

Shipin Weisheng

食品卫生微生物检验学

Weishengwu Jianyanxue

林丽萍 吴国平 主编



中国农业出版社
CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY PRESS

食品卫生微生物检验学

林丽萍 吴国平 主编

中国农业大学出版社

· 北京 ·

内容简介

本书以补充高质量的专业教材为出发点,系统阐述了食品卫生微生物检验的重要意义、基本条件与设备、检测技术及常见食源性病原细菌、病毒和寄生虫的检验依据和方法方面的内容。教材内容取材广泛、结构合理、重点突出,深刻解析了现行食品安全国家标准的食品微生物检验部分。该书可作为本科院校食品质量与安全专业及食品科学与工程专业的教材,也适用于作食品安全相关领域的生产、科研和管理工作人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

食品卫生微生物检验学 / 林丽萍, 吴国平主编. —北京: 中国农业大学出版社, 2019. 2

ISBN 978-7-5655-2184-3

I. ①食… II. ①林… ②吴… 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(2019)第 041711 号

书 名 食品卫生微生物检验学

作 者 林丽萍 吴国平 主编

策划编辑 司建新

责任编辑 田树君

封面设计 郑 川

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区学清路甲 38 号

邮政编码 100193

电 话 发行部 010-62818525, 8625

读者服务部 010-62732336

编辑部 010-62732617, 2618

出版部 010-62733440

网 址 <http://www.caupress.cn>

E-mail cbsszs@cau.edu.cn

经 销 新华书店

印 刷 涿州市星河印刷有限公司

版 次 2019 年 6 月第 1 版 2019 年 6 月第 1 次印刷

规 格 787×1 092 16 开本 17.5 印张 430 千字

定 价 46.00 元

图书如有质量问题本社发行部负责调换

编 委 会

主 编 林丽萍 吴国平

副主编 舒 梅 牛艳芳 朱龙佼

编委会 (以姓氏笔画为序)

牛艳芳 (内蒙古师范大学)

朱龙佼 (中国农业大学)

李 波 (河北出入境检验检疫局燕郊办事处)

吴国平 (江西农业大学)

林丽萍 (江西农业大学)

郜彦彦 (江西农业大学)

彭 珍 (南昌大学)

舒 梅 (江西农业大学)

前 言

食品卫生微生物检验是保障食品质量安全不可或缺的重要措施。可评判食品生产、运输、流通、销售以及消费环节是否符合卫生要求,为各项管理及部门政策制定提供科学依据。食品微生物检验除研究食品卫生微生物指标的检验方法、检验过程质量控制和制定检验标准外,还涉及各类食品中微生物种类、分布及其生物学特性,重点关注致病性、毒性、致腐性微生物,为食源性疾病的溯源、科学预防食品污染并有效控制有害微生物、防止或者减少食物中毒和人畜共患病的发生提供有力保障,为人民的身体健康保驾护航。食品卫生微生物检验对提高产品质量、避免经济损失、保障进出口食品安全等方面具有政治上和经济上的重大意义。

“食品卫生微生物检验学”是食品质量与安全专业的一门重要专业主干课,是一门涉及多学科并且实用性和应用性非常强的课程。涉及的学科包括食品化学、食品营养学、食品安全学、食品工艺学、临床医学、传染病学、免疫学、医学微生物学、兽医微生物学、食品微生物学等。涉及的检验技术不仅包括显微制片技术、消毒灭菌技术、接种培养技术、菌种保藏技术,还包括微量生化测试技术、免疫标记技术、基因检测技术等新技术。食品种类多,各地区有各地区的特色,在食品来源、加工、运输中等都可能受到各种微生物的污染;微生物的种类非常多,数量巨大。所以作为食品卫生检验初学者和工作者不仅要具备一定的实验操作技能,更要具备一定的扎实的理论素养。

