慧丽（第5~9节）编写，第七章由杨灵、杨娜编写，第八章由辛婷、李自刚编写，第九章由杨伟杰编写。本教材在编写过程中得到了有关单位领导和专家的支持和帮助，向他们表示最崇高的敬意！

本书适合高等院校的食品类本专科学学生作为教材使用，具体使用过程中可根据学时和专业培养要求选取有关章节进行学习。也可作为科研机构、企业单位的相关食品类、微生物检验从业人员参考书，也可供化妆品检验、药品微生物检验、饲料检验、临床检验和兽医检验的有关人员参考。

由于涉及领域广泛、编写水平有限，书中难免有不足和疏漏之处，希望各位学者和检验第一线的同仁们提出批评和建议，以便今后不断改进和完善。

编 者

2016年10月

# 目 录

第一章 绪论 .....	(1)
第一节 食品中的微生物及其污染来源 .....	(1)
第二节 食品的腐败变质 .....	(4)
第三节 食品微生物检验概述 .....	(9)
第四节 食品微生物检验的基本程序 .....	(11)
第二章 食品微生物检验室及配置 .....	(16)
第一节 食品微生物检验室 .....	(16)
第二节 食品微生物检验室常用仪器与设备 .....	(19)
第三节 常用的玻璃器皿 .....	(36)
第三章 食品微生物检验的基本原理与技术 .....	(40)
第一节 染色与细菌的形态观察技术 .....	(40)
第二节 放线菌、酵母菌和霉菌的形态观察技术 .....	(47)
第三节 生理生化试验 .....	(50)
第四节 血清学试验 .....	(57)
第五节 动物试验 .....	(74)
第四章 常见食品的微生物学检验 .....	(78)
第一节 食品微生物学检验总则 .....	(78)
第二节 空气和食品接触面微生物污染的检验 .....	(82)
第三节 生活饮用水微生物检验 .....	(85)
第四节 肉与肉制品中微生物检验 .....	(86)
第五节 乳及乳制品检验 .....	(88)
第六节 蛋与蛋制品中微生物的检验 .....	(91)
第七节 水产食品中微生物检验 .....	(93)
第八节 饮料及冷冻饮品检验 .....	(94)
第九节 保健食品微生物检验 .....	(95)
第十节 酒类检验 .....	(96)
第十一节 冷食菜、豆制品微生物检验 .....	(97)
第十二节 食(饮)具消毒卫生标准 .....	(98)

<b>第五章 食品卫生细菌学检验技术</b> .....	(100)
第一节 菌落总数检验技术 .....	(100)
第二节 大肠菌群检验技术 .....	(104)
第三节 食品生产环境菌落总数检验技术 .....	(109)
<b>第六章 常见致病菌检验</b> .....	(111)
第一节 沙门氏菌检验 .....	(111)
第二节 金黄色葡萄球菌检验 .....	(115)
第三节 致泻性大肠埃希氏菌检验 .....	(123)
第四节 志贺氏菌检验 .....	(132)
第五节 溶血性链球菌检验 .....	(138)
第六节 单核细胞增生李斯特氏菌检验 .....	(144)
第七节 副溶血性弧菌检验 .....	(152)
第八节 肉毒梭菌及肉毒毒素检验 .....	(162)
第九节 蜡样芽孢杆菌检验 .....	(173)
<b>第七章 真菌及其毒素的检验</b> .....	(186)
第一节 霉菌和酵母计数 .....	(186)
第二节 常见产毒霉菌的鉴定 .....	(190)
<b>第八章 其他检验项目</b> .....	(216)
第一节 罐头食品商业无菌的检验 .....	(216)
第二节 乳酸菌的检验 .....	(226)
第三节 食品中其他厌氧菌检测 .....	(230)
第四节 食品中常见腐败菌的检测 .....	(237)
第五节 发酵酒微生物检验技术 .....	(247)
第六节 鲜乳中抗生素残留量检验 .....	(248)
<b>第九章 现代食品微生物检验新进展</b> .....	(252)
第一节 免疫学检测方法 .....	(252)
第二节 分子生物学方法 .....	(255)
第三节 电化学方法 .....	(262)
第四节 仪器分析法 .....	(266)
第五节 快速测试片法 .....	(269)
<b>参考文献</b> .....	(272)

