



制冷与空调技术专业教学资源库建设项目系列教材

食品冷藏与 冷链技术

◎ 主编 鲍琳 周丹



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

制冷与空调技术专业教学资源库建设项目系列教材

食品冷藏与冷链技术

主 编 鲍 琳 周 丹
参 编 孙于庆 刘群生
主 审 隋继学

贵州师范学院内部使用

机械工业出版社

本书是基于国家级教学资源库项目——制冷与空调技术专业教学资源库开发的纸数一体化教材。该项目集合了国内 20 余家院校和几十家制冷企业，旨在为国内制冷与冷藏技术专业教育建设优质的教学资源。

本书针对制冷空调类、食品类专业高等教育的特点，以培养学生使用制冷设备的能力、应用食品冷藏和冷加工技术的能力为目的，将制冷设备的使用方法与食品低温贮藏原理、食品冷藏及冷加工技术、农产品冷藏及冷加工技术、水产品冷藏及冷加工技术、食品冷链的经典内容及最新成果优化组合。本书共分 9 个模块，内容包括食品冷藏基础知识、食品冷却冷藏技术、食品冻结冷藏技术、食品冷链产业概况、食品冷却与冻结装置、食品冷库及管理、食品冷链运输与销售、食品冷链信息技术及典型食品冷链。

本书可作为高等院校能源与动力工程专业、制冷与空调类专业、食品类专业、农产品加工及贮藏专业、水产品加工及贮藏专业的教材，也可作为相关专业技术人员及广大社会从业人员的业务参考书及岗位培训教材。

本书通过植入二维码技术，提供了丰富的教学素材。为便于教学，本书配套有课程标准、电子教案、助教课件、电子图片、教学视频、微课、动画、习题库及答案等教学资源，选择本书作为教材的教师可登录网站 <http://218.13.33.159:8000/rms/>，注册并免费下载。

图书在版编目（CIP）数据

食品冷藏与冷链技术/鲍琳，周丹主编. —北京：机械工业出版社，2019.7
制冷与空调技术专业教学资源库建设项目系列教材
ISBN 978-7-111-63191-0

I. ①食… II. ①鲍… ②周… III. ①食品冷藏—高等学校—教材 ②冷冻食品—物流管理—高等学校—教材 IV. ①TS205.7 ②F252.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2019）第 140704 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：齐志刚 责任编辑：齐志刚 陈洁

责任校对：刘志文 封面设计：张静

责任印制：张博

北京铭成印刷有限公司印刷

2019 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·15.25 印张·373 千字

0001—1900 册

标准书号：ISBN 978-7-111-63191-0

定价：40.00 元

电话服务

客服电话：010-88361066

010-88379833

010-68326294

封底无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网：www.cmpbook.com

机工官博：weibo.com/cmp1952

金书网：www.golden-book.com

机工教育服务网：www.cmpedu.com

前言

本书是基于国家级教学资源库项目——制冷与空调技术专业教学资源库开发的纸数一体化教材。该项目集合了国内 20 余家院校和几十家制冷企业，旨在为国内制冷与空调技术专业教育建设优质的教学资源。

在制作优质教学素材资源的基础上，资源库建设项目构建了 12 门制冷与冷藏技术专业核心课程，本书就是基于素材和课程建设，以纸质和网络数字化多种方式呈现的一体化教材。纸质版教材和网络课程及数字化教材配合使用：纸质版教材更多是对课程大纲和主要内容的条理化呈现和说明，更多详细的内容将以二维码的方式指向网络课程相关内容；网络课程的结构和内容与纸质版教材保持一致，但内容更为丰富、素材呈现形式更为多样，更多地以动画和视频等动态资源辅助完成对教材内容的介绍；数字化教材则以电子书的方式将网络课程内容和纸质版教材内容进行了整合，真正做到了文字、动画、视频及其他网络资源的优化组合。

本书分为食品冷藏基础知识、食品冷却冷藏技术、食品冻结冷藏技术、食品冷链产业概况、食品冷却与冻结装置、食品冷库及管理、食品冷链运输与销售、食品冷链信息技术及典型食品冷链 9 个模块。

本书旨在使学生掌握食品低温贮藏及加工的方法和相关的原理，掌握食品冷库及管理方法，掌握食品冷藏运输与销售设备的使用方法，会合理使用冷库及运输和销售设备，能够结合实际对食品进行冷加工和贮藏，并了解食品冷链产业的概况和现代化的冷链信息管理技术，具备常见典型食品的低温贮藏和冷加工的能力。本书重点强调培养学生的食品冷藏技术的使用能力，编写过程中力求体现以下特色：

(1) 执行新标准 本书依据最新教学标准和课程大纲要求编写而成，结合当前我国制冷空调类专业、食品类专业、农产品加工及贮藏专业、水产品加工及贮藏专业的发展及行业对高等院校人才的实际要求，对接职业标准和岗位需求，以典型岗位工种的技能标准为依据，以学生的能力培养为核心，将制冷设备使用方法与食品低温贮藏原理、食品冷藏及冷加工技术、农产品冷藏及冷加工技术、水产品冷藏及冷加工技术的经典内容和最新成果有机结合，力求贴近生产，强调实际、实用。

