

高等学校专业教材

食品技术原理

赵晋府 主编

 中国轻工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

食品技术原理/赵晋府主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2002. 7

高等学校专业教材

ISBN 7-5019-3564-5

I. 食… II. 赵… III. 食品加工-高等学校-教材 IV. TS205

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 016345 号

责任编辑: 白 洁 责任终审: 滕炎福 封面设计: 杨焰龙
版式设计: 丁 夕 责任校对: 燕 杰 责任监印: 吴京一

*

出版发行: 中国轻工业出版社(北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

联系电话: 010—65241695

印 刷: 北京公大印刷厂

经 销: 各地新华书店

版 次: 2002 年 7 月第 1 版 2002 年 7 月第 1 次印刷

开 本: 787×1092 1/16 印张: 31.25

字 数: 750 千字 印数: 1—5000

书 号: ISBN 7-5019-3564-5/TS·2145

定 价: 55.00 元

·如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换·

前 言

经过数年的努力,在各位编者的积极支持下,食品技术原理和大家见面了。本书是原轻工总会教学指导委员会确定编写的食品科学与工程专业大学本科的专业课教材。教材的名称原确定为“食品保藏学”,后经食品科学与工程专业教学指导小组研究,为适应专业调整、加强基础、拓宽专业面,将该教材名称确定为“食品技术原理”,并将以食品保藏学为基础的内容进行增补。经过调整以后的内容,对学生获得更多的与食品相关的基础知识大有裨益。

本书涵盖了食品保藏学的内容,同时,增加了食品技术进展情况的新内容,包括物理、化学和生物学技术,食品包装,食品的品质鉴评等。由于各校的教学重点不同,在选用本教材时,可以根据需要对教学内容有所选择。至于各种产品采用的一些新的技术手段,如膜技术、挤压熟化技术等等,在《食品工艺学》中已结合产品有所介绍,也可参考《现代食品工程高新技术》(高福成主编)和《食品加工技术装备》(张裕中主编)。

本书绪论由赵晋府编写,第一篇由林志民、高彦祥、赵玉生、罗仓学、赵征编写,第二篇由张坤生编写,第三篇由曾庆孝编写,第四篇由高彦祥编写,第五篇由孙君社编写,全书由赵晋府审改定稿。

在本书的编写过程中,得到了食品科学与工程专业教学指导小组的指导与帮助,得到了各位编者所在单位的大力支持,特别是丁霄霖教授的关怀,在此一并表示衷心感谢。

本书的编写,旨在面向新世纪的发展,从素质与能力上,给予学生以更多的启发,但仍是一种尝试。在编写过程中,已尽可能多地考虑到与先行课程的衔接,避免与食品工程原理的重复,也避免专业基本素质内容的遗漏。由于编者水平所限,书中会有不当之处甚至错误,恳请读者给以指正,编者将不胜感激。

赵晋府

目 录

第一篇 物理技术对食品的处理

第一章 食品的低温处理和保藏	1
第一节 概述	1
一、食品冷冻的目的	1
二、食品冷冻的温度范围	2
三、低温对酶活性的影响	3
四、低温对微生物的影响	4
第二节 食品的冷却	6
一、影响食品冷却过程的因素	7
二、冷却方法	8
三、冷却过程中的能量消耗	11
四、冷却速度和时间	15
第三节 食品的冻结	22
一、食品冻结的理论	23
二、食品冻结时的热力学性质的变化	31
三、食品在冻结过程中的冷能消耗	33
四、冻结时间	37
五、食品冻结装置	41
第四节 食品的冷藏和冻藏	45
一、食品冷藏和冻藏的技术管理	45
二、食品在冷藏和冻藏中的变化	48
三、冻藏食品的贮存期	51
第五节 食品的回热和解冻	54
一、冷藏食品的回热	54
二、冻藏食品的解冻	55
第六节 园艺生产物的低温和气调贮藏	60
一、采后生理	60
二、低温贮藏	63
三、气调贮藏	64
第二章 食品的热处理技术	69
第一节 微生物的耐热性	69
一、影响微生物耐热性的因素	70
二、微生物的耐热机制	81
三、微生物耐热性试验方法	82
四、微生物耐热性参数	87
五、酶的耐热性	94

