



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材



教育部普通高等教育精品教材



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 食品保藏原理与技术

## 第二版

曾名湧 主编



化学工业出版社



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材



教育部普通高等教育精品教材



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 食品保藏原理与技术

第二版

曾名湧 主编



化学工业出版社

·北京·

本书为“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材，是“食品保藏原理与技术”国家级精品课程配套教材。本教材在编制过程中强调了食品保藏的共性问题，第一章至第三章介绍了引起食品变质腐败的主要因素、食品保藏的基本原理及食品在保藏过程中的品质变化；第四章至第十章介绍了食品的各类保藏技术，如食品低温保藏技术、食品罐藏技术、食品干制保藏技术、食品辐照保藏技术、食品化学保藏技术、食品腌制与烟熏保藏技术，同时也介绍了一些新技术在食品保藏中的应用，如超高压杀菌技术、脉冲电场杀菌技术、高密度二氧化碳杀菌技术、玻璃化保藏技术及生物保藏技术等。

本教材前沿性、实践性和适用性强，既可作为高等院校食品科学与工程专业，食品质量与安全专业等本科学生的教材，也可作为从事果蔬、畜产、水产、粮油、食品物流等生产、管理和科研人员的参考书籍。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

食品保藏原理与技术/曾名湧主编. —2 版. —北京: 化学工业出版社, 2014. 7

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材  
ISBN 978-7-122-20654-1

I. ①食… II. ①曾… III. ①食品保鲜-高等学校-教材②食品贮藏-高等学校-教材 IV. ①TS205

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 096919 号

---

责任编辑: 赵玉清  
责任校对: 吴 静

文字编辑: 周 侗  
装帧设计: 尹琳琳

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 19½ 字数 478 千字 2014 年 8 月北京第 2 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 35.00 元

版权所有 违者必究

## 《食品保藏原理与技术》编写人员

主	编	曾名湧 (中国海洋大学)
副	主 编	王维民 (广东海洋大学)
		刘尊英 (中国海洋大学)
		董士远 (中国海洋大学)
其他参编人员		王向阳 (浙江工商大学)
		王兆升 (山东农业大学)
		毛学英 (中国农业大学)
		李 斌 (沈阳农业大学)
		陈海华 (青岛农业大学)
		林 琳 (合肥工业大学)
		金银哲 (上海海洋大学)
		寇晓红 (天津大学)
		康明丽 (河北科技大学)
		曾凡坤 (西南大学)

# 前 言

“食品保藏原理与技术”是食品科学与工程专业的骨干课程之一，食品保藏技术的科技进步与发展是食品工业发展的重要保障。因此，高等院校食品科学与工程、食品质量与安全等专业的学生、科研院所设计人员、企业技术人员、商业检验部门质检人员、食品物流管理人员等有必要了解和掌握食品变质腐败的主要因素、控制方法、食品保藏技术装备和具体应用，为解决实际的食品腐败问题获得必需的知识和技能。

本书是在曾名湧主编的“十一五”规划教材《食品保藏原理与技术》的基础上修订编写而成的，在内容上增添了各保鲜技术的最新研究进展。在内容体系上，前半部分为食品保藏的基本原理，后半部分为食品保藏技术，特点鲜明，易于掌握。

本书重视理论与实践的结合，汇集了中国海洋大学、中国农业大学、天津大学、西南大学、上海海洋大学、广东海洋大学、合肥工业大学、浙江工商大学、沈阳农业大学、山东农业大学、河北科技大学、青岛农业大学十二所高校一线教师的科研与教学经验，从教学、科研和生产实践角度出发，对食品保藏的基本原理及各类食品保藏技术进行了系统地介绍。在内容体系上，本书共十章，前半部分为食品保藏的基本原理，后半部分为食品保藏技术，特点鲜明，易于掌握。编者希望通过本教材的出版，能对广大读者在食品技术创新、食品物流配送及食品保藏生产实践方面起到一定的指导作用。

本书绪论、第一章、第二章、第三章由曾名湧编写，第四章、第六章由王维民、刘尊英共同编写，第五章由曾名湧、刘尊英共同编写，第七、八、九章由董士远编写，第十章由曾名湧与董士远共同编写。参加编写与修订的人员还有王向阳（第八章），王兆升（第九章），毛学英（第一章），李斌（第六章），陈海华（第四章、第六章），林琳（第七章），金银哲（第六章），寇晓红（第二章、第十章），康明丽（第四章、第十章），曾凡坤（第五章）。全书由曾名湧主编与统稿。