(2) 体现新模式 本书依托制冷与空调技术专业国家教学资源库平台，借助现代信息技术，融合多种教学资源，并以数字化的形式呈现，利于教师和学生充分利用现代科技手段进行更加灵活的教与学，满足教育市场需求，提高教学、学习质量。同时，本书按照知识、能力、素质的内在联系排布模块内容，符合人的认知规律和学习特点。

(3) 配套资源 本书配套数字课程网站，配套有课程标准、电子教案、助教课件、电子图片、教学视频、微课、动画、习题库及答案等多形态、多用途、多层次的丰富的教学资源，信息量大、适用面宽，并建有课程网站，供访问者学习和使用。

(4) 特色鲜明 本书的资源开发兼顾学生终生发展和职业岗位迁移能力的培养，力求充分体现现代食品、农产品、水产品等冷藏及冷加工技术的知识内涵，符合教学改革方向，

较好地体现了实用、实际、实践的“三实”原则。

本书在内容处理上主要有以下几点说明：①本书以知识模块、学习任务的形式进行内容排布，并安排一系列实训任务，有利于增强学生对职业岗位的认识，缩短专业知识和工程实践的空间距离；②本书继承了国内教材内容结构清晰、表述精练的传统，图文并茂，易于读者认知；③本书借助现代信息技术，配套了数字课程网站，同时在书中主要知识点和技能点旁边插入了二维码资源标志，读者可通过网络途径观看相应的动画、微课和视频等，不仅能帮助读者更好地理解 and 掌握知识和技能，而且还能增强读者的学习兴趣，提升自主学习的能力；④本书建议学时为 70~120 学时（70 学时以上含有实习实训教学）。

全书共 9 个模块，具体编写分工如下：河南牧业经济学院鲍琳编写模块一、模块四、模块六及附录，河南牧业经济学院周丹编写模块五，河南牧业经济学院刘群生编写模块七及模块八，郑州工程技术学院孙于庆编写模块二、模块三及前言，鲍琳、周丹共同编写模块九。全书由鲍琳和周丹任主编，河南牧业经济学院隋继学担任主审。

本书在编写过程中，得到了余华明、祁小波等老师的帮助，在此对他们表示衷心的感谢！在编写过程中，编者参阅了国内外出版的有关教材和资料，在此一并表示衷心的感谢！

本书结合专业教学资源库的建设，运用了全新的呈现形式，使教学更加多元化，与互联网结合紧密，这是一种新的尝试，故书中难免出现不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

前言	
模块一 食品冷藏基础知识	1
学习任务一 食品的变质	1
一、由微生物引起的变质	1
二、由酶引起的变质	4
三、非酶因素引起的变质	5
知识拓展 食品变质的味道辨别	7
食品变质的危害	7
消费建议	8
任务实训 食品变质的现象	8
学习任务二 食品冷藏的基本原理	11
一、非活性食品低温冷藏原理	11
二、活性食品低温冷藏原理	12
知识拓展 冰箱贮藏食品须知	14
模块小结	15
思考与练习	15
模块二 食品冷却冷藏技术	17
学习任务一 果蔬的冷却冷藏技术	17
一、果蔬采收与入库前的准备	17
二、果蔬的贮藏条件	18
三、果蔬的变温贮藏	19
四、果蔬出库前的升温	19
五、果蔬的气调贮藏	19
知识拓展 果蔬的催熟	22
任务实训一 苹果的气调贮藏	23
学习任务二 鲜蛋的冷却冷藏技术	24
一、鲜蛋的冷却技术	24
二、鲜蛋的冷藏技术	24
知识拓展 鲜蛋的质量鉴别	27
任务实训二 鲜蛋的冷藏	28
学习任务三 肉的冷却冷藏技术	29
一、肉的冷却技术	29
二、肉的冷藏技术	31
知识拓展 动物死后的变化	34
学习任务四 禽肉的冷却冷藏技术	35
一、禽肉的冷却技术	35
二、禽肉的贮藏技术	36
知识拓展 禽肉的热缩包装和抗菌包装	39
模块小结	41
思考与练习	41
模块三 食品冻结冷藏技术	43
学习任务一 肉的冻结冷藏与冷加工技术	43
一、肉的冻结与冻藏技术	43
二、分割肉的冷加工技术	50
知识拓展 冷鲜肉和热鲜肉的区别	52
任务实训一 肉类的二次冻结加工	53
学习任务二 水产品的冻结冷藏技术	54
一、水产品的微冻保鲜技术	55
二、水产品的冻结冷藏技术	56
知识拓展 冻鱼的挑选与鉴别	60
学习任务三 禽类的冻结冷藏技术	61
一、禽类的冻结技术	61
二、禽类的冻藏技术	63
知识拓展 鲜(冻)禽肉的卫生标准	64
任务实训二 禽类的冷加工	65
学习任务四 速冻食品的加工技术和工艺	66
一、速冻食品的加工技术	66
二、常见速冻食品的加工工艺	69
知识拓展 速冻面米制品卫生标准	71
任务实训三 速冻饺子的加工	72
模块小结	73
思考与练习	73
模块四 食品冷链产业概况	75
学习任务一 食品冷链的基础知识	75
一、冷链的定义	75
二、冷链的特点	76
三、冷链的组成	77
四、冷链的运行原则	77
知识拓展 食品冷链物流安全保证体系	79
学习任务二 世界冷链产业概况	82
一、世界冷链发展现状	82
二、世界冷链发展趋势	82
知识拓展 日本冷链物流的概述与发展	83
学习任务三 我国冷链产业概况	84