# 第一章 绪 论

## 学习目标

1. 了解食品中的微生物主要来源。
2. 了解不同微生物对营养的要求。
3. 了解评价食品质量的主要标准。
4. 了解食品检验中细菌总数、大肠菌群数的定义及其检验意义。

人类加工食品的历史可以追溯到 8 000 年前，直到现代食品工业的出现和发展，如何防止食品腐败和避免食源性疾病的传播一直是食品加工行业首要的问题。检测食品原料在运输、加工、销售及贮藏等过程中微生物种类和数量的变化，已作为监控食品品质、保证食品安全的重要手段。近年来，全球范围内因病原微生物或其产生的生物性毒素所导致的重大食品安全事件不断发生，其中大肠杆菌 O157:H7、志贺氏菌、单核细胞增生李斯特氏菌、空肠弯曲菌、副溶血性弧菌、耶尔森氏菌等，被公认为是主要的食源性病原微生物。

## 第一节 食品中的微生物及其污染来源

自然界中广泛地存在着各种微生物，无论是高山、田地、江河、湖泊、海洋，还是空气中；在植物和动物的体表、体内也存在多种微生物。因此，动植物性食物或由它们加工成的各种食品，就不可避免地存在着微生物。

自然界中的微生物与人类关系非常密切，人们可以利用它们来酿制食品或制药、制酶等。但有些微生物也常常会导致食品及原料腐败和变质，甚至以食物作媒介引起人体疾病、中毒、致癌和死亡。因此，充分了解食品中存在的微生物来源及种类，对于保障食品卫生和进行食品微生物的检验都具有重要意义。

### 一、食品中的微生物

#### (一) 食品中常见的微生物

食品中常见的细菌分为革兰氏阴性菌和革兰氏阳性菌，其中，常见的革兰氏阴性菌主要包括假单胞菌属、醋酸杆菌属、无色杆菌属、产碱杆菌属、黄色杆菌属、大肠杆菌属与肠杆菌属、沙门氏菌属、志贺氏菌属、变形杆菌属等；常见的革兰氏阳性菌主要包括乳酸杆菌属、链球菌属、明串珠菌属、芽孢杆菌属、梭状芽孢杆菌属、微球菌属和葡萄球菌属等。

食品中常见酵母菌主要包括酵母菌属、毕氏酵母属、汉逊氏酵母属、假丝酵母属、红酵母属、球拟酵母属、丝孢酵母属等。

食品中常见霉菌主要包括毛霉属、根霉属、曲霉属、青霉属、木霉属、交链孢霉属、葡



萄孢霉属、芽枝霉属、镰刀霉属、地霉属、链孢霉属、复端孢霉属、枝霉属、分枝孢霉属、红曲霉属等。

## (二) 食品中常见的致病菌

食品中常见的致病菌主要有沙门氏菌、致病性大肠杆菌、葡萄球菌、肉毒梭菌、单核细胞增生李斯特氏菌、蜡样芽孢杆菌、志贺氏菌、变形杆菌、产气荚膜梭菌、空肠弯曲杆菌、阪崎肠杆菌、椰毒假单胞菌酵米面亚种、副溶血性弧菌、小肠结肠炎耶尔森氏菌、黄曲霉等。

## 二、食品中微生物污染的来源

食品微生物污染是指食品在加工、运输、贮藏、销售过程中被微生物及其毒素污染。研究并弄清食品中微生物污染的来源、途径及其在食品中的消长规律，对于切断污染途径、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。

微生物在自然界中分布十分广泛，不同的环境中存在的微生物类型和数量不尽相同，因此，食品从原料、生产、加工、贮藏、运输、销售到烹调等各个环节常常与环境发生各种方式的接触，进而导致微生物的污染。食品微生物污染的来源可分为土壤、空气、水、操作人员、动植物、加工设备、包装材料等方面。

### (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。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，土壤中存在有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，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。

土壤中除了自身含有的微生物外，分布在空气、水、人及动植物的微生物也会不断进入土壤中。许多病原微生物就是随着动植物残体以及人和动物的排泄物进入土壤的。因此，土壤中的微生物既有非病原的，也有病原的。通常无芽孢菌在土壤中生存的时间较短，而有芽孢菌在土壤中生存时间较长。例如，沙门菌只能生存数天至数周，炭疽芽孢杆菌却能生存