本书的编写得到教育部高等学校食品科学与工程专业教学指导分委会、化学工业出版社和中国海洋大学食品科学与工程学院全体教师和同学的大力支持和帮助，在此一并对他们表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，本书所涉及的领域又十分广阔，因此，欠妥甚至错误之处难免，恳请读者提出宝贵的批评和建议！

编 者  
2014年3月

# 目 录

绪论 .....	1
一、食品保藏的内容和任务 .....	1
二、食品保藏的方法 .....	1
三、食品保藏的历史、现状和发展 .....	2
<b>第一章 引起食品变质腐败的主要因素及其作用 .....</b>	<b>4</b>
第一节 生物学因素 .....	4
一、微生物 .....	4
二、害虫和鼠类 .....	10
第二节 化学因素 .....	11
一、酶的作用 .....	11
二、非酶褐变 .....	12
三、氧化作用 .....	13
第三节 物理因素 .....	13
一、温度 .....	13
二、水分 .....	14
三、光 .....	15
四、氧 .....	15
五、其他因素 .....	15
参考文献 .....	15
<b>第二章 食品变质腐败的抑制 .....</b>	<b>17</b>
第一节 温度对食品变质腐败的抑制作用 .....	17
一、温度与微生物的关系 .....	17
二、温度与酶的关系 .....	25
三、温度与其他变质因素的关系 .....	27
第二节 水分活度对食品变质腐败的抑制作用 .....	27
一、有关水分活度的基本概念 .....	27
二、水分活度与微生物的关系 .....	29
三、水分活度与酶的关系 .....	30
四、水分活度与其他变质因素的关系 .....	31
第三节 pH 对食品变质腐败的抑制作用 .....	32
一、pH 与微生物的关系 .....	32
二、pH 与酶的关系 .....	32
三、pH 与其他变质因素的关系 .....	33
第四节 电离辐射对食品变质腐败的抑制作用 .....	33

一、有关辐射的基本概念 .....	33
二、电离辐射与微生物的关系 .....	34
三、电离辐射与酶的关系 .....	35
四、电离辐射与其他变质因素的关系 .....	36
第五节 其他因素对食品变质腐败的抑制作用 .....	37
一、超高压 .....	37
二、渗透压 .....	37
三、烟熏 .....	38
四、气体成分 .....	38
五、发酵 .....	38
六、包装 .....	39
七、栅栏技术 .....	42
参考文献 .....	43
<b>第三章 食品保藏过程中的品质变化 .....</b>	<b>46</b>
第一节 食品在低温保藏中的品质变化 .....	46
一、水分蒸发 .....	46
二、汁液流失 .....	48
三、冷害 .....	50
四、寒冷收缩 .....	53
五、蛋白质冻结变性 .....	54
六、脂肪的酸败 .....	56
七、蛋黄的凝胶化 .....	57
八、冰晶生长和重结晶 .....	58
九、冷冻食品的变色 .....	58
十、冷冻食品营养价值的变化 .....	61
第二节 食品在罐藏中的品质变化 .....	63
一、罐内食品变质 .....	63
二、罐头容器的变质 .....	74
第三节 食品在干制保藏中的品质变化 .....	77
一、干缩 .....	77
二、表面硬化 .....	78
三、溶质迁移现象 .....	78
四、蛋白质脱水变性 .....	78
五、脂质氧化 .....	79
六、褐变 .....	80
七、干制食品营养价值变化 .....	80
参考文献 .....	82
<b>第四章 食品低温保藏技术 .....</b>	<b>85</b>
第一节 食品冷却保藏技术 .....	85
一、原料及其处理 .....	86
二、食品冷却 .....	86

