



高等职业教育“十三五”规划教材



SHIPIN WEISHENGWU
JIANYAN JISHU

食品微生物检验 技术

李自刚 李大伟 主编



中国轻工业出版社

全国百佳图书出版单位

高等职业教育“十三五”规划教材

食品微生物检验技术

李自刚 李大伟 主编



中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

食品微生物检验技术/李自刚, 李大伟主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2016. 1

高等职业教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5184-0706-4

I. ①食… II. ①李…②李… III. ①食品检验—微生物检定—
高等职业教育—教材 IV. ①TS207.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 282354 号

责任编辑: 王 朗

策划编辑: 江 娟

版式设计: 宋振全

责任终审: 劳国强

责任校对: 晋 洁

封面设计: 锋尚设计

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: 2016 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 720 × 1000 1/16 印张: 13.5

字 数: 270 千字

书 号: ISBN 978-7-5184-0706-4 定价: 28.00 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

151125J2X101ZBW

编写人员名单

- 主 编** 李自刚 河南牧业经济学院
李大伟 洛阳职业技术学院
- 副主编** 魏法山 河南省产品质量监督检验院
朱文丽 三全食品股份有限公司
刘海龙 中国农业科学院农业信息研究所

参 编 (按姓氏笔画排序)

- 马丽卿 河南牧业经济学院
王 飞 漯河医学高等专科学校
文英会 河南牧业经济学院
付 丽 河南牧业经济学院
石 晓 漯河医学高等专科学校
任丽影 漯河食品职业学院
李 欣 河南牧业经济学院
辛 婷 河南牧业经济学院
苏 楠 河南牧业经济学院
张秀凤 河南牧业经济学院
岳晓禹 河南牧业经济学院
尚新彬 漯河医学高等专科学校
赵美琳 漯河职业技术学院
徐启红 漯河职业技术学院

- 主 审** 邱立友 河南农业大学
刘世亮 河南农业大学

前 言

食品微生物检测在现代食品加工、食品安全供应中至关重要，如检测食品原料、加工、运输、销售和贮藏等过程中微生物种类和数量的变化上，其已作为监控食品品质、保证食品安全的重要手段。因此，食品微生物检验相关著作和教材的编写一直以来都受到各行各业重视。本书主要内容包括：实验室基本知识与基本技能、食品微生物检验样品的制备、食品微生物检验基础试验、食品卫生细菌学检验、常见致病菌检验、真菌及其毒素检验、发酵食品微生物检验、罐头食品微生物检验、食品微生物检验方法新进展等内容。

本书按照高等职业教育的要求，即“必需、够用、实用”的原则，在教学内容的安排上侧重实际操作。

参加本书编写的人员既有在高等职业教育一线从事多年高等职业教育的教学人员，也有在相关科研单位、食品企业工作多年的一线工作人员。本书可作为农林院校、师范院校、医学院校高等职业教育食品加工等相关专业的教材和教学参考书，也可作为相关科研、教学工作者和食品检验工技能操作考试的参考用书；同时，本书也可作为食品生物技术、食品营养检测、食品储运与营销、农产品质量安全检验等专业教材使用，也可供相关企业技术人员参考。

编 者

2015 年 9 月

目 录

绪论	1
第一节 食品中的微生物及其污染来源	1
一、食品中的微生物	1
二、食品中微生物污染的来源	2
第二节 食品的腐败变质	4
一、食品腐败变质的概念	5
二、引起食品腐败变质的因素	5
三、食品腐败变质的过程	7
四、食品腐败变质的现象	8
第三节 食品微生物检验概述	9
一、食品微生物检验的概念及特点	9
二、食品微生物检验的范围	10
三、食品微生物检验的指标	11
四、食品微生物检验的意义	11
第四节 食品微生物检验的基本程序	12
一、检验前准备	12
二、样品的采集与处理	12
三、样品的送检与检验	15
四、结果报告	16
第一章 实验室基本知识与基本技能	17
第一节 基本知识	17
一、实验室规则	17
二、实验室安全及防护知识	18
三、实验记录与实验报告	18
第二节 基本技能	19
一、实验用水质量要求与制备	19
二、实验用玻璃器皿的清洗、使用和校正	20
三、溶液的浓度与常用溶液的配制	20