数年甚至更长时间。同时，土壤中还存在着能够长期生活的土源性病原菌。霉菌及放线菌的孢子在土壤中也都可以长期生存。

## (二) 空气

空气中不具备微生物生长繁殖所需的营养物质和充足的水分条件，加之室外经常接受来自日光的紫外线照射，所以空气不是微生物生长繁殖的场所。然而空气中也确实含有一定数量的微生物，这些微生物随风飘扬而悬浮在大气中或附着在飞扬起来的尘埃或液滴上。这些微生物可来自土壤、水、人和动植物体表的脱落物和呼吸道、消化道的排泄物等，同时由于微生物身小体轻，能随空气流动到处传播，因而微生物的分布是广泛的。

空气中的微生物主要是霉菌、放线菌的孢子和细菌的芽孢及酵母菌等。不同环境空气中微生物的数量和种类有很大差异，例如，公共场所、街道、畜舍、屠宰场及通气不良处的空气中微生物的数量较高；空气中的尘埃越多，所含微生物的数量也就越多；室内污染严重的空气中微生物数量可达  $10^6$  个/ $m^3$ ；海洋、高山、乡村、森林等空气清新的地方微生物的数量较少。空气中可能会出现一些病原微生物，它们直接来自人或动物呼吸道、皮肤干燥脱落物及排泄物或间接来自土壤，如结核杆菌、金黄色葡萄球菌、沙门菌、流感嗜血杆菌和病毒等。患病者口腔喷出的飞沫小滴可含有 1 万 ~ 2 万个细菌。

## (三) 水

自然界中的江、河、湖、海等各种淡水与咸水水域中都生存着相应的微生物。由于不同水域中的有机物与无机物种类和含量、温度、酸碱度、含盐量、含氧量及不同深度光照度等的差异，因而各种水域中的微生物种类和数量呈现明显差异。通常水中微生物的数量主要取决于水中有机物质的含量。有机物质含量越多，其中微生物的数量也就越大。

淡水域中的微生物可分为两大类型，一类是清水型水生微生物，这类微生物习惯于在洁净的湖泊和水库中生活，以自养型微生物为主，可被看做是水体环境中的土居微生物，如硫细菌、铁细菌、衣细菌及含有光合色素的蓝细菌、绿硫细菌和紫细菌等。也有部分腐生性微生物，如细菌中的色杆菌属、无色杆菌属和微球菌属，霉菌中的水霉属和绵霉属等。此外，还有单细胞和丝状的藻类以及一些原生动物常在水中生长，但它们的数量不大。另一类是腐败型水生微生物，它们是随腐败的有机物质进入水域并大量繁殖，从而造成水体污染和疾病的传播。其中，数量最大的 G<sup>-</sup> 细菌，如变形杆菌属、大肠杆菌、产气肠杆菌和产碱杆菌属等，还有芽孢杆菌属、弧菌属和螺菌属中的一些种。当水体受到土壤和人畜排泄物的污染后，肠道菌如大肠杆菌、粪链球菌和魏氏梭菌、沙门菌、产气荚膜芽孢杆菌、炭疽杆菌、破伤风芽孢杆菌等的数量会很快增加。污水中还会有纤毛虫类、鞭毛虫类原生动物。进入水体的动植物致病菌，通常因水体环境条件不能完全满足其生长繁殖的要求，故一般难以长期生存，但也有少数病原菌可以生存达数月之久。

海水中也含有大量的水生微生物，主要是细菌，它们均具有嗜盐性。近海中常见的细菌有假单胞菌、无色杆菌、黄杆菌、微球菌属、芽孢杆菌属和噬纤维菌属，它们能引起海产动植物的腐败，有的是海产鱼类的病原菌。海水中还存在有可引起人类食物中毒的病原菌，如副溶血性弧菌。

矿泉水及深井水中通常含有很少量的微生物。

#### (四) 人及动物体

人体及各种动物,如犬、猫、鼠等的皮肤、毛发、口腔、消化道、呼吸道均带有大量的微生物,如未经清洗的动物被毛、皮肤等微生物数量可达 $10^5 \sim 10^6$ 个/cm<sup>2</sup>。当人或动物感染了病原微生物后,体内会存在有不同数量的病原微生物,其中有些菌种是人畜共患病原微生物,如沙门氏菌、结核杆菌、布氏杆菌,这些微生物可以通过直接接触或通过呼吸道和消化道向体外排出而污染食品。