一、我国冷链产业现状	85	模块小结	140
二、我国冷链产业存在的问题	85	思考与练习	141
三、我国冷链产业的发展对策	86	模块七 食品冷链运输与销售	143
知识拓展 2018 年我国农产品冷链物流 的发展趋势	88	学习任务一 食品冷链的运输设备	143
模块小结	89	一、库内搬运工具	143
思考与练习	89	二、陆上运输设备	149
模块五 食品冷却与冻结装置	91	三、水上运输设备	155
学习任务一 食品冷却装置	91	四、航空运输设备	156
一、冷风冷却装置	91	五、冷藏集装箱	157
二、冷水冷却装置	93	知识拓展 冷库搬运设备的管理	161
三、碎冰冷却装置	93	任务实训一 冷藏汽车的现场教学	162
四、真空冷却装置	95	学习任务二 食品冷链终端	164
五、其他冷却方法	96	一、销售设备	164
知识拓展 真空冷却的改进办法	97	二、食品在冰箱中的贮藏	169
学习任务二 食品冻结装置	99	知识拓展 陈列柜的安装、使用、维护 与废弃	170
一、空气冻结装置	99	减小陈列柜热负荷的措施	172
二、间接接触冻结装置	103	任务实训二 超市冷柜的现场教学	173
三、直接接触冻结装置	106	学习任务三 冷链运输设备的节能	175
知识拓展 不冻液的基本理论知识	109	一、漏热量	175
速冻食品的解冻方法	110	二、漏气量	176
任务实训 双螺旋速冻装置的现场教学	112	三、田间热和呼吸热	176
模块小结	115	四、蒸发器的送风方式	177
思考与练习	115	五、制冷机组的性能	177
模块六 食品冷库及管理	116	六、通风换气热回收	177
学习任务一 我国冷库的发展概况及 发展趋势	116	模块小结	178
一、我国冷库的发展概况及制冷行业 的现状	116	思考与练习	179
二、我国冷库的发展趋势	118	模块八 食品冷链信息化技术	181
知识拓展 日本冷库行业	120	学习任务一 冷链运输信息化技术与 管理系统	181
学习任务二 冷库操作管理	121	一、冷链运输信息化技术	181
一、入库前的准备	121	二、冷链物流管理系统	188
二、冷库管理	123	知识拓展 AGV 的操作注意事项	191
知识拓展 食品入库时不合格冷藏品的 处理方法	126	学习任务二 全程冷链监控系统	191
学习任务三 冷库的卫生管理	127	一、货物监测设备与技术	192
一、冷库的卫生和消毒	127	二、货车控制系统	195
二、冷库工作人员的个人卫生	132	三、冷链温度监控	195
三、食品加工过程中的卫生管理	132	知识拓展 RFID 在生鲜食品冷链物流中的 应用 (一)	197
知识拓展 冷库除霉	136	RFID 在生鲜食品冷链物流中的 应用 (二)	197
任务实训一 冷库的消毒	137	学习任务三 物联网与追溯技术	198
任务实训二 冷库的除异味	139	一、物联网	198

二、追溯技术	199	二、苹果的包装	217
知识拓展 世界主要国家应用追溯技术		三、苹果的运输	217
概况	205	四、苹果的销售	219
任务实训 不合格冷藏食品的追溯	207	知识拓展 鲜切苹果的加工、冷藏与	
模块小结	208	销售	219
思考与练习	208	学习任务三 冷冻带鱼	220
模块九 典型食品冷链	209	一、冷冻带鱼的加工	220
学习任务一 冷鲜猪肉	209	二、带鱼的冻后处理与包装	221
一、冷鲜猪肉的定义	209	三、冷冻带鱼的贮藏	222
二、冷鲜猪肉的包装	210	四、冷冻带鱼的运输	223
三、冷鲜猪肉的冷加工与冷藏	211	五、冷冻带鱼的销售	224
四、冷鲜猪肉的运输	212	知识拓展 鲜活水产品的运输	224
五、冷鲜猪肉的销售	212	模块小结	225
知识拓展 超市鲜肉展示柜的肉食低温		思考与练习	225
保鲜技巧	213	附录 水产品冷链物流服务规范	
学习任务二 苹果	215	(GB/T 31080—2004)	227
一、苹果的贮藏	215	参考文献	233

食品冷藏基础知识



学习目标

- 了解食品的化学成分。
- 了解微生物污染食品的途径。
- 了解由酶引起食品变质的原因及非酶因素引起食品变质的原因。
- 掌握非活性食品和活性食品的低温冷藏原理。