针对目前适合本科院校食品与质量安全相关专业学生使用的食品微生物检验方面教材非常少,或系统性不强、深度不够等问题,为提高教学质量,便于交流,使教学和应用有据可循,编者们在多年教学工作基础上,阅览了大量文献资料,依据现行食品安全国家标准的食品微生物检验部分,以理解检验原理,掌握检验质量控制技术和各食品卫生微生物检验技术为目标,编写了本教材。第一章、第三章至第五章、第七章和第十章由林丽萍编写,其中第五章第六节和第七节由李波编写,第五章第四节和第九节由彭珍编写。第二章由郜彦彦编写,第六章由吴国平编写,第八章和第九章由牛艳芳、朱龙佼和舒梅编写。以上编者均为食品卫生

微生物检验一线教学及检验工作者,在成书之际,对各位编者的辛勤工作和无私付出表示感谢。对本书的责任编辑和江西农业大学食品质量与安全专业徐文文、颜礼孟、黄清华、陈妍妍、蒋晴、申涛、肖南海、杨璐、张天添等同学对本书所做的文本校对工作表示感谢。

由于食品卫生微生物检验技术涉及知识范围广,发展速度非常快及受编者学识所限,书中难免有疏漏甚至错误之处,希望广大学者及检验工作者提出宝贵意见,以便今后不断改进和完善,欢迎与编者取得联系。

电子邮箱:jialin1543@163.com

jdwgp@163.com

编者

2018.10

目 录

第一章 绪论	1
第一节 食品中微生物的来源	2
第二节 食品的腐败和致病菌生态	4
第三节 食源性疾病	15
第四节 食品微生物检验的重要意义	24
思考题	28
第二章 食品微生物检验的基本条件与设备	29
第一节 微生物检验室	30
第二节 无菌室	43
第三节 微生物检验室常用的仪器设备	46
思考题	46
第三章 食品微生物检验的基本理论与技术	47
第一节 一般检验技术	48
第二节 细菌生长及生理生化试验	48
第三节 食源性疾病发病机制及其影响因素	62
第四节 食品微生物检验中常用的抑菌物质	69
思考题	76
第四章 食品卫生细菌学检验技术	77
第一节 食品微生物检验的一般程序	78
第二节 食品生产环境微生物检验样品的采集与制备	85
第三节 食品卫生细菌学菌落总数检验技术	90
第四节 食品卫生大肠菌群检验技术	95
思考题	100
第五章 食品中常见细菌性病原微生物及检验	101
第一节 目的细菌的分离方法	102
第二节 食品中沙门氏菌及检验	107
第三节 食品中志贺氏菌及检验	118
第四节 食品中致泻大肠埃希氏菌及检验	125
第五节 食品中副溶血性弧菌及检验	133
第六节 食品中小肠结肠炎耶尔森氏菌及检验	139

第七节	食品中空肠弯曲菌及检验	143
第八节	食品中金黄色葡萄球菌及检验	148
第九节	食品中溶血性链球菌及检验	154
第十节	食品中肉毒梭菌、肉毒毒素及检验	158
第十一节	食品中单核细胞增生李斯特菌及检验	164
	思考题	170
第六章	食品中常见病毒性病原微生物及检验	172
第一节	轮状病毒及其检验	173
第二节	诺如病毒及其检验	179
第三节	肠道病毒 71 型及其检验	183
第四节	甲肝病毒及其检验	186
	思考题	190
第七章	食品中常见寄生虫的检验	191
第一节	食源性寄生虫感染概述	192
第二节	食源性旋毛虫及检验	196
第三节	食源性带绦虫和囊尾蚴及检验	199
第四节	食源性广州管圆线虫及检验	202
第五节	食源性中华分支睾吸虫及检验	204
第六节	食源性弓形虫及检验	206
第七节	食源性隐孢子虫及检验	209
	思考题	211
第八章	食源性病原微生物免疫检测技术	212
第一节	检测抗原的制备	213
第二节	检测抗体的制备	216
第三节	抗原和抗体反应	223
第四节	免疫标记技术及其应用	227
	思考题	233
第九章	食源性病原微生物基因检测技术	234
第一节	PCR 检测技术	235
第二节	LAMP 检测技术	246
第三节	基因芯片检测技术	252
	思考题	256
第十章	罐头食品的微生物检验	257
第一节	罐头食品的微生物污染	258
第二节	罐头食品的商业无菌及检验	260
	思考题	266
	参考文献	267