三、食品冷藏 .....	90
第二节 食品冻结保藏技术 .....	95
一、食品的冻结 .....	95
二、食品的冻结保藏 .....	105
第三节 食品解冻技术 .....	109
一、有关解冻的基本概念 .....	109
二、解冻方法 .....	111
三、食品在解冻过程中的质量变化 .....	115
第四节 食品冷链流通 .....	117
一、国内外食品冷链发展状况 .....	117
二、食品冷链的组成 .....	118
三、食品冷链设备 .....	119
四、中国食品冷链发展趋势 .....	128
参考文献 .....	129
<b>第五章 食品罐藏技术 .....</b>	<b>130</b>
第一节 罐藏容器 .....	131
一、金属罐 .....	131
二、玻璃罐 .....	134
三、软罐容器 .....	135
第二节 食品罐藏的基本工艺过程 .....	136
一、罐藏原料的预处理 .....	136
二、食品装罐 .....	137
三、罐头排气 .....	137
四、罐头密封 .....	141
五、罐头杀菌和冷却 .....	142
六、罐头检验、包装和贮藏 .....	152
参考文献 .....	153
<b>第六章 食品干制保藏技术 .....</b>	<b>154</b>
第一节 食品干燥过程中的湿热传递 .....	154
一、湿物料的热物理特性 .....	154
二、湿物料在干燥过程中的湿热传递 .....	156
三、干燥时间计算 .....	160
第二节 食品干燥方法与设备 .....	162
一、对流干燥 .....	162
二、接触干燥 .....	171
三、辐射干燥 .....	173
四、冷冻干燥 .....	175
五、RW 干燥技术 .....	181
第三节 干制品包装与贮藏 .....	182
一、干制品包装 .....	182
二、干制品贮藏 .....	186



三、干制品的干燥比和复水性 .....	187
参考文献 .....	188
<b>第七章 食品辐照保藏技术 .....</b>	<b>190</b>
第一节 概述 .....	190
一、辐照保藏的特点 .....	190
二、国内外食品辐照技术的应用概况 .....	190
三、辐照量及单位 .....	193
第二节 辐照对食品成分的影响 .....	193
一、水 .....	193
二、氨基酸、蛋白质 .....	194
三、糖类 .....	195
四、脂类 .....	196
五、维生素 .....	196
第三节 辐照技术在食品保藏中的应用 .....	198
一、辐射源 .....	198
二、在食品保藏中的应用 .....	199
三、辐照食品的安全性 .....	201
四、辐照食品标识的规定 .....	202
五、辐照食品检测方法和检测标准 .....	202
六、辐照食品发展前景 .....	203
参考文献 .....	203
<b>第八章 食品化学保藏技术 .....</b>	<b>205</b>
第一节 食品防腐剂 .....	205
一、影响防腐剂防腐效果的因素 .....	205
二、常用化学防腐剂 .....	206
第二节 食品抗氧化剂 .....	210
一、抗氧化剂的作用原理 .....	210
二、常见的抗氧化剂 .....	211
第三节 食品保鲜剂 .....	213
一、防腐保鲜剂 .....	213
二、乙烯脱除剂 .....	214
三、脱氧剂 .....	214
参考文献 .....	216
<b>第九章 食品腌制与烟熏保藏技术 .....</b>	<b>217</b>
第一节 食品腌制的基本原理 .....	218
一、溶液的扩散和渗透 .....	218
二、腌制剂的防腐作用 .....	220
三、腌制过程中微生物的发酵作用 .....	221
四、腌制过程中酶的作用 .....	222
第二节 食品腌制材料及其作用 .....	222
一、咸味料 .....	222