四、试剂配制、灭菌与保存	22
五、实验室常用仪器的使用与维护	24
第三节 实验设计与数据处理	27
一、设计原则与方法	27
二、数据处理与分析	28
三、统计软件的使用	30
第二章 食品微生物检验样品的制备	31
第一节 食品微生物检验样品的采集与处理	31
一、我国食品微生物检验样品的取样	31
二、常见食品微生物检验样品的采集与处理方法	34
第二节 饮用水的卫生要求及水样的采集与处理	41
一、饮用水的卫生要求及标准	41
二、水样的采集与处理	41
三、水样的检验	42
第三节 生产环境的卫生标准及空气样品的采集与处理	47
一、生产环境的卫生标准及消毒方法	47
二、空气样品的采集与处理	48
三、空气样品的检验	50
第四节 食品生产工具样品的采集与处理	50
一、食品生产工具样品的采集与处理	51
二、食品生产工具样品的检验	51
第五节 国际上常见的取样方案	51
一、ICMSF 取样方案	52
二、美国 FDA 取样方案	53
三、联合国粮食与农业组织 (FAO) 规定的取样方案	54
第三章 食品微生物检验基础试验	56
第一节 生理生化试验	56
一、生理生化试验的原理及方法	56
二、生理生化试验注意事项	68
第二节 血清学试验	69
一、抗原与抗体	69
二、血清学试验	71

第四章 食品卫生细菌学检验	75
第一节 菌落总数检验	75
一、设备和材料	76
二、培养基和试剂	76
三、检验程序	76
四、操作步骤	76
五、结果与报告	78
六、细菌菌落总数测定的其他方法	79
七、非常见细菌菌落总数的测定方法	80
第二节 大肠菌群检验	81
一、设备和材料	83
二、培养基和试剂	83
三、大肠菌群 MPN 计数法 (第一法)	84
四、大肠菌群平板计数法 (第二法)	86
第五章 常见致病菌检验	88
第一节 沙门菌检验	88
一、病原学特性	88
二、沙门菌食物中毒	88
三、检验方法	88
四、结果与报告	93
第二节 金黄色葡萄球菌检验	93
一、病原学特性	94
二、葡萄球菌食物中毒	94
三、设备和材料	94
第三节 致泻大肠埃希菌检验	104
一、病原学特性	104
二、致病性大肠埃希菌食物中毒	105
三、检验方法	106
第四节 志贺菌检验	111
一、病原学特性	111
二、志贺菌食物中毒	111
三、检验方法	112

第五节 溶血性链球菌检验	116
一、病原学特性	117
二、溶血性链球菌食物中毒	117
三、 β 型溶血性链球菌检验方法	118
第六节 单核细胞增生李斯特菌检验	120
一、病原学特性	120
二、单核细胞增生李斯特菌食物中毒	121
三、检验方法	121
第七节 副溶血性弧菌检验	126
一、病原学特性	126
二、副溶血性弧菌食物中毒	127
三、检验方法	128
第八节 肉毒梭菌及肉毒毒素检验	133
一、病原学特性	133
二、肉毒中毒	134
三、检验方法	136
第九节 蜡样芽孢杆菌检验	139
一、病原学特性	140
二、蜡样芽孢杆菌食物中毒	140
三、检验方法	142
第六章 真菌及其毒素检验	149
第一节 概述	149
第二节 食品中霉菌和酵母菌的检验	149
一、检验方法	149
二、设备和材料	150
三、培养基和试剂	150
四、检验程序	150
五、操作步骤	150
六、结果与报告	152
第三节 食品中霉菌和酵母菌检测的注意事项	152
第七章 发酵食品微生物检验	155
第一节 食品中乳酸菌数的检验	155