蚊、蝇及蟑螂等昆虫也都携带有大量的微生物,其中可能有多种病原微生物,它们接触食品同样会造成污染。

#### (五) 加工机械及设备

各种加工机械设备本身没有微生物所需的营养物质,但在食品加工过程中,由于食品的汁液或颗粒黏附于内外表面,食品生产结束时机械设备没有得到彻底的灭菌,使原本少量的微生物得以在其上大量生长繁殖,成为微生物的污染源。这种机械设备在后来的使用中会通过与食品接触而造成食品的微生物污染。

## 第二节 食品的腐败变质

新鲜的食物在常温20℃左右存放,由于附着在食物表面的微生物作用和食物内所含酶的作用,使食物的色、香、味和营养价值降低,如果久放,食物会腐败或变质,以至完全不能食用。

从广义的角度来说,凡引起食物理化性质发生改变的现象,都称为食物变质。导致食物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,引起食物变质的主要因素是微生物。

### 一、食物腐败变质的概念

食物腐败变质是以食物本身的组成和性质为基础,在环境因素的影响下主要由微生物作用所引起,是微生物、环境因素、食物本身三者互为条件、相互影响、综合作用的结果。其过程实质上是食物中蛋白质、碳水化合物、脂肪等被污染微生物分解代谢或自身组织酶进行的某些生化过程。

### 二、引起食物腐败变质的因素

引起食物腐败变质的原因主要有微生物的作用及食物本身的组成和性质。其中,引起食物腐败的微生物有细菌、酵母菌和霉菌等,以细菌引起的食物腐败变质最为显著。而食物中存活的细菌只占自然界细菌中的一部分。这部分在食物中常见的细菌,在食品卫生学上被称为食物细菌。食物细菌包括致病菌、相对致病菌和非致病菌,有些致病菌还是引起食物中毒的原因。它们既是评价食品卫生质量的重要指标,也是食物腐败变质的原因。在《伯杰氏系统细菌学手册》(1984—1989)中,污染食物后可引起食物腐败变质、造成食物中毒和引

起疾病的常见细菌主要有以下几种。

### (一) 引起食品腐败变质的微生物

#### 1. 需氧芽孢菌

需氧芽孢菌在自然界中分布极广，主要存在于土壤、水和空气中，食品原料经常被这类细菌污染。大部分需氧芽孢菌，生长适宜温度在 28 ~ 40℃，有些能在 55℃ 甚至更高的温度中生长，其中有些细菌是兼性厌氧菌，在密封保存的食品中，不因缺氧而影响生长。这类细菌都有芽孢产生，对热的抵抗力特别强，由于这些原因，需氧芽孢菌是食品的主要污染菌。

食品中常见的需氧芽孢菌有枯草芽孢杆菌、蜡样芽孢杆菌、巨大芽孢杆菌、嗜热脂肪芽孢杆菌、地衣芽孢杆菌等。

#### 2. 厌氧芽孢菌

厌氧芽孢菌主要存在于土壤中，也有的存在于人和动物的肠道内，多数菌必须在厌氧的环境中才能良好生长，只有极少数菌在有氧条件下生长。厌氧芽孢菌主要存在于污染的土壤或粪便，通过多种传播途径进而污染食品（如蔬菜、谷类、水果等）。

一般厌氧芽孢菌的污染比较少，但危害比较严重，常导致食品中蛋白质和糖类的分解，造成食品变色、产生异味、产酸、产气、产生毒素。

常见的有酪酸梭状芽孢杆菌、巴氏固氮梭状芽孢杆菌、魏氏梭菌、肉毒梭菌等。

#### 3. 无芽孢细菌

无芽孢细菌的种类远比有芽孢菌的种类多，在水、土壤、空气、加工人员、工具中都广泛存在，因此污染食品的机会更多。

食品被无芽孢菌污染是很难完全避免的，这些细菌包括大肠菌群、肠球菌、假单胞菌属、产碱杆菌属等。

#### 4. 酵母菌和霉菌

酵母菌和霉菌是食品加工中的重要生产菌种。例如，用啤酒酵母制造啤酒，利用绍兴酒酵母酿造绍兴米酒，利用毛霉、根霉和曲霉的菌种酿造酒、醋、味精等。酵母菌、霉菌在自然界广泛存在，可以通过生产的各个环节污染食品。