第一章

绪 论



学习目标

1. 了解食品中微生物的主要来源,加强对无菌操作概念的认识,理解从原料到加工、贮运、销售等各个环节卫生控制的必要性。
2. 了解常见食品微生物的典型特征及其卫生学意义。
3. 理解致病菌生态对微生物检验的重要意义。
4. 掌握食源性疾病的概念、分类、发病特点、诊断依据、治疗原则及控制疾病传播扩散的措施。
5. 掌握食品卫生微生物检验的概念、意义、检测范围及检验指标。

第一节 食品中微生物的来源

自然界中广泛地存在着各种微生物,地球上除了有明火的地方外,人类所能探索的范围内,如高山、陆地、江河、湖泊、深海、冰川及空气中都广泛地存在着各种微生物。从粮食生产到消费(从农场到餐桌)的任何一个环节都可能发生食品污染,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。把这种微生物进入食品的过程叫作食品的微生物污染。

自然界中存在的微生物,有些可以用来制造食品、制药或制酶等,为人类所利用;有些则能使食品腐败变质,使这些食品不能被食用,造成浪费;还有的微生物则能以食品为媒介引起疾病,致使人们健康受损,甚至危及生命。一般不同的环境所存在的微生物在类群、数目等方面不同,由此而引起食品污染的表现现象、程度及危害也有差异。因此,了解食品中微生物的来源,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。食品中微生物的来源主要有以下几个方面。

一、来自土壤中的微生物

土壤是微生物的“天然培养基”,在这里有供微生物生长繁殖的大量有机物和无机盐,还有一定量的空气、水分,土壤也具有一定的渗透压、酸碱度和较恒定的温度,这为微生物的生存、繁衍提供了充足的条件。虽然不同土壤微生物的种群和数量可能不同,但总地来说,自然界中的微生物绝大部分都在土壤中存在,土壤也是食品中微生物的主要源头。

根据对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。

土壤微生物的分布主要受到营养状况、含水量、氧气、温度和pH等因素的影响,不同土壤中微生物的种类和数量有很大差异,在地面下3~25 cm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。果园土壤中酵母菌的数量较多;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、人及动植物体中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。土壤中也存在着能够长期生活的土源性病原菌。通常无芽孢菌在土壤中生存的时间较短,而产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。霉菌及放线菌的孢子在土壤中也能生存较长时间

二、来自水体中的微生物

在各种水体,特别是污染水体中存在有大量的有机物质,适宜各种微生物的生长,因此水

体是仅次于土壤的第2种微生物天然培养基。水体中的微生物主要来源于土壤、空气、动物的排泄物、动植物尸体、工厂废水和生活污水等。江河、湖泊、池塘、溪流的水体中,微生物的种群和数量随季节和气候条件的不同有显著的变化。河水泛滥和多雨季节,陆地上的污物被冲洗到水流中,因而细菌数目会显著增加。

水体中微生物的数量和种类受各种环境条件的制约。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。由于井水、泉水经过很厚的土层过滤,含有机营养物很少,微生物的种类和数量较少。溪流中,由于营养物缺乏,微生物也不太多,常见的主要是一些革兰氏阴性无芽孢菌。海洋和咸水湖中的微生物主要是一些嗜盐类细菌。江河、湖泊、池塘中的微生物主要来自土壤和生活污水。水也是传染病的媒介。水中最常见的病原微生物主要是一些肠道致病菌,如伤寒沙门氏菌、副伤寒沙门氏菌、霍乱弧菌、痢疾杆菌等,牛瘟病毒、猪瘟病毒、口蹄疫病毒等也可能污染到水体中。

水既是许多食品的原料或配料成分,也是清洗、冷却、冰冻不可缺少的物质,设备、地面及用具的清洗也需要大量用水。生产中所使用的水如果被生活污水、医院污水或粪便污染,会造成严重的微生物污染,还可能造成其他有毒物质对食品的污染,所以水的卫生质量与食品的卫生质量有密切关系。

三、来自空气中的微生物

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阳光中的紫外线照射,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,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。由于微生物身小体轻,能随空气流动四处传播。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。食品在加工、贮运、销售等过程中,均不可避免地会与空气直接接触,都有污染各种微生物的可能性。