一、乳酸菌的生物学特征	155
二、乳酸菌的功能	155
三、乳酸菌的检测	156
第二节 酱油种曲孢子数及发芽率的测定	160
一、酱油种曲孢子数的测定计数	160
二、孢子发芽率的测定技术	162
第三节 毛霉的分离与鉴别	163
第八章 罐头食品的微生物检验	166
第一节 罐头食品的微生物污染	166
一、罐头食品的生物腐败类型	166
二、污染罐头食品的微生物来源	168
第二节 罐头食品的商业无菌及其检验	169
一、罐头食品的商业无菌	169
二、罐头食品的商业无菌检验	169
第九章 食品微生物检验方法新进展	177
第一节 免疫学方法	177
一、免疫荧光技术	177
二、酶免疫测定技术	178
三、免疫印迹技术	179
四、免疫组织化学方法	179
五、免疫传感器	179
第二节 分子生物学方法	180
一、PCR 技术	180
二、基因探针技术	182
第三节 微生物酶检测法	183
第四节 电化学方法	184
一、阻抗法与电导法	185
二、伏安法	186
三、电位、电流分析法	187
附录一：微生物检验常用培养基	190
附录二：微生物检验常用试剂	199
参考文献	201

绪 论

人类加工食品的历史可以追溯到 8000 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过程中需要解决的基本问题。食品微生物检测在现代食品加工中起到了重要的作用,检测食品原料、加工、运输、销售和储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,全球范围内重大食品安全事件不断发生,其中病原微生物引起的食源性疾病是影响食品安全的最主要的因素之一,如大肠杆菌 O157:H7、志贺菌、单核细胞增生李斯特菌、空肠弯曲菌、副溶血性弧菌、耶尔森菌等,被公认为是主要的食源性病原微生物。此外,一些有害微生物产生的生物性毒素,如黄曲霉素、赭曲霉素等真菌毒素和肠毒素等细菌毒素,已成为食品中有害物质污染和中毒的主要因素。

第一节 食品中的微生物及其污染来源

自然界中广泛存在着各种微生物,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,动物性食物、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。

自然界中存在的微生物,有些可以用来制造食品或制药、制酶等,为人类所利用;有些能使食品腐败变质,以至人们不能食用这些食品,造成浪费;还有的微生物能引起人体疾病,导致人们健康受损,甚至危及人的性命。因此,加强食品及其原材料中存在的微生物的检验与检测,对于保障食品卫生、食品安全以及对食品中有害微生物的来源分析与防控、有益微生物的开发和利用都具有重要意义。

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阴性菌和革兰阳性菌,其中常见的革兰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、肠杆菌属、沙门菌属、志贺菌属、变形杆菌属等。常见的革兰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、梭状芽孢菌属、微球菌属和葡萄球菌属等。

食品中常见酵母主要包括酵母菌属、毕氏酵母属、汉逊酵母属、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包括沙门菌、致病性大肠杆菌、葡萄球菌、肉毒梭菌、单核细胞增生李斯特杆菌、蜡样芽孢杆菌、志贺菌、变形杆菌、产气荚膜梭菌、空肠弯曲杆菌、阪崎肠杆菌、副溶血性弧菌、小肠结肠炎耶尔森菌、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、储藏、销售过程中被微生物及其毒素污染。研究并弄清食品微生物污染的来源与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、储藏、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、人及动物体、加工机械及设备等方面。

（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（ $\text{pH } 3.5 \sim 10.5$ ），和适宜的温度（ $10 \sim 30^\circ\text{C}$ ），而且表面土壤覆盖有保护微生物免遭太阳紫外线危害的作用，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，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%，其次是放线菌、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，在地面下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，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。

土壤中的微生物除了自身发展外,分布在空气、水、人及动植物体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能生存较长时间。

(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世界性的。

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,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和无机物种类和含量、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多。

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,可被看作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,获得营养而大量繁殖的,是造成水体污染、传播疾病的重要原因。其中数量最大的革兰阴性菌,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，会使肠道菌的数量增加，如大肠杆菌、粪链球菌、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。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、芽孢杆菌和噬纤维菌，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^2 。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、蝇及蟑螂等各种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

各种加工机械及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粘附于内外表面，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。这种机械及设备在后来的使用中会通过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°C 左右存放，由于附着在食物表面微生物的作用和食物内所含酶的作用，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，甚至完全不能食用。