第二节 食品的热传递	95
一、罐装食品中的传热方式	97
二、罐装食品传热的测定	103
三、罐装食品的传热曲线	103
第三节 杀菌强度和杀菌时间的计算及评价	108
一、杀菌对象菌的选择	108
二、杀菌强度	110
三、加热杀菌时间的推算及评价	112
第四节 食品的加热杀菌及热力杀菌装置	140
一、低温加热杀菌	140
二、高温加热杀菌	144
三、超高温杀菌	153
第三章 食品的干燥	161
第一节 食品干燥基础	161
一、食品中水分的状态和水分活度	161
二、干燥介质的特性	164
三、食品物料与干燥介质间的平衡关系	166
四、干燥特性曲线	168
五、干燥过程中的传热与传质	170
第二节 干燥过程中食品物料的主要变化	172
一、物理状态的变化	172
二、化学性质的变化	173
第三节 食品干燥方法	173
一、对流干燥	174
二、接触干燥	195
三、冷冻干燥	198
四、辐射干燥	205
第四章 食品的辐射保藏	210
第一节 概述	210
一、食品辐射保藏的发展史	210
二、辐射保藏食品的优缺点	210
三、食品辐射的国内外简况	211
四、食品辐照发展动向	213
第二节 辐射的基本原理	214
一、核反应	214
二、核衰变	214
三、放射性衰变规律	215
四、辐射源	216
五、辐射能量及剂量单位	218
第三节 辐射引发的食品化学和生物化学效应	221
一、食品的辐射化学效应	221
二、食品的辐射生物学效应	226
第四节 辐射在食品保藏中的应用	230

一、应用于食品上的辐射类型	230
二、剂量的决定因素	230
三、食品辐射保藏工艺	234
四、食品辐射	240
第五节 辐照食品的卫生安全性	241
一、放射性的污染和放射性物质的诱发	241
二、毒性物质的生成	242
三、微生物类发生变异的危险	242
四、对营养物质的破坏	242
第五章 物理技术处理食品的新进展	244
第一节 微波技术	244
一、微波加热的原理	244
二、微波加热工艺的计算	248
三、微波加热设备	248
四、微波加热在食品加工中的应用	251
五、微波食品的包装材料	255
第二节 高压技术	257
一、高压杀菌的基本原理	257
二、高压技术在食品加工中的应用	262
三、高压处理设备	263
第三节 脉冲技术	267
一、脉冲杀菌的基本原理	267
二、脉冲技术在食品体系中的应用	270
三、脉冲处理设备	271
第四节 其他技术	274
一、磁场技术	274
二、光脉冲技术	276
三、综合技术	279

第二篇 化学技术和生物学技术对食品的处理

第一章 食品的盐制和糖制	282
第一节 食品盐制和糖制的基本原理	282
一、腌渍的基本原理	282
二、腌渍对微生物的影响	285
第二节 食品盐制	286
一、食品盐制方法	286
二、腌制过程中的变化	289
第三节 食品糖制	292
一、食品糖制方法	292
二、糖与食品保藏	293
第二章 食品的烟熏	294
第一节 烟熏的作用及机理	294

一、烟熏的作用	294
二、烟熏的机理	294
第二节 烟熏的方法及装置	298
一、直接发烟式烟熏	299
二、间接发烟式烟熏	300
三、液态烟熏剂式烟熏	301
第三章 食品防腐剂、抗氧化剂和食品涂膜剂(保鲜剂)的应用	303
第一节 食品防腐剂	303
一、化学(合成)防腐剂	303
二、生物(天然)防腐剂	307
第二节 食品抗氧化剂	309
一、油溶性抗氧化剂	310
二、水溶性抗氧化剂	313
第三节 食品涂膜剂(保鲜剂)	315
一、涂膜剂(保鲜剂)的作用	315
二、涂膜剂种类及其性质	316
三、几丁质及壳聚糖在果蔬贮藏上的应用	318
第四章 发酵技术和酶技术	319
第一节 发酵技术	319
一、食品发酵与食品的品质	319
二、食品发酵中微生物的利用	320
三、食品发酵时有关因素的控制	325
第二节 酶技术	328
一、酶的性质和食品加工	328
二、酶在食品生产中的应用	329

第三篇 食品的包装与保藏

第一章 食品包装概论	333
第一节 食品包装及分类	333
一、食品包装概念	333
二、食品包装的分类	334
第二节 食品包装的作用	336
一、包装是保持食品品质的重要手段	336
二、包装是一种有效的宣传工具	336
三、包装有利于食品贮运、销售和使用	336
第三节 食品包装设计的基本要求	337
一、食品的性质	337
二、食品的运输及贮藏要求	337
三、食品的市场销售与良好的包装设计	338
四、包装总成本	340
第二章 食品包装材料及容器	341
第一节 玻璃与陶瓷容器	341