病原微生物在空气中一般很容易死亡,但结核杆菌、白喉杆菌、葡萄球菌、链球菌、炭疽杆菌、流行性感冒病毒、脊髓灰质炎病毒等也可在空气中存活一段时间。空气中的微生物主要是耐受性较好的霉菌、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、屠宰场及通风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 $10^6 \sim 10^8$ CFU/m³;海洋、高山、乡村、森林等空气清新地方微生物的数量较少。

四、来自人体及动物体的微生物

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、皮肤等的微生物数量级可达 $10^5 \sim 10^6$ /cm²。当人或动物被感染后,体内会存有不同数量的病原微生物,其中有些种类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、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,可能有多种病原微生物,它们接触食品同样会造成污染。

五、来自加工机械及设备的微生物

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黏附于其内外表面,食品生产结束时机械设备没有得到彻底的清洗和灭菌,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续的使用中会通过与食品接触而造成食品的微生物污染。

另外,各种包装材料如果处理不当也会带有微生物。一次性包装材料通常比循环使用的材料所带有的微生物数量要少。塑料包装材料由于带有电荷会吸附灰尘及微生物。

由此,把食品可能遭受到微生物污染的途径分为两大类,即内源性污染和外源性污染。凡是作为食品原料的动植物体在生活过程中,由于本身带有的微生物而造成食品的污染称为内源性污染,也称第一次污染。如畜禽在生活期间,其消化道、上呼吸道和体表总是存在一定类群和数量的微生物。当受到沙门氏菌、布氏杆菌、炭疽杆菌等病原微生物感染时,畜禽的某些器官和组织内就会有病原微生物的存在。外源性污染是食品在生产加工、运输、贮藏、销售、食用过程中,通过水、空气、人、动物、机械设备及用具等而使食品发生的微生物污染称外源性污染,也称第二次污染。

第二节 食品的腐败和致病菌生态

一、食品的腐败

(一)食品的腐败变质与发酵

1. 腐败变质

从广义角度来说,凡引起食品理化性质发生改变的现象,都称为食品腐败变质。狭义角度是指食品在加工、贮藏或运输过程中产生了有害人类身体健康的因素,包括蛋白质类物质的腐败和碳水化合物、脂类物质的酸败。

关于广义的腐败的概念,有两点需要指出:第一,许多发酵食品,比如酸乳,就是通过乳酸细菌这种微生物发酵而制成的,从现象上看,也是一种食品的变质过程,但从变质的性质上看,没有产生有害物质,只是由一种食品变成了另一种食品。所以,应与一般广义上的食品变质区别开来。第二,由于机械作用,使食品的性状发生了改变,它也不属于传统意义上的食品变质范畴,比如,有的食品由于受到挤压、碰撞等形状、质地等发生了变化。

2. 发酵

广义的发酵是指利用微生物或微生物的成分(如酶)等生产各种产品的有益过程。只要是利用微生物生产的产品,均属于发酵的范围,由发酵而生产的食品称为发酵食品。狭义的发酵是指微生物在无氧条件下分解碳水化合物(蔗糖、淀粉等)产生各种有机酸(乳酸、乙酸等)和乙醇等产物的过程。

腐败变质与发酵,相同点都是微生物对物质代谢的结果。区别是发酵产生对人类有益的

代谢物,并具有特殊风味;腐败变质则产生对人类无益或有害的代谢物。例如水果(尤其是有机械损伤的水果)在自然环境中存放会被杂菌污染,发生腐败变质而不能食用;而葡萄等水果在特定环境下,经微生物竞争拮抗(或接种优势发酵菌种),最终可形成果酒、果醋等风味食品。

(二)食品腐败变质的影响因素

导致食品腐败变质的因素有物理的、化学的、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,生虫陈变使之不可食用,这是生物因素——昆虫为之。