学习任务一 食品的变质

重点及难点

- 重点：**由酶引起食品变质的原因；非酶因素引起食品变质的原因。
- 难点：**微生物污染食品的途径。



苹果的腐败变质

食品变质是指食品发物理变化，以及在以微生物为主的作用下所发生的腐败变质，包括食品成分与感官性质的各种酶性、非酶性变化及夹杂物污染，从而使食品降低或丧失食用价值的一切变化。

引起食品变质的主要因素包括生物因素、化学因素、物理因素及其他因素。食品变质的原因主要包括微生物、酶及其他非酶因素。

一、由微生物引起的变质

微生物是导致食品腐败变质的主要原因。微生物在食品内生长繁殖，致使食品发生变质。

食品中含有大量的水分和多种营养成分，最适于细菌、霉菌和酵母菌等微生物的生长繁殖。微生物在生长繁殖过程中可以分泌出各种毒害物质和酶类物质，这些物质促使食品发生分解，并破坏细胞壁，透入细胞内部，将细胞中的高分子物质分解为低分子物质。所以，微生物的存在，特别是腐败微生物的存在，是食品变质的主要原因。

1. 微生物污染食品的途径

(1) 内源性污染 凡是作为食品原料的动植物体，在生长过程中由于其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。

(2) 外源性污染 食品在生产加工、运输、贮藏、销售及食用过程中，通过水、空气、人、动物、机械设备及用具等而发生微生物污染，称外源性污染，也称第二次污染。

2. 微生物引起食品腐败变质的条件

加工前食品中存在一定种类和数量的微生物。微生物污染食品后，能否导致食品的腐败变质，以及变质的程度和性质如何，是受多方面因素影响的。一般来说，食品发生腐败变质，与食品本身的性质、污染微生物的种类和数量及食品所处的环境有着密切的关系，而这三者之间又是相互作用、相互影响的。

(1) 食品的氢离子浓度 各种食品都具有一定的氢离子浓度。酸碱度一般都用氢离子浓度的负对数即 pH 表示。pH 小，表示氢离子浓度高，呈酸性；相反，pH 大，表示氢离子浓度低，呈碱性。pH 对微生物的生命活动影响很大。在最低或最高 pH 环境中，微生物虽然尚能生存和生长，但生长非常缓慢，而且容易死亡，因此食品 pH 的高低是制约微生物生长，影响食品腐败变质的重要因素之一。

大多数细菌的最适生长 pH 在 7.0 左右，酵母菌和霉菌生长的 pH 范围较宽，因而非酸性食品适合于大多数细菌及酵母菌、霉菌的生长。细菌生长的 pH 下限一般在 4.5 左右，pH 为 3.3~4.0 时只有个别耐酸细菌可生长，如乳杆菌属，故酸性食品的腐败变质主要是因酵母菌和霉菌的生长。

(2) 食品的水分活度 水分活度 (A_w) 是体现食品中水分存在状态的指标，即水分与食品的结合程度（游离程度）。水分活度越高，说明水分与食品结合程度越低；水分活度越低，说明水分与食品结合程度越高。水分活度能反映食品贮藏的安全条件。

各种微生物都有其生长最旺盛的水分活度。水分活度下降，它们的生长率也下降。不同的微生物在生长繁殖时，对水分活度的要求是不同的，即使同一类群的菌种，它们生长发育的最低水分活度也有差异。凡是水分活度小的基质，微生物生长不良，低于一定界限时，微生物的生长就停止。当水分活度接近 0.9 时，绝大多数细菌的生长力都很微弱；当水分活度低于 0.9 时，细菌几乎不能生长。通常，细菌发育最合适的水分活度范围为 0.91~0.98，酵母菌为 0.80，耐盐性细菌为 0.75，耐干性霉菌为 0.65，耐渗透压的酵母菌为 0.81。

各种食品都有一定的水分活度，各种微生物的活动和各种化学及生物化学的反应速度也都与水分活度有关系。因此，食品的水分活度和微生物的生长繁殖有密切的关系，食品的水分活度（见表 1-1）直接影响着食品的贮藏。

表 1-1 某些食品适合微生物发育的水分活度 (A_w)

食品名称	水分活度 (A_w)	适合微生物
灌肠	0.90	一般细菌
水分含量为 15%~17% 的豆类、米	0.80	霉菌、金黄色葡萄球菌
果酱、点心	0.75	耐盐性细菌
面粉	0.65	耐干性霉菌
干果、蜜饯	0.60	耐渗透压的酵母菌

新鲜的食物，如肉类、鱼类、水果、蔬菜等，都含有大量的水分，虽然它们种类不同，但它们的水分活度多数在 0.98~0.99。像这样的水分活度正适合大多数微生物生长。

食品的保藏方法如腌渍主要是在食品中加入盐、糖等电解质，降低食品的水分活度和调

节食品的 pH，达到保藏食品的目的。干燥是减少食品中的水分，从而使食品中的电解质浓度升高，水分活度下降，达到保藏食品的目的。

低温冻藏是将食品冻结后，食品中的主要成分水变为冰，而冰的饱和蒸汽压小于水的饱和蒸汽压，所以，冻结后的食品的水分活度即可大大降低，从而达到保藏食品的目的。

(3) 食品的渗透压 不同微生物种类对渗透压的耐受能力大不相同。绝大多数细菌不能在较高渗透压的食品中生长，只有少数细菌能在高渗透压环境中生长。将微生物置于低渗透压溶液中，菌体吸收水分发生膨胀，甚至破裂；若将其置于高渗透压溶液中，菌体则发生脱水，甚至死亡。在食品保藏中，蜜饯、果酱和咸菜等就是应用了渗透压的环境因素。