二、甜味料 .....	223
三、酸味料 .....	223
四、肉类发色剂 .....	223
五、肉类发色助剂 .....	224
六、品质改良剂 .....	224
七、防腐剂 .....	225
八、抗氧化剂 .....	226
第三节 食品常用腌制方法 .....	226
一、食品盐腌方法 .....	226
二、食品糖渍方法 .....	228
三、食品酸渍方法 .....	230
四、腌制过程中有关因素的控制 .....	230
第四节 腌制品的食用品质 .....	231
一、腌制品色泽的形成 .....	231
二、腌制品风味的形成 .....	233
第五节 食品烟熏保藏技术 .....	234
一、烟熏的目的 .....	234
二、熏烟的主要成分及其作用 .....	235
三、熏烟的产生 .....	237
四、熏烟在制品上的沉积 .....	238
五、烟熏方法 .....	238
六、烟熏设备 .....	239
参考文献 .....	240
<b>第十章 食品保藏中的高新技术 .....</b>	<b>241</b>
第一节 超高压杀菌技术 .....	241
一、超高压杀菌的基本原理 .....	241
二、超高压杀菌技术在食品保藏中的应用 .....	247
三、超高压处理设备 .....	249
第二节 脉冲电场杀菌技术 .....	250
一、脉冲电场杀菌的基本原理 .....	250
二、影响脉冲电场杀灭微生物的因素 .....	252
三、脉冲电场杀菌技术在食品保藏中的应用 .....	253
四、脉冲电场杀菌处理设备 .....	254
第三节 脉冲磁场杀菌技术 .....	256
一、脉冲磁场杀菌装置 .....	257
二、脉冲磁场杀菌原理 .....	258
三、影响脉冲磁场杀菌效果的因素 .....	259
四、脉冲磁场杀菌技术在食品保藏中的应用 .....	260
第四节 高密度二氧化碳杀菌技术 .....	261
一、高密度二氧化碳杀菌技术的基本原理 .....	261
二、影响高密度二氧化碳杀灭微生物的因素 .....	262

三、高密度二氧化碳杀菌设备 .....	263
四、高密度二氧化碳杀菌技术在食品保藏中的应用 .....	264
第五节 食品玻璃化保藏技术 .....	266
一、玻璃化的基本概念 .....	266
二、玻璃化转变温度 $T_g$ 的确定 .....	269
三、玻璃化转变过程中的物理现象 .....	270
四、玻璃化转变过程中的化学变化 .....	271
五、玻璃化保藏技术在食品保藏中的应用 .....	272
第六节 食品生物保藏技术 .....	274
一、概述 .....	274
二、涂膜保鲜技术 .....	275
三、生物保鲜剂保鲜技术 .....	279
四、抗冻蛋白保鲜技术 .....	287
五、冰核细菌保鲜技术 .....	294
参考文献 .....	296

# 绪 论

**[教学目标]** 本章使学生了解食品保藏的主要内容和任务，了解食品保藏的历史、现状和发展，熟悉食品保藏的方法，掌握食品保藏的基本概念。

## 一、食品保藏的内容和任务

食品保藏原理与技术也叫食品保藏学，是一门研究食品变质腐败原因及其控制方法，解释各种食品腐败变质现象的机理并提出合理的、科学的防止措施，阐明食品保藏的基本原理和基本技术，从而为食品的保藏加工提供理论和技术基础的学科。

食品保藏从狭义上讲，是为了防止食品腐败变质而采取的技术手段，因而是与食品加工相对应而存在的。但从广义上讲，保藏与加工是互相包容的。这是因为食品加工的重要目的之一是保藏食品，而为了达到保藏食品的目的，必须采用合理的、科学的加工工艺和加工方法。

食品保藏原理与技术的主要内容和任务可归纳为以下几个方面。

① 研究食品保藏原理，探索食品生产、贮藏、运输和分配过程中腐败变质的原因和控制方法。

② 研究食品在保藏过程中的物理特性、化学特性及生物学特性的变化规律，以及这些变化对食品质量和食品保藏的影响。

③ 解释各种食品变质腐败的机理及控制食品变质腐败应采取的技术措施。

④ 通过物理的、化学的、生物的或兼而有之的综合措施来控制食品质量变化，最大限度地保持食品质量。

⑤ 食品保藏的种类、设备及关键技术。

食品保藏原理与技术是以食品工程原理、食品微生物学、食品化学、食品原料学、食品营养与卫生、动植物生理生化、食品法规和条例等为基础的一门应用科学，涉及的知识面广泛而复杂。食品原料的种类很多，在任何一本教材里，都不可能穷尽所有食品的保藏特点及技术。本教材重在讲述食品保藏的基本原理和技术的共性部分，列举了主要食品原料在保藏中常见的主要问题，避免了各类食品原料保藏技术的重复罗列。

## 二、食品保藏的方法

食品保藏的方法很多，依据保藏的原理可分为四种类型。

### (一) 维持食品最低生命活动的保藏法

此法主要用于新鲜水果、蔬菜等食品的保藏。通过控制水果、蔬菜保藏环境的温度、相对湿度及气体组成等，就可以使水果、蔬菜的新陈代谢活动维持在最低的水平上，从而延长它们的保藏期。这类方法包括冷藏法、气调法等。