一、玻璃容器	341
二、陶瓷容器	343
第二节 金属包装材料及容器	343
一、金属包装材料的种类及性质	343
二、金属容器的结构与特点	349
三、金属食品罐的涂料	353
第三节 纸、纸板及纸包装	354
一、纸和纸板	354
二、纸容器及其特点	357
第四节 塑料包装材料及容器	359
一、塑料的品种及特性	360
二、塑料包装薄膜	366
三、塑料包装容器及其特点	370
第五节 木材及木制包装容器	371
一、木材的性质	371
二、木制包装容器	372
第六节 食品包装辅助材料	372
一、缓冲材料	372
二、标签	373
三、密封垫料	374
四、捆扎材料	374
第三章 食品包装技术	376
第一节 各类食品对包装的要求	376
一、新鲜食品的保鲜包装	376
二、饮料包装	377
三、油脂及以油脂为主要成分的食品的包装	378
四、热加工食品及可加热包装	378
五、冷冻食品的包装	379
六、干制食品的包装	380
第二节 隔绝性食品包装	382
一、食品的防氧包装	382
二、食品的防湿包装	383
三、食品包装对其他环境因素的阻隔性	386
第三节 包装容器的封口	387
一、金属容器的封口	388
二、玻璃容器的封口	389
三、塑料袋(杯、瓶)的封口	391
四、其他特殊包装封闭物	391

第四篇 食品贮存的稳定性与货架寿命

第一章 食品质量与贮藏之关系	393
第一节 食品质量概述	393
一、食品质量的定义	393

二、研究食品质量构成的意义	394
第二节 食品质量与贮藏的关系	395
第二章 食品质量变化的规律	396
第一节 食品质量变化的热力学规律	396
一、有序与无序的概念及特点	396
二、体系的状态	397
三、体系的结构	398
四、食品质量变化的基本方向	398
第二节 食品质量变化的动力学规律	399
一、过渡状态理论关于反应速度的表述	399
二、食品质量变化速度与温度的关系	401
三、贮存过程中营养素损失的动力学模型	406
第三章 食品货架寿命及其预测	409
第一节 包装食品质量劣变原因及影响因素	409
一、引言	409
二、一般考虑与假设	410
三、食品劣变机制	410
第二节 透过包装材料的质量传递	413
第三节 预测包装食品货架寿命之模型	415
一、水分保护作用	415
二、氧保护作用	417
三、呼吸与衰老之控制	418
第四章 贮存过程中稳定性的数学模型	421
第一节 稳定性的数学表达式	421
一、指数函数	422
二、线性模型	422
第二节 数学模型之应用	422
一、主要研究目的	422
二、模型之应用	422

第五篇 食品感官鉴评

第一章 概述	425
第一节 感觉的定义和分类	425
第二节 感觉阈	425
第三节 感觉疲劳和心理作用对感觉的影响	426
第二章 食品感官鉴评的条件	428
第一节 食品感官鉴评人员的筛选与训练	428
一、感官鉴评人员的类型	428
二、感官鉴评人员的筛选	429
三、感官鉴评人员的训练	430
四、味觉敏感度的测定	431
第二节 食品感官鉴评的环境条件	433

一、食品感官鉴评室的设置	434
二、试验区环境条件	434
三、样品制备区的环境条件、常用设施和工作人员	435
第三节 样品的制备和呈送	436
一、样品制备的要求	436
二、影响样品制备和呈送的外部因素	437
三、不能直接用感官分析的样品的制备	438
第四节 食品感官鉴评的组织和管理	439
第三章 食品感官鉴评的方法	440
第一节 差别检验	441
一、成对比较检验法	441
二、二-三点检验法	444
三、三点检验法	445
四、“A”-“非 A”检验法	446
五、五中取二检验法	447
六、选择检验法	448
七、配偶检验法	449
第二节 标度和类别检验	451
一、排序检验法	451
二、分类检验法	457
三、评分检验法	458
四、成对比较检验法	460
五、评估检验法	463
第三节 分析或描述性检验	463
一、简单描述检验法	464
二、定量描述和感官剖面检验法	464
三、食品产品风味评估的应用	465
第四章 食品感官鉴评的应用	468
第一节 市场调查	468
一、市场调查的目的和要求	468
二、市场调查的对象和场所	468
三、市场调查的方法	468
第二节 新食品开发	468
第三节 食品生产中的质量控制	470

第一篇 物理技术对食品的处理

第一章 食品的低温处理和保藏

第一节 概 述

食品的低温保藏,即降低食品温度,并维持低温水平或冻结状态,以延缓或阻止食品的腐败变质,达到食品的长途运输和短期或长期贮藏的目的的保藏方法。

利用低温来保藏食品是人类在实践中所取得的成就,人们很早就会利用天然冰来降低食品的温度,以延长食品的贮藏期。但用天然冰雪来保藏食品的方法受到地区和季节的限制,人们曾经千方百计地贮藏冰雪,来延长对天然冰雪的利用时间。利用天然冰雪保藏食品是一种原始的冷藏方法,天然冰的相变温度为 0°C ,对大多数食品来说,在此温度下无法达到长期贮藏的目的。