(4) 食品的存在状态 完好无损的食品，一般不易发生腐败，如没有破碎和伤口的马铃薯和苹果等可以放置较长时间。如果食品组织溃破或细胞膜破裂，则食品易受到微生物的污染而发生腐败变质。

(5) 贮藏温度 温度也是影响食品变质与腐败的一个重要因素，一般微生物在 37.2℃ 的条件下最适于生长。按微生物适应的温度范围，可将微生物分成不同种类，见表 1-2。

表 1-2 按温度划分的微生物种类及其存在范围

微生物种类	最适温度/℃	生活温度范围/℃	存在场合
嗜冷菌	10~20	-5~30	水中、冷藏品中
嗜温菌（室温）	18~28	10~45	死物寄生菌
嗜温菌（体温）	35~39	10~45	人类病原菌
嗜热菌	50~60	25~80	土壤、温泉中

一般细菌在 100℃ 可迅速死亡，而带芽孢的细菌要在 121℃、高压蒸汽下经 15~20min 的作用，才会受到抑制或死亡。微生物对低温的抵抗力一般较强，超过其忍受极限的低温能暂时迫使微生物停止其生命活动，抑制微生物的生长繁殖。所以，人们多采用高温处理或冻结冷藏的方法保藏食品。

(6) 贮藏环境的气体成分 引起微生物变质的气体很多，一般氧气与其关系最大，控制氧气可抑制大多数微生物生长，有效延长食品保鲜期。

(7) 贮藏湿度 水分对维持微生物的正常生命活动是必不可少的。干燥会造成微生物失水，使其代谢停止以至死亡。不同的微生物对干燥的抵抗力是不一样的，以细菌的芽孢最强，霉菌和酵母菌的孢子对干燥也具有较强的抵抗力，按强弱依次为革兰氏阳性球菌、酵母的营养细胞、霉菌的菌丝。

(8) 贮藏的其他环境条件 环境中是否含有防腐剂、氧化剂、杀菌剂和辐射，以及污染微生物的数量和种类等，也是影响微生物生长的主要因素。所以保藏食品的过程中，为了防止腐败变质，人们常采用添加防腐剂和杀菌剂等化学试剂的方法。

3. 由微生物引起的不同食品的变质

(1) 微生物引起的蔬菜变质 由于新鲜蔬菜中含有大量的水分，并且其 pH 处于很多细菌的生长范围之内，因此，细菌是引起蔬菜变质的常见微生物。由于蔬菜具有相对较高的氧化还原电势并缺乏平衡能力，因而引起蔬菜变质的细菌主要有需氧菌和兼性厌氧菌。



豆芽的变质

(2) 微生物引起的水果变质 由于水果的 pH 大多低于细菌生长的 pH 范围, 因此, 由细菌引起的水果变质现象并不常见。水果的变质主要是由酵母菌和霉菌引起的, 特别是霉菌。为避免水果在贮藏过程中被霉菌污染, 水果应在其合适的成熟季节收获, 并且采摘时避免果实损伤。采摘用具必须卫生, 霉变的果实应销毁。低温和高二氧化碳的环境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, 因为有些水果对低温和高二氧化碳较敏感。

(3) 微生物引起的肉、禽类变质 微生物引起肉、禽类变质现象主要有发黏、变色、长霉及产生异味等。发黏主要是由酵母菌、乳酸菌及一些革兰氏阴性细菌的生长繁殖所引起的。肉、禽类的变色现象有多种, 如绿变、红变等, 但以绿变为常见。绿变是由过氧化氢 (H_2O_2) 或硫化氢 (H_2S) 引起的。能使肉、禽类发生变色的微生物还有产生红色的黏质沙雷杆菌, 产生蓝色的深蓝色假单胞菌属及产生白色、粉红色和灰色斑点的酵母菌等。长霉也是鲜肉及冷藏肉中常见的变质现象, 如白地霉可产生白色霉斑、草酸青霉产生绿色霉斑等。通常变质的肉、禽类都伴有各种异味的产生, 这主要是因乳酸菌和酵母菌作用而产生的酸味及因蛋白质分解而产生的恶臭味等。

(4) 微生物引起的蛋类变质 带壳蛋类中常见的腐败微生物有假单胞菌属、小球菌属和沙门氏菌属等细菌, 以及毛霉属和青霉属等霉菌。而圆酵母属则是在蛋类中发现的唯一酵母菌。