食品是否变质,要有内在因素和外在因素的共同作用。大多数食品是动植物组织及其制品,含有有机物(如糖类、蛋白质等)、水分、无机盐,活体的动植物组织还含有生物酶;多数食品是胶体,其结构易破坏和变化;有些食品中含有不饱和脂肪酸、色素、芳香物质等,很容易被氧化,这些因素都是使食品变质的内在因素。光、电、环境中的微生物是食品发生变质的外在因素。在一般情况下,内在因素很容易与外在因素产生作用,尤其是微生物,在自然界分布极其广泛,在食品加工、贮藏、运输、销售等环节中,通过水、空气、土壤、用具、器皿、动物和人而污染食品。在大多数情况下,引起食品变质的主要是生物因素——微生物。

(三)食品微生物的菌相

由于食品的理化性质、所处外界环境条件及加工处理方法等不同因素的限制,食品中所存在的微生物只是自然界中的一小部分。一般这些在食品中常见的微生物称为食品微生物,包括致病性、相对致病性和非致病性微生物。

要注意的是非致病性微生物也是评价食品卫生质量的重要指标,这类微生物往往与食品出现的特异颜色、气味、荧光、磷光及相对致病性有关。而且他们也是研究食品腐败变质原因、过程和控制方法的主要对象。

微生物菌相:将共存于食品中微生物种类及相对数量的构成称为微生物菌相,其中相对数量较大者称为优势菌。在食品正常贮存过程中,导致食品腐败而占优势生长的叫作优势腐败菌。优势菌的变化取决于以下生态条件:

1. 环境因素

环境温度、湿度的变化,氧气有无及气体组成,氧化还原电位的变化等。

2. 食品因素

化学成分(如蛋白质、淀粉、脂肪含量、铁等微量元素含量,生长因子,食品本身的特殊抑菌物质)、水分活度、酸碱度等的改变。

3. 已定居的微生物之间以及已定居微生物与环境中的其他微生物之间的拮抗、竞争、共生等相互作用

如在肉食品中,需氧菌的生长导致氧化还原电位下降,使沙门氏菌、大肠杆菌、变形杆菌等兼性厌氧菌快速生长,10℃以下时李斯特菌可能成为优势菌;在冰箱冷藏的猪肉中,碱化普罗威登氏菌可能成为优势菌。

同时也要注意的是食品中的微生物区系处于一个动态变化之中。有学者总结了肉等蛋白质含量高的食品中的细菌变化规律:水系杆菌(低温细菌)→肠杆菌科细菌→乳酸菌→普通球菌→产芽孢菌。其中水系杆菌指假单胞菌、产碱菌、黄杆菌等,普通球菌指葡萄球菌、微球菌。环境因素对微生物区系的变化有较大影响,有试验证实,5℃保存的猪肉分别以两个温度培养

后菌相不同,30℃培养时以假单胞菌为主,保存2 d后占80%以上;35℃培养时以肠杆菌科为主。以63℃,30 min 低热处理后,食品中剩余菌一般为球菌和产芽孢菌,如果以更低温度处理时,肠杆菌科细菌和乳酸菌为主要残留菌,成为主要菌相。

二、食品中的致病菌生态

(一)食品中常见的优势细菌

食品优势腐败细菌一般有假单胞菌属、黄杆菌属、微球菌属、产碱杆菌属、乳杆菌属、芽孢杆菌属、梭状芽孢杆菌属、肠球菌属、微杆菌属、变形杆菌属、大肠埃希氏菌属、莫拉氏菌属、不动杆菌属等。当然还有霉菌和酵母菌。如假单胞菌属具有很强的利用各种碳源的能力,是大多数食品的主要腐败菌。产碱菌属能利用不同的有机酸和氨基酸为碳源,并能从几种有机盐和酰胺产碱,常与高蛋白食品变质有关。棒杆菌在新鲜食物中经常出现,但不新鲜时失去踪影。

1. 假单胞菌属(*Pseudomonas*)

革兰氏阴性专性需氧菌,直或微弯的杆菌,(0.5~1.0) μm × (1.5~5.0) μm 。不产芽孢及荚膜,以单极毛或数根极毛运动,罕见不运动者。氧化酶阳性或阴性,接触酶阳性。进行严格的呼吸型代谢,以氧为最终电子受体。在某些情况下,以硝酸盐为替代的电子受体进行厌氧呼吸。