经常出现的酵母菌有假丝酵母属、圆酵母属、酵母属、隐球酵母属，霉菌有青霉属、芽枝霉属、念珠霉属、毛霉属等。

#### 5. 病原微生物

食品在原料、生产、贮藏过程中也可能污染一些病原微生物，如大肠杆菌、沙门菌及其他肠杆菌、葡萄球菌、魏氏梭菌、肉毒梭菌、蜡样芽孢杆菌以及黄曲霉、寄生曲霉、赭曲霉、蜂蜜曲霉等产毒素曲霉菌。

这些微生物的污染，很容易导致食物中毒，在食品检验中，必须对这些致病性微生物引起足够的重视。

### (二) 食品本身的组成和性质

一般来说食品总是含有丰富的营养成分，各种蛋白质、脂肪、碳水化合物、维生素和无机盐等都有存在，只是比例上的不同而已。如在一定的水分和温度条件下，就十分适宜微生物的生长繁殖。但有些食品是以某些成分为主的，如油脂则以脂肪为主，蛋品类则以蛋白质

为主。不同微生物分解各种营养物质的能力也不同。因此，只有当微生物所具有的酶所需的底物与食品营养成分相一致时，微生物才可以引起食品的迅速腐败变质。当然，微生物在食品上的生长繁殖还受其他因素的影响。

### 1. pH 值

食品本身所具有的 pH 值影响微生物在其上面的生长和繁殖。一般食品的 pH 值都在 7.0 以下，有的甚至仅为 2~3。pH 值在 4.5 以上者为非酸性食品，主要包括肉类、乳类和蔬菜等。pH 值在 4.5 以下者称为酸性食品，主要包括水果和乳酸发酵制品等。因此，从微生物生长对 pH 值的要求来看，非酸性食品较适宜于细菌生长，而酸性食品则较适宜于真菌的生长。但是食品被微生物分解会引起食品 pH 值的改变，如食品中以糖类为主，细菌分解后往往由于产生有机酸而使 pH 值下降。如以蛋白质为主，则可能产氨而使 pH 值升高。在混合型食品中，由于微生物利用基质成分的顺序性差异，而 pH 值会出现先降后升或先升后降的波动情况。

### 2. 水分

食品本身所具有的水分含量影响微生物的生长繁殖。食品中含有一定的水分，这种水分包括结合态水和游离态水两种。决定微生物是否能在食品上生长繁殖的水分因素是食品中所含的游离态水，也即所含水的活性或称水的活度。由于食品中所含物质的不同，即使含有同样的水分，但水的活度可能不一样。因此，各种食品防止微生物生长的含水量标准就很不相同。

### 3. 渗透压

食品的渗透压同样是影响微生物生长繁殖的一个重要因素。各种微生物对于渗透压的适应性很不相同。大多数微生物都只能在低渗环境中生活。也有少数微生物嗜好在高渗环境生长繁殖，这些微生物主要包括霉菌、酵母菌和少数种类的细菌。根据它们对高渗透压的适应性不同，可以分为以下几类：①高度嗜盐细菌，最适宜于含 20%~30% 食盐的食品中生长，如盐杆菌；②中等嗜盐细菌，适宜于含 5%~10% 食盐的食品中生长，如腌肉弧菌；③低等嗜盐细菌，最适宜于含 2%~5% 食盐的食品中生长，如假单胞菌属、弧菌属中的一些菌种；④耐糖细菌，能在高糖食品中生长，如肠膜状明串珠菌。还有能在高渗食品上生长的酵母菌，如蜂蜜酵母、异常汉逊酵母。霉菌有曲霉、青霉、卵孢霉、串孢霉等，能在高渗食品中生长。