从广义的角度来说，凡引起食物理化性质发生改变的现象，都被称为食物变质。导致食物变质的因素有物理因素、化学因素，也有生物因素。例如，油脂的氧化酸败，主要是理化因素引起的；有时发现米、面放久了生小虫，使之陈变不可食用，这是生物因素——昆虫为之。在大多数情况下，引起食物变质的主要因素是微生物。

一、食品腐败变质的概念

食品腐败变质是以食品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、食品本身三者互为条件、相互影响、综合作用的结果。其过程实质上是食品中蛋白质、碳水化合物、脂肪等被微生物分解代谢或自身组织酶引起的某些生化过程。

二、引起食品腐败变质的因素

引起食品腐败变质的原因主要有微生物的作用及食品本身的组成和性质。引起食品腐败的微生物有细菌、酵母菌和霉菌等, 其中以细菌引起的食品腐败变质最为显著。而食品中存活的细菌只占自然界细菌中的一部分, 这部分在食品中是常见的细菌, 在食品卫生学上被称为食品细菌。食品细菌包括致病菌、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, 也是食品腐败变质的原因。污染食品后可引起腐败变质、造成食物中毒和引起疾病的常见因素主要有以下几种。

(一) 引起食品腐败变质的微生物

1. 需氧芽孢菌

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 $28 \sim 40^{\circ}\text{C}$, 有些能在 55°C 甚至更高的温度中生长, 其中有些细菌是兼性厌氧菌, 在密封保藏的食品中, 不会因缺氧而影响生长。这类细菌都有芽孢产生, 对热的抵抗力特别强, 因此, 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

主要存在于土壤中, 也有的存在于人和动物的肠道内, 多数菌必须在厌氧环境中才能良好生长, 只有极少数菌可在有氧条件下生长。厌氧芽孢菌主要是通过被土壤或粪便污染的植物性原料(如蔬菜、谷类、水果等)污染食品。

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。

常见的厌氧芽孢菌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. 无芽孢菌

无芽孢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很难完全避免, 这些细菌包括大肠菌群、肠球菌、假单

胞菌、产碱杆菌等。

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，用绍兴酒酵母制造绍兴米酒，用毛霉、根霉和曲霉的菌种制造酒、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、储藏过程中也可能污染一些病原微生物，如大肠杆菌、沙门菌、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，只是比例上不同而已。如在一定的水分和温度下，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，如油脂以脂肪为主，蛋品类以蛋白质为主。不同微生物分解各种营养物质的能力也不同。因此只有当微生物中的酶作用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腐败变质。当然，微生物在食品中的生长繁殖还受其他因素的影响。

1. pH

食品本身的 pH 影响微生物在其中的生长和繁殖。一般食品的 pH 都在 7.0 以下，有的甚至仅为 2.0~3.0。pH 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 在 4.5 以下者为酸性食品，主要包括水果和乳酸发酵制品等。因此，从微生物生长对 pH 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生长。但是食品被微生物分解会引起食品 pH 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 下降。如以蛋白质为主，则可能产氨而使 pH 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，pH 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。食品总含有一定的水分，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，或称为水的活度。由于食品中所含物质不同，即使含有同样的水分，但水的活度也可能不一样。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中生长繁殖,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,最适宜于在含20%~30%食盐的食品中生长,菌落产生色素,如盐杆菌;②中等嗜盐细菌,最适宜在含5%~10%食盐的食品中生长,如腌肉弧菌;③低等嗜盐细菌,最适宜在含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。还有能在高渗食品中生长的酵母菌,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。

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。

1. 蛋白质

富含蛋白质的食品(如肉、鱼、蛋和豆制品等)的腐败变质,主要以蛋白质分解为其腐败变质特征。由微生物引起的蛋白质食品变质,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,如伯胺、仲胺及叔胺等具有挥发性和特异的臭味。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、氨和乙硫醇等。这些物质都是蛋白质腐败产生的主要臭味物质。

2. 脂肪

脂肪的变质主要是酸败。食品中油脂酸败的化学反应,主要是油脂的自身氧化过程,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。这就是食用油脂和高脂食品发生酸败后