假单胞菌属广泛分布于自然界,大多数不需要有机生长因子,是大多数食品的主要腐败菌。大多数可在4℃生长,也是新鲜冷藏食品腐败的重要细菌。具有很强的利用各种碳源的能力,许多种类可产生水溶性蓝绿色素,扩散至周围环境。最适生长温度28℃或37℃。营养类型为化能异养型,有的种是兼性化能自养型。

2. 弧菌属(*Vibrio*)和黄杆菌属(*Flavobacterium*)

革兰氏阴性,前者兼性厌氧菌,后者严格好氧菌。直型或弯曲,主要来自海水或淡水,可在低温和5%食盐中生长,在鱼类等水产品中多见,后者与冷冻肉品及冷冻蔬菜的腐败有关,并以其利用植物中的糖类生产黄、红色素而著称。

弧菌属:短小,(0.5~0.8) μm × (1~5) μm ,因弯曲如弧而得名。菌体一端有鞭毛,运动活泼。无芽孢,无荚膜。需氧或兼性厌氧。分解葡萄糖,产酸不产气,不产水溶性色素。大多数还原硝酸盐。钠离子刺激生长,而且大多数生长需要2%~3%的氯化钠。氧化酶大多数阳性。该菌污染食品后可引起食用者感染性食物中毒,造成腹泻、下痢、呕吐等典型的急性肠胃炎症状。该属中重要的菌种有副溶血性弧菌、霍乱弧菌等,它们都是人和动物的病原菌。

黄杆菌属:直杆状,端圆,通常为0.5 μm × (1.0~3.0) μm ,产生典型的色素(黄色或橙色),但有些菌株不产色素。外环境分离物可在37℃生长。不运动,无滑动或泳动。接触酶、氧化酶、磷酸酶均阳性。食品主要腐败菌。在只含葡萄糖胺的培养基上不生长。以发酵方式利用葡萄糖。利用糖产酸不产气。大多数利用七叶苷。能液化明胶。广泛分布于土壤及水体中,生肉、乳类、鱼等食物中常见。

3. 盐杆菌属(*Halobacterium*)和盐球菌属(*Halococcus*)

革兰氏阴性专性需氧菌,嗜盐,生长需要浓度为12%以上的氯化钠,在20%的氯化钠中能生长。盐杆菌属为杆菌有或无动力。盐球菌属为球菌、无动力。低盐可使细菌由杆状变为球状。可在咸肉和盐渍食品上生长,引起食物变质,并可产生橙红色素,如咸鱼上的红斑。

4. 肠杆菌属(*Enterobacter*)

肠杆菌中除志贺氏菌属及沙门氏菌属外,均是常见的食品腐败菌。革兰氏阴性,无芽孢,需氧或兼性厌氧,多数与水产品、肉及蛋制品腐败有关。其中变形杆菌分解蛋白质能力非常强,是需氧腐败菌的代表;沙雷氏菌可使食物发生表面变红、变黏等改变。

5. 微球菌属(*Micrococcus*)和葡萄球菌属(*Staphylococcus*)

微球菌科的两个代表属,耐受5%~15%的盐浓度。革兰氏阳性菌,过氧化氢酶阳性,微球菌属为需氧菌,葡萄球菌属需氧或兼性厌氧。因营养要求较低而成为食品中极为常见的细菌。可分解食品中的糖类并产生色素(红色、粉色、黄色)。

6. 乳杆菌属(*Lactobacillus*)

革兰氏阳性菌,兼性厌氧,有时微好氧,有氧时生长差,降低氧压时生长较好;有的菌在刚分离时为厌氧菌。通常5% CO₂促进生长。化能异养菌,需要营养丰富的培养基;发酵分解糖代谢终产物中50%以上是乳酸。不还原硝酸盐,不液化明胶,触酶阴性,有些阳性。主要见于乳制品、肉制品、鱼制品、谷物及果蔬制品等环境中,可使其腐败变质,它们也是人和动物的正常菌群,罕见致病。

7. 芽孢杆菌属(*Bacillus*)和梭状芽孢杆菌属(*Clostridium*)