## 三、食品腐败变质的过程

食品腐败变质的过程，实质上是食品中蛋白质、碳水化合物、脂肪的分解变化过程，其程度因食品种类、微生物种类和数量及环境条件的不同而异。

### (一) 蛋白质

富含蛋白质食品如肉、鱼、蛋和大豆制品等的腐败变质，主要以蛋白质的分解为其腐败变质特征。由微生物引起蛋白质食品发生的变质，通常称为腐败。蛋白质在动植物组织酶以及微生物分泌的蛋白酶和肽链内切酶等的作用下，首先水解成多肽，进而裂解形成氨基酸。氨基酸通过脱羧基、脱氨基、脱硫等作用进一步分解成相应的氨、胺类、有机酸类和各种碳氢化合物，食品即表现出腐败特征。

蛋白质分解后所产生的胺类是碱性含氮化合物，如胺、伯胺、仲胺及叔胺等具有挥发性和特异的臭味。各种不同的氨基酸分解产生的腐败胺类和其他物质各不相同，甘氨酸产生甲胺，鸟氨酸产生腐胺，精氨酸产生色胺进而又分解成吲哚，含硫氨基酸分解产生硫化氢和氨、乙硫醇等。这些物质都是蛋白质腐败产生的主要臭味物质。

## （二）脂肪

脂肪的变质主要是酸败。食品中油脂酸败的化学反应，主要是油脂自身氧化过程，其次是加水水解。油脂的自身氧化是一种自由基的氧化反应，而水解则是在微生物或动物组织中的解脂酶作用下，使食物中的中性脂肪分解成甘油和脂肪酸等。

脂肪水解指脂肪的加水分解作用，产生游离脂肪酸、甘油及其不完全分解的产物。如甘油一酯、甘油二酯等。脂肪酸可进而断链形成具有不愉快味道的酮类或酮酸；不饱和脂肪酸的不饱和键可形成过氧化物；脂肪酸也可再氧化分解成具有特臭的醛类和醛酸，即所谓的“哈喇”味。这就是食用油脂和含脂肪丰富的食品发生酸败后感官性状改变的原因。

脂肪自身氧化以及加水分解所产生的复杂分解产物，使食用油脂或食品中脂肪带有若干明显特征：首先是过氧化值上升，这是脂肪酸败最早期的指标；其次是酸度上升，羰基（醛酮）反应阳性。脂肪酸败过程中，由于脂肪酸的分解，其固有的碘价（值）、凝固点（熔点）、密度、折射率、皂化价等也必然发生变化，因而导致脂肪酸败所特有的“哈喇”味；肉、鱼类食品脂肪的超期氧化变黄，鱼类的“油烧”现象等也常常被作为油脂酸败鉴定中较为实用的指标。

食品中脂肪及食用油脂的酸败程度，受脂肪的饱和度、紫外线、氧、水分、天然抗氧化剂以及铜离子、铁离子、镍离子等催化剂的影响。油脂中脂肪酸不饱和度、油料中动植物残渣等，均有促进油脂酸败的作用；而油脂的脂肪酸饱和程度、维生素 C、维生素 E 等天然抗氧化物质及芳香化合物含量高时，则可减慢氧化和酸败。

## （三）碳水化合物

食品中的碳水化合物包括纤维素、半纤维素、淀粉、糖原以及双糖和单糖等。含这些成分较多的食品主要是粮食、蔬菜、水果和糖类及其制品。在微生物及动植物组织中的各种酶及其他因素作用下，这些食品组成成分被分解成单糖、醇、醛、酮、羧酸、 $\text{CO}_2$  和水等。由微生物引起糖类物质发生的变质，习惯上称为发酵或酵解。这个过程的主要变化是酸度升高，也可伴有其他产物所特有的气味，因此测定酸度可作为含大量糖类的食品腐败变质的主要指标。

## 四、食品腐败变质的现象

食品受到微生物的污染后，容易发生变质。其现象主要体现在以下几方面。

### （一）色泽变化

食品无论在加工前或加工后，本身均呈现一定的色泽，如有微生物繁殖引起食品变质时，色泽就会发生改变。有些微生物产生色素，分泌至细胞外，色素不断累积就会造成食品原有色泽的改变，如食品腐败变质时常出现黄色、紫色、褐色、橙色、红色和黑色的片状斑

点或全部变色。另外，由于微生物代谢产物的作用促使食品发生化学变化时也可引起食品色泽的变化。例如，肉及肉制品的绿变就是由于硫化氢与血红蛋白结合形成硫化氢血红蛋白所引起的。腊肠由于乳酸菌增殖过程中产生了过氧化氢促使肉色素褪色或绿变。