### (二) 通过抑制变质因素的活动来达到保藏目的的方法

微生物及酶等主要变质因素在某些物理的、化学的因素作用下，将会受到不同程度的抑制作用，从而使食品品质在一段时间内得以保持。但是，解除这些因素的作用后，微生物和酶即会恢复活动，导致食品腐败变质。属于这类保藏方法的有：冷冻保藏、干藏、腌制、熏制、化学品保藏及改性气体包装保藏等。

### (三) 通过发酵来保藏食品

这是一类通过培养有益微生物进行发酵，利用发酵产物——酸和乙醇等来抑制腐败微生物的生长繁殖，从而保持食品品质的方法，如食品发酵。

### (四) 利用无菌原理来保藏食品

即利用热处理、微波、辐射、脉冲等方法，将食品中的腐败微生物数量减少到无害的程度或全部杀灭，并长期维持这种状况，从而长期保藏食品的方法。罐藏、辐射保藏及无菌包装技术等均属于此类方法。

## 三、食品保藏的历史、现状和发展

食品保藏是一种古老的技术。据确切的记载，公元前3000年到前1200年之间，犹太人经常用从死海取来的盐保藏各种食物。中国人和希腊人也在同时代学会了盐腌鱼技术。这些事实可以看成是腌制保藏技术的开端。大约公元前1000年时，古罗马人学会了用天然冰雪来保藏龙虾等食物，同时还出现了烟熏保藏肉类的技术。这说明低温保藏和烟熏保藏技术已具雏形。《圣经》中记载了人们利用日光将枣子、无花果、杏及葡萄等晒成干果进行保藏的事情，我国古书中也常出现“焙”字，这些情况表明干藏技术已开始进入人们的日常生活。《北山酒经》中记载了瓶装酒加药密封煮沸后保存的方法，似乎可以看做是罐藏技术的萌芽。

1809年，法国人Nicolas Appert将食品放入玻璃瓶中加木塞密封并杀菌后，制造出真正的罐藏食品，成为现代食品保藏技术的开端。从此，各种现代食品保藏技术不断问世。1883年前后出现了食品冷冻技术，1908年出现了化学品保藏技术，1918年出现了气调冷藏技术，1943年出现了食品辐射保藏技术等。现代食品保藏技术与古代食品保藏技术的本质区别在于，现代食品保藏技术是在阐明各种保藏技术所依据的基本原理的基础上，采用人工可控制的技术手段来进行的，因而可以不受时间、气候、地域等因素的限制，大规模、高质量、高效率地实施。

食品保藏技术的发展是不平衡的。它表现在不同食品保藏技术之间的发展不平衡及同种保藏技术中不同技术手段之间的发展不平衡。比如罐藏技术在相当长的一段时间内曾占据着食品保藏技术的主导地位，但是，随着人们生活水平的逐渐提高，食品保鲜保活技术的开发和广泛应用，罐头食品在色、香、味等方面的缺陷以及相对较高的成本，使罐头工业的发展陷入困境。与此相反，食品低温保藏技术由于能较好地保存食品的色、香、味及营养价值，并能提供丰富多彩的冷冻食品而逐渐占据了食品工业的主导地位，其中，速冻食品特别是速冻调理食品的发展速度尤其令人瞩目，2012年，我国仅速冻米面食品产量即达410余万吨，是食品产业中发展最快的行业之一。目前，全世界速冻食品正以年平均20%的增长速度持续发展，年总产量已达到6000万吨，品种达3500种。预计未来的十年内，速冻食品的销售量将占全部食品销售量的60%以上。另外，在同种保藏方法的不同技术手段之间存在明显的发展不平衡状况，比如罐藏法中金属罐、玻璃

罐藏技术发展缓慢，而塑料罐、软罐头及无菌罐装技术等发展潜力巨大。又如干藏法中普通热风干燥技术的发展处于相对停滞状态，而喷雾干燥及冻干技术的发展却非常迅速。总之，只有那些能适应现代化生产需要，能为人类提供高质量食品，并且具有合理生产成本的食品保藏技术才能获得较快发展。