革兰氏阳性菌,芽孢杆菌需氧或兼性厌氧,梭状芽孢杆菌专性厌氧。自然界中分布广泛,是肉类食品中的常见腐败菌。

芽孢杆菌属:细胞呈直杆状,(0.5~2.5) μm×(1.2~10) μm,常以成对或链状排列,具圆端或方端。细胞染色大多数在幼龄培养时呈现革兰氏阳性,以周生鞭毛运动。芽孢椭圆、卵圆、柱状、圆形,能抗许多不良环境。每个细胞产1个芽孢,生孢不被氧所抑制。化能异养菌,具发酵或呼吸代谢类型。通常接触酶阳性。发现于不同的生境,少数种对脊椎动物和非脊椎动物致病。

梭状芽孢杆菌属:细胞杆状,(0.3~2.0) μm×(1.5~2.0) μm,常排列成对或短链,圆或渐尖的末端。通常多形态,幼龄时呈革兰氏阳性,以周生鞭毛运动。芽孢椭圆或球形,芽孢囊膨大。大多数种为化能异养菌;有的为化能自养菌。可以水解糖、蛋白质,或两者都无或两者皆有。它们通常从糖或蛋白胨产生混合的有机酸和醇类。不还原硫酸盐。接触酶通常阴性,专性厌氧,如在空气中生长也是极弱,生孢被抑制。代谢及生理类型极富多样性,最适温度10~65℃。广泛分布在环境中,多个种可产生外毒素。伤口感染或吸收毒素,对动物及人有毒性。

(二)食品中的主要致病细菌及重点检验对象

食品中常见的致病性细菌主要包括葡萄球菌、沙门氏菌、志贺氏菌、致病性大肠杆菌、链球菌、肉毒梭菌、产气荚膜梭菌、蜡样芽孢杆菌、副溶血性弧菌、空肠弯曲杆菌、单核细胞增生李斯特菌、变形杆菌、阪崎肠杆菌、小肠结肠炎耶尔森菌等。

1. 葡萄球菌

源于人和动物。重点检验乳品、熟肉、含有淀粉的干燥的高营养食品。人和动物接触处。

2. 沙门氏菌、志贺氏菌和致病性大肠杆菌

源于粪便。对于沙门氏菌,需重点检验肉、蛋、乳等相关食品。对于志贺氏菌,需重点检验生食的水和未加工蔬菜、水果表面、凉拌菜、冷食肉类等。对于致病性大肠杆菌,需重点检验肉食品、水产和凉拌菜。

3. 链球菌

源于人、动物和植物。重点检验破损鸡蛋、鲜乳、猪头肉。

4. 梭菌

源于土壤。对于肉毒梭菌,需重点检验罐头等密封的贮存食品。鱼和鱼制品需重点检验E型毒素;其他罐头重点检验A、B型毒素。产气荚膜梭菌为人体肠道分布菌,重点检验未充分热加工后长时间较高温(40℃以上)放置的肉及鱼虾类食品。

5. 蜡样芽孢杆菌

源于土壤、灰尘、水。重点检验面粉、大米等谷物及相关食品和乳品。米饭在较高温度(10℃以上)放置时蜡样芽孢杆菌迅速生长。

6. 副溶血性弧菌

源于大海,重点检验海产品和咸菜。

7. 空肠弯曲菌

源于动物和人的粪便。重点检验禽肉、熟肉、乳品。

8. 李斯特菌

源于污水、腐烂植物、人粪便、蔬菜、青饲料,广泛分布于自然界。重点检验禽肉、奶酪。

9. 阪崎肠杆菌

在自然界分布广泛,繁殖迅速。阪崎肠杆菌属条件致病菌,一般情况下,不对人体健康产生危害,但对于免疫力低下者和婴幼儿、新生儿,尤其是早产儿、低体重儿可以致病。重点检测婴幼儿配方奶粉。

10. 小肠耶尔森氏菌

源于动物粪便。重点检验冻肉、海产品、乳制品、未加工蔬菜。

(三) 食品中常见的优势真菌

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、红酵母菌属、球拟酵母属、丝孢酵母属等。

霉菌污染食品引起的危害主要有两个方面:一是霉菌引起食品变质,二是霉菌产生危害人畜健康及生命的毒素。

1. 霉菌污染引起食品变质

FAO数据显示,全球25%的农作物受到不同程度污染,约2%的农作物因霉菌毒素污染严重而失去使用价值。与食品卫生关系密切的霉菌大部分属于半知菌类的曲霉属(*Aspergillus*)、青霉属(*Penicillium*)和镰刀菌属(*Fusarium*)。此外,在食品中常见的霉菌还有毛霉属(*Mucor*)、根霉属(*Rhizopus*)、木霉属(*Trichoderma*)、交链孢霉属(*Alternaria*)和芽枝霉属(*Cladosporium*)等。