## (二) 气味变化

食品本身有一定的气味，动植物原料及其制品因微生物的繁殖而产生极轻微的变质时，人们的嗅觉就能敏感地察觉到有不正常的气味产生。如氨、三甲胺、乙酸、硫化氢、乙硫醇、粪臭素等具有腐败臭味，这些物质在空气中浓度为  $10^{-11} \sim 10^{-8} \text{ mol/m}^3$  时，人们的嗅觉就可以察觉到。此外，食品变质时，其他胺类物质、甲酸、乙酸、酮、醛、醇类、酚类、甙基质化合物等也可察觉到。

食品中产生的腐败臭味，常是多种臭味混合而成的。有时也能分辨出比较突出的不良气味，如霉味臭、醋酸臭、胺臭、粪臭、硫化氢臭、酯臭等。但有时腐败产生的有机酸，水果变坏产生的芳香味，人的嗅觉习惯不认为是臭味。因此，评定食品质量不是以香、臭味来判断，而是应该按照正常气味与异常气味来评定。

## (三) 口味变化

微生物造成食品腐败变质时也常引起食品口味的变化。而口味改变中比较容易分辨的是酸味和苦味。一般碳水化合物含量多的低酸食品，变质初期产生酸是其主要的特征。但对于原来酸味就高的食品，如对番茄制品来讲，微生物造成酸败时，酸味稍有增高，辨别起来就不那么容易。另外，某些假单胞菌污染生鲜乳后可产生苦味；蛋白质被大肠杆菌、微球菌等微生物作用也会产生苦味。

当然，口味的评定从卫生角度看是不符合卫生要求的，而且不同人评定的结果往往意见分歧较多，只能作大概的比较，为此口味的评定应借助仪器来测试，这是食品科学需要解决的一项重要课题。

## (四) 出现混浊和沉淀

主要发生于液体食品（如饮料、啤酒等）中，发生混浊的原因，除了化学因素能造成外，多数是由酵母（多为圆酵母属）产生酒精引起的。一些耐热强的霉菌如雪白丝衣霉菌、宛氏拟青霉也是造成食品混浊的原因。

## (五) 组织状态变化

固体食品变质时，动植物性组织因微生物酶的作用，可使组织细胞破坏，造成细胞内容物外溢，这样食品的性状即出现变形、软化；鱼肉类食品则呈现肌肉松弛、弹性差，有时组织体表出现发黏等现象；粉碎后加工制成的食品，如糕鱼、乳粉、果酱等变质后常出现黏稠、结块等表面变形、湿润或发黏现象。

液态食品变质后即会出现混浊、沉淀，表面出现浮膜、变稠等现象，鲜乳因微生物作用引起变质可出现凝块、乳清析出、变稠等现象，有时还会产气等都是食品腐败变质现象的体现。

## (六) 生白

酱油、醋等调味品，如果长时间于较高温度（25~37℃）保存，则表面容易形成厚的白醭，俗称“生白”。主要是由于产膜性酵母菌通过尘埃和不清洁的容器污染调味品后，大量生长繁殖造成的。此外，泡制菜的卤水也会因酵母菌大量繁殖而生白；污染需氧芽孢菌生白的调味品，产生特殊的酸臭味，严重影响产品质量。

## 第三节 食品微生物检验概述

### 一、食品微生物检验的概念及特点

食品微生物检验是在应用微生物学的理论与方法，研究食品中微生物种类、分布、生物学特性及作用机理的基础上，解决食品中有关微生物的污染、毒害、检验方法、卫生标准等问题的一门学科。食品微生物检验是微生物学的一个分支，是近年来发展起来的一门新的学科。食品微生物检验是食品检验、食品加工以及公共卫生方面的从业人员必须熟悉和掌握的专业知识之一。

不同种类的食品以及食品在不同的生产加工过程与条件下含有微生物的种类、数量、分布存在较大差异，研究各类食品中存在的微生物种类、分布及其与食品的关系，才能辨别食品中有益的、无害的、致病的、致腐的或者中毒的微生物，以便对食品的卫生作出正确评价，为制定各类食品的微生物学标准提供科学依据。食品在生产、贮藏和销售过程中，存在微生物对食品的污染问题。研究食品中微生物污染的来源与途径，为下一步采取合理措施，加强食品卫生监督和管理，防止微生物对食品污染，从根本上提高食品的卫生质量奠定基础。研究食品中的致病性微生物和产毒素微生物，弄清食品中微生物污染来源及其在食品中的消长变化规律，制定控制措施和无害处理方法，研究各类食品中微生物检验指标及方法，实现对食品中微生物监测控制，是食品微生物检验学的重要任务。