污染蛋类的微生物首先使蛋白质分解, 系带断裂, 蛋黄因失去固定作用而移动。随后蛋黄膜被分解成为散黄蛋, 产生早期变质现象。散黄蛋被腐败微生物进一步分解, 产生硫化氢、吲哚等分解产物, 形成灰绿色的稀薄液并伴有恶臭, 称为泻黄蛋, 此时蛋已完全腐败。有时腐败的蛋类并不产生硫化氢而产生酸臭味, 蛋液不呈绿色或黑色而呈红色, 并且呈浆状或形成凝块, 这是由于微生物分解糖而产生的酸败现象, 称为酸败蛋。当霉菌进入蛋内并在壳内壁和蛋白膜上生长繁殖时, 会形成大小不同的霉斑, 其上有蛋液黏着, 称为黏壳蛋或霉蛋。

(5) 微生物引起的鱼贝类变质 污染鱼贝类的腐败微生物首先在鱼贝类的体表及消化道等处生长繁殖, 使其体表黏液及眼球变得混浊, 失去光泽, 鳃部颜色变灰暗, 表皮组织也因细菌的分解而变得疏松, 使鱼鳞脱落。同时, 消化道组织溃烂, 细菌即扩散进入体腔壁并通过毛细血管进入肌肉组织内部, 使整个鱼体组织分解, 产生氨、硫化氢、吲哚、粪臭素和硫醇等腐败特征产物。一般来说, 当细菌总数达到或超过 1×10^8 个/g 时, 从感官上即可判断鱼体已进入腐败期。

二、由酶引起的变质

酶是生物体内的一种特殊蛋白质, 能降低反应的活化能, 具有高度的催化活性。绝大多数食品来源于生物界, 尤其是鲜活食品和生鲜食品, 在其体内存在着多种具有催化活性的酶类, 因此食品在加工和贮存过程中, 由于酶的作用, 特别是由于氧化酶类和水解酶类的催化, 会发生多种多样的酶促反应, 造成食品色、香、味和质地变化。另外, 微生物也能够分泌导致食品发酵、酸败和腐败的酶类, 与食品本身的酶类一起作用, 加速食品腐败变质的发生。

与食品变质有关的酶主要包括脂肪酶、蛋白酶、果胶酶、淀粉酶、过氧化物酶和多酚氧化酶等。因酶的作用引起的食品腐败变质现象中较为常见的是果蔬的褐变、虾的黑变、脂肪

的水解和氧化及鱼类、贝类的自溶作用和果蔬的软烂等。引起食品质量变化的主要酶类及其作用见表 1-3。

表 1-3 引起食品质量变化的主要酶类及其作用

酶的种类	酶的作用
1. 与风味改变有关的酶	
脂氧合酶	催化脂肪氧化，导致臭味和异味产生
蛋白酶	催化蛋白质水解，导致组织产生肽而呈苦味
2. 与变色有关的酶	
多酚氧化酶	催化酚类物质的氧化，形成褐色聚合物
叶绿素酶	催化叶绿醇环从叶绿素中移去，导致绿色消失
3. 与质地变化有关的酶	
果胶酶	催化果胶的水解，导致组织软化
多聚半乳糖醛酸酶	催化果胶中多聚半乳糖醛酸残基之间的糖苷键水解，导致组织软化
淀粉酶	催化淀粉水解，导致组织软化，黏稠度下降

酶的活性受温度、pH 和水分活度等因素影响。如果条件控制得当，那么酶的作用通常不会导致食品腐败变质。经过高温杀菌的食品，酶的活性被钝化，可以不考虑由酶的作用引起的变质。

三、非酶因素引起的变质

在食品存放过程中，除了微生物和酶的作用导致食品腐败变质外，还有非酶作用导致的其他变质，主要包括食品中的营养成分的化学作用、食品本身的生化作用及其他物理作用导致的变质。

1. 氧化作用

当食品中含有较多的不饱和脂肪酸和维生素等不饱和化合物，在贮藏、加工及运输等过程中又经常和空气接触时，氧化作用将成为食品变质的主要因素。氧化作用会导致食品的色泽、风味变差，营养价值降低及生理活性丧失，甚至会生成有害物质。这些变质现象容易出现在干制食品、盐腌食品及长期冷藏而又包装不良的食品中，应予以重视。所以，食品在贮藏过程中应采用低温、避光、隔绝氧气、控制水分或添加抗氧化剂等措施，来防止或减轻脂肪氧化酸败对食品产生的不良影响。

2. 呼吸作用

呼吸作用是指由于水果、蔬菜的固有的呼吸作用的不断加强，而逐渐消耗体内的养分致使食品变质。

以食品是否有生活机能，将食品分为生体食品和非生体食品。生体食品的最大特征是具有呼吸作用，非生体食品无呼吸作用。呼吸作用是生体食品质量降低和变质的主要因素。

生体食品在收获后，没有营养成分和水分的供给，却由于呼吸作用使体内的营养成分逐渐被消耗，从而易于被微生物侵入；由于呼吸作用而产生水分，降低了果蔬的致密性，造成果蔬萎蔫及蛋类干耗或贴壳；由于呼吸作用产生成