霉菌污染食品的程度以及被污染食品卫生质量的评定可从两个方面进行:

(1)霉菌的污染度,即单位重量或容积的食品或100粒粮食上霉菌菌落总数,表示食品带染霉菌情况。目前我国多个食品安全标准规定了霉菌菌落总数的限量值,见表1-1。

(2)霉菌菌相的构成,即食品中霉菌的种类和数量的相对构成。比如作物在田间生长期即带染的一些霉菌(田野霉),主要包括交链孢霉、弯孢霉、芽枝霉以及头孢霉等,对粮食并无损害,或为条件致病菌,粮食中如以这些霉菌占优势,并不表示粮食发生了霉变。粮食收割后污染的一些霉菌,如青霉、曲霉、毛霉、木霉等,其中青霉、曲霉可检出,并不表示霉变,它们在一定

条件下大量繁殖会使粮食霉变;而毛霉、根霉、木霉常在粮食霉变的后期检出,此时表示粮食已经发霉变质。

表 1-1 部分食品霉菌限量值

食品种类	霉菌限量/(CFU/g)	现行相关标准
糕点、面包	150	GB 7099—2015
夹心饼干、非夹心饼干	50	GB 7100—2015
饮料(固体饮料)	20(50)	GB 7101—2015
蜜饯	50	GB 14884—2016
蜂蜜	200	GB 14963—2011
食品工业用浓缩液(汁、浆)	100	GB 17325—2015
茶饮料	10	GB 7101—2015
果、蔬汁饮料	20	GB 7101—2015
果冻	20	GB 19299—2015
坚果与籽类食品(烘炒)	25	GB 19300—2014
发酵乳	30	GB 19302—2010
冲调谷物制品	100	GB 19640 — 2016
即食藻类干制品	300	GB 19643 — 2016
稀奶油、奶油和无水奶油	90	GB 19646—2010

2. 霉菌产生危害人畜健康及生命的毒素

目前已知的霉菌毒素有 300 多种,谷物中污染较严重,对人畜危害较严重的霉菌毒素主要包括黄曲霉毒素(Aflatoxin, AF)、赭曲霉毒素 A(Ochratoxin A, OTA)、杂色曲霉毒素(Sterigmatocystin, ST)、玉米赤霉烯酮(Zearalenone, ZEN)、脱氧雪腐镰刀菌烯醇(Deoxynivalenol, DON)、T-2(Trichothecenes)毒素等。毒性作用表现为:肝脏毒、肾脏毒、神经毒、光致敏性皮炎毒、造血组织毒等,部分霉菌毒素已证明具有致突变性及致癌性。

3. 霉菌产毒的特点

霉菌产毒仅限于少数产毒霉菌的部分菌株,霉菌产毒取决于菌株本身的生物学特性,外界条件的不同,或二者兼有。

(1)霉菌中仅少数菌种能够产毒,少数产毒霉菌只有一部分菌株可以产毒。目前已发现的霉菌毒素约 300 种,其中少部分在自然条件下可引起动物及人中毒。

(2)同一产毒菌株的产毒能力有可变性和易变性,如产毒菌株经过累代培养可完全失去产毒能力,而非产毒菌株在一定条件下可出现产毒能力。

(3)产毒菌种所产生的霉菌毒素不具有严格的专一性,即一种菌种或菌株可以产生几种不同的毒素,而同一霉菌毒素也可由几种霉菌产生。如杂色曲霉毒素可由杂色曲霉属、黄曲霉和构巢曲霉产生;而岛青霉可产生岛青霉素、黄天精、红天精等几种毒素。

(4)产毒霉菌产生毒素需要一定条件。主要受基质(食品类型)、水分、湿度、温度及空气流通等情况影响。