19 世纪,美国人 David Boyle 和德国人 Carl von Linde 分别发明了以氨为制冷剂的压缩式冷冻机。从此人工冷源开始逐渐代替了天然冷源,使食品的冷冻、冷藏的技术手段发生了根本性的变革。用冷冻机来直接冻结和冷藏食品有许多优越性,它不受冰融化的限制,可以长期保藏食品;能够根据食品冻结和冷藏的需要对温度进行调节和控制;省去了放冰的位置,因而大大增加了保藏食品的数量。因此将冷冻机直接用于食品冷冻的方法迅速得到推广。

尽管人工制冷技术的出现是 19 世纪的事情,食品冷冻技术进入商业化应用却是 20 世纪的事情。许多冷藏库、冷藏车、冷藏船等相继出现,成为贮藏和运输易腐食品的重要手段。速冻技术和设备的不断改进,使大部分冷冻食品已能保持新鲜食品原有的风味和营养价值,受到消费者的欢迎。商场中的冷冻食品陈列柜和民用电冰箱的普及,使得冷冻食品在流通领域的质量得到充分的保证。

预制冷冻食品(Prepared frozen food)和预调理冷冻食品(Precooked frozen food)的出现,高效率的解冻加热设备如微波炉的日益普及,使冷冻食品在国外已成为方便食品和快餐的重要支柱。我国进入 20 世纪 90 年代后,由于人民生活水平的提高和受到外来食品的影响,速冻食品工业得到迅速发展,1995 年速冻食品的产量达到 240 万 t 左右,年增长速度约 25%。我国速冻食品中的中式传统点心如肉包、豆沙包、小笼包、水饺、虾饺、汤圆、春卷、烧卖、八宝饭等占相当大的份额。

一、食品冷冻的目的

新鲜的食物在常温下(20°C 左右)存放,由于附着在食品表面的微生物和食品内所含的酶的作用,使食品的色、香、味变差,营养价值降低。如果食品在常温下久放,就会腐败变质,以致完全不能食用。除了微生物和酶引起的变质外,还有非酶引起的变质,如油脂的氧化酸败等。

低温能够抑制微生物的生长繁殖和食品中酶的活性,降低非酶因素引起的化学反应的速率,因而能够延长食品的保藏期限。

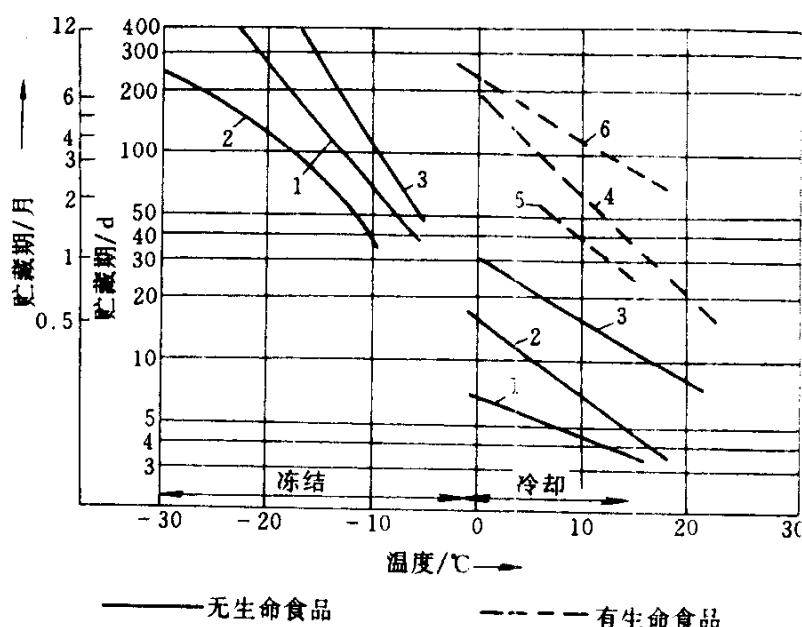


图 1-1-1 一些冷冻食品的贮藏期与贮藏温度的关系

1—生鸡 2—少脂鱼 3—牛肉 4—长期贮藏品种的苹果
5—柑橘 6—带壳鸡蛋

食品的低温保藏也称为食品的冷冻保藏,可分为两大类:一类是食品的冷却贮藏,另一类是食品的冻结贮藏。前者是将食品的温度下降到食品冻结点以上的某一合适温度,食品中的水分不结冰,达到使大多数食品短期贮藏和某些食品如苹果、梨、蛋等长期贮藏的目的。后者是将食品的温度下降到食品冻结点以下的某一预定温度,使食品中绝大部分的水形成冰结晶,达到使食品长期贮藏的目的,见图 1-1-1。

食品的冷冻处理,还作为一种加工处理的手段。在低温下,食品的一些性质与常温下有所不同,因此可以利用其

来作为如下的一些加工的手段:

- ① 使食品加工处理比较容易方便。如焙烤食品软面团的成型、半冻结状态的肉的切片等。
- ② 改善食品的性质,提高食品的价值。如用低温处理使牛肉、干酪、冰淇淋成熟,用低温处理使清酒、啤酒、葡萄酒的发酵条件得到控制等。
- ③ 使原来食品的主要物理性状发生改变而成为一种新的产品。如用低温制作鱼排、冰淇淋、冻豆腐、冻结干燥食品等。

二、食品冷冻的温度范围

如上所述,食品的冷冻保藏可分为两类,因此食品冷冻的温度范围也可分为两大类:食品冷却贮藏的温度范围和食品冻结贮藏的温度范围。食品冷却贮藏的温度范围为 $-2 \sim 15^{\circ}\text{C}$ 。例如,苹果可以冷却到 -1°C 并在 -1°C 的冷藏室中贮藏。肉类可以冷却到 -1.5°C ,并在 -1.5°C 的冷藏室中短期贮藏。而香蕉则必须在 12°C 或以上的温度贮藏,否则就会发生生理病害,如果皮发黑、果心发硬。柠檬和番茄等也必须采用较高的冷藏温度。食品冻结贮藏的温度范围为 $-12 \sim -30^{\circ}\text{C}$,食品冻结贮藏的温度越低,则食品的稳定性越好,贮藏期限也越长。但食品冻结贮藏的温度越低,则能量消耗也越大。 -12°C 适用于食品的短期冻藏。我国食品的冻结贮藏一般是将食品尽可能地快速冻结,使其中心温度达到 $-15 \sim -18^{\circ}\text{C}$ 后,贮藏在 $-18 \sim -23^{\circ}\text{C}$ 的冻藏室中。多脂鱼和容易变色的鱼类宜放在 -25°C 或以下温度的冻藏室中贮藏。现在,欧美和日本等发达国家和地区为了提高冻结食品的质量,多趋向于采用 $-25 \sim -30^{\circ}\text{C}$ 的冻藏温度。

冷藏室在食品冷冻厂中俗称高温库,而冻藏室在食品冷冻厂中俗称低温库。

以肉类为例,冷冻(包括解冻)的范围如图 1-1-2 所示。各阶段的含义如下:

- (1) 冷凉 肉体刚宰后温度(40°C)借自然冷却降低至室温(约 20°C)左右的过程,称之为冷凉(图中 A—B 段)。

(2) 冷却 肉体温度由宰后温度或室温借人工致冷的方法降至略高于冰点温度(在工业上为 $0\sim 4^{\circ}\text{C}$)的过程,称之为冷却(图中 A—B—C 段)。

(3) 过冷 肉体温度由冰点下降至形成冰结晶的临界温度而尚不冻结的现象称之为过冷现象。肉类过冷临界温度在 $-5\sim -6^{\circ}\text{C}$ (图中 C—D 段)。

(4) 冻结 肉体的温度由临界温度(如无过冷现象出现则为冰点以上温度)降至冰点以下温度(至低熔共晶点为止)并形成冰结晶的过程,称之为冻结(图中 E—F—G 段)。

(5) 继续冻结 由任何冰点以下温度继续下降至低熔共晶点的过程,称之为继续冻结(图中 F—G 段)。

(6) 继续冷却 肉体温度由低熔共晶点继续下降的过程,称之为继续冷却(图中 G—H 段)。

(7) 冷藏 将肉体温度维持在恒定的某一冰点以上温度(一般指 $0\sim 4^{\circ}\text{C}$)的保藏过程,称之为冷藏(图中 B—C 段或 C 点)。

(8) 冻藏 将肉体温度维持在恒定的某一冰点以下温度(一般为 $-15\sim -18^{\circ}\text{C}$)的保藏过程称之为冻藏(图中 E—F—G—H 段)。