黄瓜的干耗

分的分解,引起果蔬成熟、过熟和软化等,从而失去正常果蔬的风味;在呼吸的同时还伴有热量的产生,使贮藏环境温度升高,加快了食品成分的变化。另外,由于呼吸作用,使贮藏库中二氧化碳的浓度增高,氧气的浓度下降,又会影响呼吸及正常的生理活动。果蔬在成熟过程中的呼吸作用会产生乙烯气体,加速果蔬的后熟;蛋类在贮藏时放出的二氧化碳使蛋的pH变化,蛋白变稀,加速了蛋的质量变化。

因此,在对食品进行贮藏时,尤其是果蔬的贮藏,应抑制其呼吸作用。

3. 非酶褐变

非酶褐变主要有美拉德反应引起的褐变、焦糖化反应引起的褐变及抗坏血酸氧化引起的褐变等。

由葡萄糖、果糖等还原型糖与氨基酸引起的褐变反应称为美拉德反应,也称羰氨反应。由于褐变与温度、pH、氧、光线和金属离子等有关,因此可以通过降低贮藏温度、调节水分含量、降低食品的pH、使食品变为酸性、用惰性气体置换食品包装材料中的氧气、控制食品中转化糖的含量和添加防褐变剂(如亚硫酸盐)等方法来防止美拉德反应的发生。

4. 其他

害虫和鼠类对于食品保藏也有很大的危害性,它们不仅是食品保藏损耗增加的直接原因,而且由于害虫和鼠类的繁殖迁移,以及它们排泄的粪便、分泌物、遗弃的皮壳和尸体等因素,还会污染食品,甚至传染疾病,因而使食品的卫生质量受损,严重者甚至丧失商品价值,造成巨大的经济损失。此外,机械损伤、环境污染、农药残留、滥用添加剂和包装材料等因素引起的食品变质现象也普遍存在。

经验总结

1) 我们在加工食品时,一方面为了保证产品质量,必须抑制酶或破坏、消灭酶,另一方面又要利用酶。

例如,罐头食品工厂生产糖水梨、糖水苹果或马铃薯等罐头时,将原料去皮之后,如果不放入盐水里而暴露在空气中,稍过一些时间,原料表面就会发暗变黑。这是它们本身所含的单宁在氧化酶的作用下促使原料氧化变色。这种变色在生物化学上叫酶褐变,也叫“水果生锈”。再如,生产糖水苹果罐头时,苹果组织中含有的大量气体必须排出,这样才可确保罐头质量。人们把果块放入低浓度的糖水溶液中并置于真空罐中的做法是为了排气。但是,由于抽真空后的糖水中在抽真空及渗透等作用下已有部分酶和单宁等存在,若非连续三班生产,并且又不再经煮沸灭酶即于次日直接使用的话,则用这种糖水制成的罐头就会变黑。

2) 罐藏过程中,食品成分与包装容器的反应,如与金属罐的金属离子反应等也能引起食品褐变。用含酸量高的原料做成果汁时容易使罐壁的锡溶出,如菠萝和番茄等。桃和葡萄等含花青素的食品罐藏时,与金属罐壁的锡、铁反应,颜色从紫红色变成褐色。此外,甜玉米、芦笋、绿豆等,以及鱼肉、禽肉加热杀菌时产生硫化物,常会与金属罐壁的铁、锡反应产生紫黑色、黑色物质。单宁物质含量较高的果蔬,也容易与金属罐壁起反应而变色。罐藏这类食品时,应使用涂料罐,以防止变色。



知识拓展

食品变质的味道辨别

1. 酸臭味

例如,粮食、蔬菜、水果、糖类及其制品等富含碳水化合物的食品,变质时主要产生酸臭味。碳水化合物会在微生物或酶的作用下发酵变酸。米饭发馊、糕点变酸和水果腐烂变味就属于这类变质现象。

2. 霉味

受到霉菌污染的食品在温暖潮湿的环境下通常会发霉变质。霉菌通常在含碳水化合物的食品上容易生长。粮食是受霉菌损害最严重的食品。

3. 腐臭味

鱼肉、猪肉、鸡蛋、豆腐和豆腐干等富含蛋白质的食品发生变质时主要以蛋白质的分解为特征,产生腐臭味。

4. 哈喇味

食品中的脂肪被空气中的氧气所氧化,引起化学反应而使食品产生强烈的刺激性气味,造成腐败且产生哈喇味。常见的肥肉由白色变为黄色就属于这类反应。食用油贮存不当或贮存时间过长也容易发生这类变质,产生哈喇味。

食品变质的危害

1. 产生厌恶感

蛋白质在分解过程中可以产生氨、硫化氢、硫醇、吲哚和粪臭素等,以上物质具有蛋白质分解所特有的恶臭;细菌在繁殖过程中能产生色素,使食品呈现各种异常的颜色而失去原有的颜色;脂肪腐败产生的哈喇味和碳水化合物分解后产生的特殊气味,也往往使人们难以接受。

2. 降低食品的营养价值

蛋白质腐败分解后产生低分子有毒物质,因而丧失了蛋白质原有的营养价值;脂肪水解、氧化产生过氧化物,再分解为碳基化合物、低分子脂肪酸与醛、酮等,丧失了脂肪对人体的生理作用和营养价值。