食品保藏作为一种有效利用食品资源、减少食品损耗的重要手段，对于缓解当今因人口迅速膨胀而导致食物资源相对短缺的状况，具有不可替代的作用。开发更为有效、更为先进的食品保藏技术是从事食品研究与开发的所有人员义不容辞的义务与责任。

# 第一章 引起食品变质腐败的主要因素及其作用

**[教学目标]** 本章使学生了解蔬菜、水果、肉、蛋、乳、鱼、贝类等原料以及冷冻、罐藏、干制食品中的微生物及其引起的腐败，掌握引起食品变质腐败的生物学因素、化学因素和物理因素及其特性。

民以食为天，食品是人类生存的物质基础，它提供给人类所需要的各种营养和能量。人们每天必须摄入一定数量的食品用以维持生命和身体健康。但是，食品易受到外来的和内在的因素作用而发生变质腐败，造成其原有化学或物理性质发生变化，降低或失去其营养价值和商品价值，如鱼肉腐败、油脂酸败、果蔬腐烂和粮食霉变等。食品的腐败变质不仅降低了食品的营养价值和卫生质量，而且还可能危害人体的健康。引起食品变质腐败的因素按其属性可划分为生物学因素、化学因素和物理因素，每类因素中又包含诸多不同的引发食品变质腐败的因子。

## 第一节 生物学因素

### 一、微生物

自然界中微生物分布极为广泛，几乎无处不在，而且生命力强，生长繁殖速度快。食品中的水分和营养物质是微生物生长繁殖的良好基质，如果保藏不当，易被微生物污染，导致食品变质腐败。引起食品变质腐败的微生物种类很多，主要有细菌、酵母菌和霉菌三大类。一般情况下细菌常比酵母菌占优势。通常把引起食品腐败的微生物称做腐败微生物。腐败微生物的种类及其引起的腐败现象，主要取决于食品的种类及加工方法等因素，分述如下。

#### 1. 微生物与蔬菜腐败

大多数新鲜蔬菜的水分含量在90%以上，且pH处于5.0~7.0之间，决定了蔬菜中能进行生长繁殖的微生物类群以细菌和霉菌为主。蔬菜中常见的细菌有欧文菌属、假单胞菌属、黄单胞菌属、棒状杆菌属、芽孢杆菌属、梭状芽孢杆菌属等，以欧文菌属、假单胞菌属最重要。由欧氏杆菌和假单胞菌等细菌引起的蔬菜腐败中最常见的是软腐病，它们破坏蔬菜的果胶质，使其变得软烂，有时还会产生使人不愉快的气味及水浸状外观。由霉菌引起的蔬菜腐败现象也普遍存在，主要是由灰绿葡萄孢霉引起的灰霉病、白地霉引起的酸腐病、葡枝根霉等引起的根腐病等，见表1-1。

#### 2. 微生物与水果腐败

水果的pH值低于4.5，低于大多细菌生长的pH值范围。因此，由细菌引起的水果腐败现象并不常见。水果的腐败主要是由酵母菌和霉菌引起的，特别是霉菌。酵母能使水果中

的糖类酵解产生乙醇和 CO<sub>2</sub>。而霉菌能以水果中的简单化合物作为能源，破坏水果中的结构多糖和果皮等部分。水果中常见的腐败微生物有酵母属、青霉属、交链孢霉属、根霉属、葡萄孢霉及镰刀霉属等，见表 1-2。