(9) 解冻 将肉体温度由冰点以下温度提高到冰点以上的温度,并使冰结晶融化为水的过程,称之为解冻(图中 I—J 段)。

(10) 回热 肉体温度由冰点以上温度开始升温至室温以下的过程称之为回热(图中 J—K 段)。

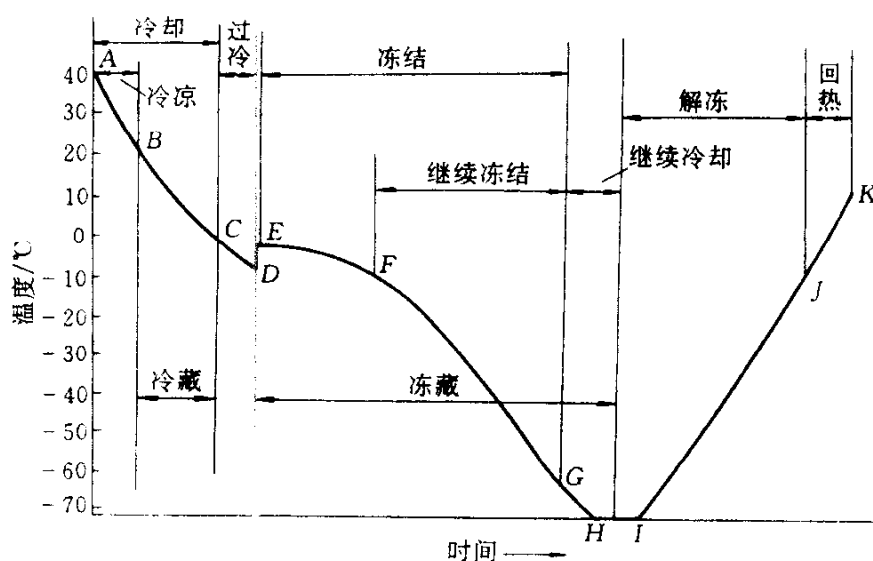


图 1-1-2 肉类冷冻温度划分示意图

三、低温对酶活性的影响

酶是生物机体组织内的一种具有催化特性的特殊蛋白质。酶的活性与温度有关,在一定的温度范围内($0\sim 40^{\circ}\text{C}$),酶的活性随温度上升而增大,但是酶也是一种蛋白质,其本身也会因温度过高而变性,失去其催化特性。在酶促反应中,这两个相反的影响是同时存在的,因此在某一温度时,酶促反应速度最大,这个温度就称为酶的最适温度。大多数酶的最适温度为 $30\sim 40^{\circ}\text{C}$ 。当温度超过酶的最适温度时,酶的活性就开始受到破坏。当温度达到 $80\sim 90^{\circ}\text{C}$ 时,几乎所有的酶的活性都遭到破坏。酶的活性因温度而发生的变化常用温度系数 Q_{10} 来衡量:

$$Q_{10} = \frac{K_2}{K_1} \quad 1-1-1$$

式中 K_1 ——温度为 t 时酶促反应的化学反应速率常数

K_2 ——温度为 $t+10^{\circ}\text{C}$ 时酶促反应的化学反应速率常数

在一定的温度范围内,大多数酶的 Q_{10} 值为 $2\sim 3$,也就是说温度每下降 10°C ,酶的活性就会削弱至原来的 $1/2\sim 1/3$ 。低温并不能破坏酶的活性,但可以在一定程度上抑制酶的活性。

温度越低,对酶活性的抑制作用越强。例如将食品的温度维持在 -18°C 以下,食品中酶的活性就会受到很大程度的抑制,从而有效地延缓了食品的腐败变质的发生。然而,酶在低温下往往仍有部分活性,因而其催化作用仍在非常缓慢地进行。例如胰蛋白酶在 -30°C 下仍有微弱的活性,脂肪水解酶在 -20°C 下仍能引起脂肪的缓慢水解。另外应该引起注意的是,冻结食品在解冻时酶的活性将重新活跃起来,加速食品的变质。

为了将食品在冻结、冻藏和解冻过程中由于酶活性而引起的不良变化降低到最低程度,食品常经过短时间热烫(或预煮),预先将酶的活性钝化,然后再冻结。热烫处理的程度应控制在恰好能够破坏食品中各种酶的活性。由于过氧化物酶是最耐热的酶,当过氧化物酶失活时,可以保证所有的其他酶也受到破坏,因此常采用检验食品中过氧化物酶的残余活性的方法,来确定食品热烫处理的工艺条件。