食品微生物检验的主要特点如下。

(1) 食品微生物检验涉及的微生物范围广，采集样品比较复杂。食品中微生物种类繁多，包括引起食品污染和腐败的微生物、食源性病原微生物以及有益的微生物。

(2) 食品微生物检验需要准确性、快速性和可靠性。食品微生物检验是判断食品及食品加工环境的卫生状况，正确分析食品的微生物污染途径，预防食物中毒与食源性感染发生的重要依据，需要检验工作尽快获得结果，对检验方法的准确性和可靠性提出了很高的要求。

(3) 食品中待检测细菌数量少，杂菌数量多，对检验工作干扰严重。食品中的致病菌数量很少，却能造成很大危害。进行检验时，有大量的非致病性微生物干扰，两者之间比例悬殊。此外，有些致病菌在热加工、冷加工中受了损伤，使目的菌不易检出。上述这些因素给检验工作带来一定困难，影响检验结果。

(4) 食品微生物检验受法规约束，具有一定法律性质。世界各国及相关国际组织机构已建立了食品安全管理体系和法规，均规定了食品微生物检验指标和统一的相关标准检验方法，并以法规的形式颁布，食品微生物检验的实验方法、操作流程和结果报告都必须遵守相



关法规标准的规定。

## 二、食品微生物检验的范围

食品微生物检验的范围包括以下几个方面。

- (1) 生产环境的检验。包括生产车间用水、空气、地面、墙壁、操作台等。
- (2) 原辅料的检验。包括动植物食品原料、添加剂等原辅料。
- (3) 食品加工过程、贮藏、销售等环节的检验。从业人员的健康及卫生状况、加工工具、运输车辆、包装材料的检验等。
- (4) 食品的检验。包括对出厂食品、可疑食品及食物中毒食品的检验。

## 三、食品微生物检验的指标

食品在食用前的各个环节中，被微生物污染往往是不可避免的。食品微生物检验的指标是根据食品卫生的要求，从微生物学的角度，对各种食品提出的具体指标要求。我国卫生部颁布的食品微生物检验指标主要有菌落总数、大肠菌群和致病菌三大项。具体检验的主要指标如下。

### (一) 菌落总数

菌落总数是指食品检样经过处理，在一定条件下培养后所得 1g、1ml 或 1cm<sup>2</sup>（表面积）检样中所含细菌菌落的总数。它可以反映食品的新鲜度、被细菌污染的程度、生产过程中食品是否变质和食品生产的一般卫生状况等。因此，它是判断食品卫生质量的重要依据之一。

### (二) 大肠菌群

大肠菌群是指一群能发酵乳糖、产酸、产气，需氧和兼性厌氧的革兰氏阴性无芽孢杆菌。这些细菌是寄居于人及温血动物肠道内的常居菌，它随着动物及人的粪便排出体外。食品中大肠菌群数越多，说明食品受污染的程度越大。故以大肠菌群作为食品的卫生指标来评价食品的质量具有广泛的意义。

### (三) 致病菌

致病菌是能够引起人类及动物发病的细菌。对不同的食品 and 不同的场合，应该选择一定的参考菌群进行检验。例如，海产品以副溶血性弧菌作为参考菌群，蛋与蛋制品以沙门氏菌、金黄色葡萄球菌、变形杆菌等作为参考菌群，米、面类食品以蜡样芽孢杆菌、变形杆菌、霉菌等作为参考菌群，罐头食品以耐热性芽孢杆菌作为参考菌群等。

### (四) 霉菌及其毒素

我国还没有制定出霉菌的具体指标，鉴于有很多霉菌能够产生毒素，引起疾病，故应该对产毒霉菌进行检验。例如，曲霉属的黄曲霉、寄生曲霉等，青霉属的橘青霉、岛青霉等，镰刀霉属的串珠镰刀霉、禾谷镰刀霉等。