表 1-1 蔬菜中常见的腐败菌及腐败特征（曾名湧，2000）

腐败菌类型	腐败特征	蔬菜种类
欧氏杆菌	软腐病，病部呈水浸状病斑，微黄色，后扩大呈黄褐色而腐烂，呈黏滑软腐状，并发出恶臭味	十字花科蔬菜(大白菜、青菜、甘蓝、萝卜、花椰菜)、番茄、黄瓜、莴苣等
鞭毛菌亚门霜霉属真菌	霜霉病，初期为淡绿色病斑，后逐渐扩大，转为黄褐色，呈多角形或不规则形，病斑上有白色霉层	十字花科蔬菜
半知菌亚门葡萄孢属真菌	灰霉病，病部灰白色，水浸状，软化腐烂，常在病部产生黑色菌核	番茄、茄子、辣椒、白菜、蚕豆、黄瓜、莴苣、胡萝卜等
半知菌亚门链格孢属真菌	早疫病，又称轮纹病，病斑黑褐色，稍凹陷，有同心轮纹	番茄、马铃薯、茄子、辣椒
鞭毛菌亚门疫霉属真菌	疫病，初为暗绿色小斑块，水浸状，后形成黑褐色明显微缩的病斑，病部可见白色稀疏霉层	辣椒、黄瓜、冬瓜、南瓜、丝瓜等
半知菌亚门地霉属真菌	酸腐病，病斑暗淡，油污水浸状，表面变白，组织变软，发出特有的酸臭味	番茄
半知菌亚门刺盘孢属真菌	炭疽病，病斑凹陷，深褐色或黑色，潮湿环境下，病斑上产生粉红色黏状物	瓜类、菜豆、辣椒

表 1-2 水果中常见的腐败菌及腐败特征（曾名湧，2000）

腐败菌类型	腐败特征	水果种类
半知菌亚门炭疽属真菌	炭疽病，初期病斑为浅褐色圆形小斑点，后逐渐扩大，变黑，凹陷，果软烂，高湿条件下，病斑上产生粉红色黏状物	苹果、梨、柑橘、葡萄、香蕉、芒果、番木瓜、番石榴等
半知菌亚门小穴壳属真菌	轮纹病，初期出现以皮孔为中心的褐色水浸状圆斑，斑点不断扩大，呈深浅相间的褐色同心轮纹，病斑不凹陷，烂果呈酸臭味	苹果、梨等
半知菌亚门青霉属真菌	青霉病/绿霉病，初期果实局部表面出现浅褐色病斑，稍凹陷，病部表面产生霉状块，初为白色，后为青绿色粉状物覆盖其上	苹果、梨、柑橘等
担子菌亚门胶锈菌属	锈病，初期为橙黄色小点，后期病斑变厚，背面呈淡黄色疱状隆起，散出黄褐色粉末(锈孢子)，最后病斑变黑、干枯	苹果、梨
半知菌亚门葡萄孢属真菌	灰霉病，病果先出现褐色病斑，迅速扩展使之腐烂，病果上产生灰色霉层	葡萄、草莓等
子囊菌亚门链核盘菌属真菌	褐腐病，果面出现褐色圆斑，果肉变褐、变软，腐烂，病斑表面产生褐色绒状霉层	桃
接合菌亚门根霉属真菌	软腐病，初期出现褐色水浸状病斑，组织软烂，并长出灰色绵霉状物，上长黑色小点	草莓
半知菌亚门地霉属真菌	酸腐病，病部初期出现水浸状小斑点，后扩大，稍凹陷，白色霉层，皱褶状轮纹，发出酸臭味	柑橘、荔枝
半知菌亚门刺盘孢属真菌	霜疫病，初期出现褐色斑点，白色霉层，后全果变褐，腐烂呈肉浆状，有强烈酒味及酸臭味	荔枝

为使水果在贮藏过程中免受霉菌的污染，水果应在其合适的成熟季节收获并避免果实损伤。采摘用具必须卫生，霉变的果实应销毁。低温和高 CO<sub>2</sub> 在水果贮运过程中有助于防止水果霉变。但对各种水果要区别对待，因为有些水果种类对低温和高 CO<sub>2</sub> 较敏感。此外，利用微生物之间的寄生、拮抗作用，可以防治新鲜果品在收获后由霉菌引起的腐烂。研究表明，假丝酵母对多种引起果蔬腐败的霉菌有明显拮抗作用。罐装水果由于受到热处理杀菌，大部分霉菌繁殖体被杀死，但某些霉菌的囊孢子因耐热性强而能存活。引起罐装水果腐败的



主要有青霉属。

### 3. 微生物与肉类腐败

引起肉类腐败的微生物种类繁多，常见的有腐败微生物和病原微生物。腐败微生物包括细菌、酵母菌和霉菌。细菌主要是需氧的革兰氏阳性菌，如枯草芽孢杆菌和巨大芽孢杆菌等，需氧的革兰氏阴性菌有假单胞菌属、无色杆菌属、黄色杆菌属、产碱杆菌属、埃希氏杆菌属、变形杆菌属等，此外还有腐败梭菌、溶组织梭菌和产气荚膜梭菌等厌氧梭状芽孢杆菌。酵母菌和霉菌主要包括假丝酵母菌属、丝孢酵母属、交链孢霉属、曲霉属、芽枝霉属、毛霉属、根霉属和青霉属。病原微生物主要有沙门氏菌、金黄色葡萄球菌和布氏杆菌等，它们对肉的主要影响并不在于使之腐败变质，而是传播疾病，造成食物中毒。