3. 引起中毒或潜在危害

(1) 急性毒性 一般情况下,腐败变质的食品常引起急性中毒,轻者多以急性胃肠炎症状出现,如呕吐、腹痛、腹泻和发热等,经过治疗可以恢复健康;重者可在呼吸、循环和神经等系统出现症状,抢救及时可转危为安,如果贻误时机便可危及生命。有的急性中毒,治疗后会患后遗症。

(2) 慢性毒性或潜在危害 有些变质食品中的有毒物质含量较少,或者由于本身毒性作用的特点,并不引起急性中毒,但长期食用往往会造成慢性中毒,甚至可以致癌、致畸和致突变。大量动物试验研究资料表明:食用被黄曲霉毒素污染的霉变花生、粮食和花生油等,可导致慢性中毒、致癌、致畸和致突变。



消费建议

1. 讲究饮食卫生

尽量不吃生鲜或未经彻底加热的鱼、虾、蟹、蛙和水生植物；对肉禽类食品和水产品要高温消毒才能进食；不喝生水、不吃生的蔬菜；不用盛过生鲜水产品的器皿盛放其他直接入口的食品；加工过生鲜水产品的刀具及砧板等必须清洗消毒后方可再使用，生熟食品的砧板和刀具等要严格分开；不吃死的虾、甲鱼、牛蛙和蟹等水产品。

2. 正确选择食品的购买场所

最好到具有经营资格、信誉好、讲诚信的商场、超市购买食品。

3. 注意食品包装标识是否齐全

按照国家有关规定，食品外包装上必须标明商品名称、配料表、净含量、厂名、厂址、电话、生产日期、保质期和产品标准号等内容。

4. 注意查看食品的生产日期或保质期

购买食品时，不仅要认真查看其是否超过保质期，还要认真查看其是否临近保质期。临近保质期的食品也不宜过多购买，以防保质期内食用不完而造成浪费或超过保质期继续食用而危害身体健康。

5. 注意选购已获国家认证并标注有绿色食品、“QS”（食品安全认证）等标志的食品

国家针对绿色食品实行绿色食品使用标志。从2004年4月1日起，国家对米、面、食用油、酱油和醋五类食品实行市场准入，要求此五类食品必须通过“QS”认证，并在外包装上加贴“QS”标志及准入证号，才能上市销售，消费者选购时要注意。

6. 食物中毒要及时就医

如果吃了不洁净的食物，特别是水产品、肉禽类产品，发现有中毒现象时，一定要到医院及时就诊，查清病因，注意防护，防止交叉感染，并向卫生部门报告。

7. 注意提高食品消费安全防范意识

主动索要并妥善保管购物凭据，如出现问题可作为投诉或申诉的重要依据。如果发现购买到假冒伪劣食品，要及时向消费者协会投诉或向工商部门举报，在保护自身利益的同时，便于有关部门及时查处。

任务实训 食品变质的现象

本任务实训以感官鉴定为例。

一、实训目的

通过实训使学生了解生活中常见的延长食物保质期的方法，并开展相关的研究活动；认识生活中变质食物的特征及食物变质的原因；掌握食品变质的主要表现种类及形式。

二、实训内容与要求

实训内容与要求见表1-4。

表 1-4 实训内容与要求

实训内容	实训要求
实验用食品材料的初始状态	实验用食品材料是新鲜的
食品变质后的感官表现	对不同食品分别进行记录
对实验现象进行比较	得出结论

三、主要材料与设备

米饭、馒头、水果、蔬菜、肉、植物油等变质食品及未变质食品；滴定管（25mL）；高压蒸汽灭菌锅（灭菌）；冰箱（冷藏）；速冻机（速冻）；电热烘箱（干燥）；盘子；保鲜膜等。

四、实训过程

1. 感官鉴定

感官鉴定是以人的视觉、嗅觉、触觉和味觉来查验食品初期腐败变质的一种简单而灵敏的方法。食品初期腐败变质时会产生腐败臭味，发生颜色的变化（褪色、变色、着色、失去光泽等），出现组织变软、变黏等现象。这些都可以通过感官分辨出来，一般还是很灵敏的。

（1）色泽 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，促使肉褪色或绿变。

（2）气味 食品本身有一定的气味，动物、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觉察到有不正常的气味产生。例如，氨、三甲胺、乙酸、硫化氢、乙硫醇和粪臭素等都具有腐败臭味，当这些物质在空气中的浓度为 $10^{-11} \sim 10^{-8} \text{ mol/m}^3$ 时，人们的嗅觉就可以觉察到。此外，食品变质时，其他胺类物质、甲酸、乙酸、酮类、醛类、醇类、酚类和腈基质化合物等也可被人们觉察到。

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。但有时产生的有机酸和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味和臭味来划分的，而是应该按照正常气味与异常气味来评定。

（3）口味 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。但对于原来酸味就大的食品，如番茄制品，微生物造成酸败时，酸味稍有增加，辨别起来就不那么容易了。另外，某些假单胞菌污染消毒乳后可产生苦味；蛋白质被大肠杆菌、小球菌等微生物作用也会产生苦味。当然，从卫生角度看口味的评定是不符合卫生要求的，而且不同人评定的结果往往不一样，只能做大概比较，为此口味的评定应借助仪器来测试，