四、低温对微生物的影响

(一) 低温和微生物的关系

任何微生物都有一定的正常生长繁殖的温度范围,温度越低,它们的活动能力也越弱。温

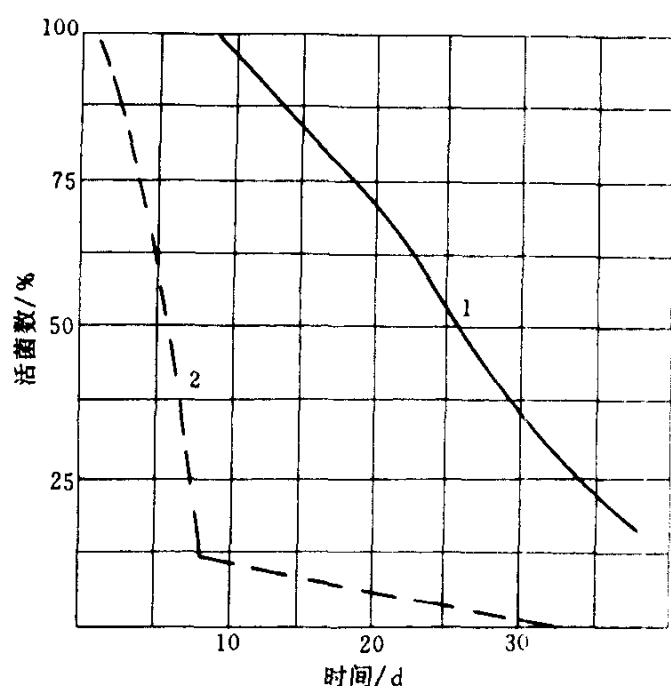


图 1-1-3 -8°C 温度时神灵杆菌细胞的死亡情况

1—过冷介质 2—冰冻介质

度降低到微生物的最低生长温度时,微生物就停止生长。许多嗜温菌和嗜冷菌的最低生长温度低于 0°C ,有的甚至可低至 -8°C ,如荧光杆菌的最低生长温度为 -8.9°C 。温度降至微生物的最低生长温度以下,就会导致微生物死亡。不过在低温下,微生物的死亡速度比在高温下缓慢得多。

冻结或冰冻介质容易促使微生物死亡,冻结导致大量的水分转变为冰晶体,对微生物有较大的破坏作用。例如微生物在 -8°C 的冰冻介质中的死亡速度比在 -8°C 的过冷介质中明显地快得多,见图 1-1-3。

(二) 低温导致微生物活力降低和死亡的原因

温度下降,微生物细胞内的酶的活性随之下降,使得物质代谢过程中各种生化反应速度

减慢,因而微生物的生长繁殖速度也随之减慢。

在正常情况下,微生物细胞内各种生化反应总是相互协调一致的。但在降温时,各种生化反应按照各自的温度系数(Q_{10})减慢,破坏了各种生化反应的协调一致性,从而破坏了微生物细胞内的新陈代谢。

温度下降时,微生物细胞内的原生质粘度增加、胶体吸水性下降、蛋白质分散度改变,并且最后还会导致不可逆的蛋白质凝固,破坏其物质代谢的正常运行,对细胞造成严重的损害。

食品冻结时,冰晶体的形成会使得微生物细胞内的原生质或胶体脱水,细胞内溶质浓度的增加常会促使蛋白质变性;同时,冰晶体的形成还会使微生物细胞受到机械性的破坏。

食品冷却贮藏的温度可阻止某些微生物的生长,并大大减缓其他微生物的生长速度。因此,与常温下相比,冷却贮藏可延长食品的贮藏期。而食品的冻结贮藏的温度则可抑制所有微

生物的生长。

(三) 影响微生物低温致死的因素

1. 温度的高低

温度在冰点左右或冰点以上,部分能适应低温的微生物会逐渐生长繁殖(见表 1-1-1),最后也会导致食品变质。这是冷却贮藏的食品不耐久藏的原因。

表 1-1-1 牡蛎在贮藏过程中的细胞数

贮藏期/d	下列各贮藏温度时每毫升的细菌数/个		
	5℃	0℃	-5℃
0	1 600	1 600	1 600
6	6 600	3 600	3 400
17	66 500	4 100	2 100
24	1 660 000	8 900	1 800

冻结温度对微生物的威胁性很大,尤其是-2~-5℃的温度对微生物的威胁性最大。但是温度下降到-20~-25℃时,微生物的死亡速度反而缓慢得多(见表 1-1-2)。因为温度低至-20~-25℃时,微生物细胞内的生化反应几乎完全停止,胶质体的变性也十分缓慢。

表 1-1-2 荧光假单胞菌在冰冻贮藏中的死亡率

温度/℃	贮藏时间/d	占最初菌数的百分比/%		
		损伤菌	死亡菌	正常菌
-7	1	25	51	24
	7	17	82	1
	15	1.9	98	0.1
-18	1	41	51	8
	7	34	63	3
	15	12.8	87	0.2
-29	1	35	48	17
	7	39	54	7
	15	36	59	5

2. 降温速度

在冻结温度以上时,降温越快,微生物的死亡率也越大。这是因为在迅速降温过程中,微生物细胞内的新陈代谢所需的各种生化反应的协调一致性被迅速破坏。

食品冻结时的情况恰恰相反,缓冻会导致大量微生物死亡,而速冻则相反。因为缓冻时形成量少粒大的冰晶体,不仅对微生物细胞产生机械性破坏作用,还促进蛋白质变性。速冻时食品在对细胞威胁性最大的-2~-5℃的温度范围内停留的时间甚短,而且温度会迅速下降到-18℃以下,能及时终止微生物细胞内酶的反应和延缓胶质体的变性,故微生物的死亡率较低。一般来说,食品速冻过程中的微生物的死亡率仅为原菌数的 50% 左右。