在冷却肉中经常发现的腐败性嗜冷菌有假单胞菌、莫拉氏菌属、乳酸杆菌、黄杆菌、产碱杆菌和肠杆菌科的一些菌属。冷却肉中常发现的致病菌有小肠结肠炎耶尔森氏菌、肉毒梭状芽孢杆菌、产气荚膜梭状芽孢杆菌、沙门氏菌、金黄色葡萄球菌、弯曲杆菌属等。其中假单胞菌属的作用最大，假单胞菌属的荧光假单胞菌、莓实假单胞菌、隆德假单胞菌是最重要的肉品腐败菌种。采用真空包装的肉类中，包装时肉表面污染的细菌大多数为革兰氏阳性嗜温菌，1%~10%的微生物为耐冷性革兰氏阴性菌，主要为假单胞菌、不动杆菌及肠杆菌。引起熟肉变质的微生物主要是真菌，如根霉、青霉及酵母菌等，它们的孢子广泛分布于加工厂的环境中，很容易污染熟肉表面并导致变质。而腌肉在腌制过程中，来源于畜体皮肤的微球菌通常是优势菌，能在腌制环境中增殖，多数菌株能分解蛋白质和脂肪，弧菌是腌腊肉制品的重要变质菌，该菌在胴体肉上很少发现，但在腌腊肉上很易见到。微生物引起的肉类腐败现象主要有发黏、变色、长霉及产生异味等，分述如下。

① 发黏是由微生物在肉表面大量繁殖后形成菌落，并分解肌肉蛋白所产生的，引发发黏的菌属以假单胞菌、产碱杆菌、微球菌和链球菌为主。发黏的肉块切开时会出现拉丝现象，并有臭味产生。此时含菌数一般为  $10^7$  cfu/cm<sup>2</sup>。

② 肉类的变色现象有多种，如绿变、红变等，但以绿变为常见。绿变有两种，一种是由 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 引起的绿变，另一种是由 H<sub>2</sub>S 引起的绿变。前者主要见于牛肉香肠及其他腌制和真空包装的肉类制品中。当它们与空气接触后，即会形成 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>，并与亚硝基色素反应产生绿色的氧化卟啉。引起这种绿变的最常见细菌是乳杆菌、明串珠菌及肠球菌属等。后一种绿变见于新鲜肉中，是由 H<sub>2</sub>S 与肌红蛋白反应形成硫肌红蛋白所致。引起该类绿变的细菌主要是臭味假单胞菌及腐败希瓦菌，而清酒乳芽孢杆菌属中的某些菌种在缺氧及有可利用糖类的情形下也能产生 H<sub>2</sub>S，引起肉类的绿变。此类绿变在 pH 低于 6.0 时将不发生。能使肉类产生变色的微生物还有产生红色的黏质沙雷氏杆菌，产生蓝色的深蓝色假单胞菌及产生白色、粉红色和灰色斑点的酵母等。

③ 长霉也是鲜肉及冷藏肉中常见的变质现象，例如白分枝孢霉和白地霉可产生白色霉斑，腊叶枝霉产生黑色斑点，草酸青霉产生绿色霉斑等。

④ 微生物在引起肉类的变质时，通常都伴随着各种异味的产生，如酸败味，因乳酸菌和酵母的作用而产生的酸味以及因蛋白质分解而产生的恶臭味等。

### 4. 微生物与禽类腐败

禽类皮肤和肌肉含有大量的营养物质，有利于细菌的生长繁殖。新鲜禽类中存在的微生物种类超过 25 种，但占优势的主要是假单胞菌属、不动菌属、黄色杆菌属及棒状杆菌属等。在冷藏条件下，大部分微生物特别是致病菌和嗜温菌的生长受到抑制，但并不能完全抑制嗜