3. 结合水分和过冷状态

细菌的芽孢和霉菌的孢子中水分含量较低,其中结合水分的含量较高,在降温时较易进入

过冷状态,而不形成冰晶体,这就有利于保持细胞内胶质体的稳定性,使其不易死亡。

4. 介质

高水分和低 pH 的介质会加速微生物的死亡,而糖、盐、蛋白质、脂肪等对微生物有保护作用。

5. 贮藏期

冻结贮藏时微生物的数量一般总是随着贮藏期的增加而有所减少,但贮藏温度越低,减少

的量越少。低温对微生物的影响可用图 1-1-4 概括地加以表示。

大多数食物中毒菌在 10℃ 以上能迅速生长繁殖,某些食物中毒菌和病原菌在温度降低至 3℃ 前仍能缓慢地生长繁殖。

嗜冷菌在 0~ -10℃ 温度范围内仍能缓慢地生长。食品温度低于 -10℃,微生物停止生长并逐渐死亡,但达不到无菌的程度。

食品冻结贮藏时,微生物

数量虽也会下降,但和高温热处理具有本质的区别,因为低温并不是有效的杀菌措施,而是抑制其生长繁殖的有效措施。

温度为 0℃ 时,微生物的生长繁殖速度与室温时相比已很缓慢,因此 0℃ 成为食品短期贮藏常用的温度。温度为 -10℃ 时,几乎所有的微生物已停止生长,因此 -10~-12℃ 成为冻结食品能长期贮藏的安全温度。而酶的活性,一般只有当温度下降至 -20~-30℃ 时,才有可能受到很大的抑制。国际冷冻协会建议为防止微生物繁殖,冻结食品必须在 -12℃ 以下贮藏。为防止食品发生酶变及物理变化,冻结食品的品温必须低于 -18℃。

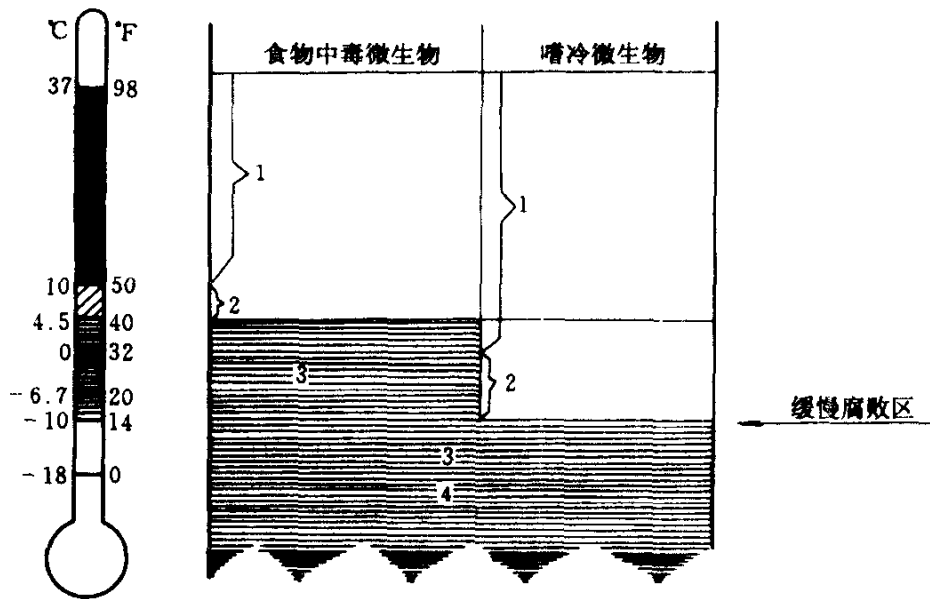


图 1-1-4 食物中毒菌和嗜冷菌的生长温度范围

1—生长迅速区段 2—某些菌缓慢生长区段

3—停止生长区段 4—缓慢死亡,但很少全死区段

第二节 食品的冷却

食品的冷却本质上是一种热交换过程,即是让易腐食品的热量传递给周围的低温介质,在尽可能短的时间内(一般数小时),使食品温度降低到高于食品冻结点的某一预定温度,以便及时地抑制食品内的生物化学变化和微生物的生长繁殖的过程。冷却是食品冷藏前的必经阶段。

易腐食品在刚采收或屠宰后立即进行冷却最为理想,这样可以最大限度地保持食品原料的原始质量,抑制微生物和酶引起的变质。不少例子可以说明,采收或屠宰后若将易腐食品延缓数小时再进行冷却,与采收或屠宰后马上就进行冷却的同类食品比较,在质量上有明显的不同。食品冷却过程中的冷却速度和冷却终了温度是抑制食品本身的生化变化和微生物的生长繁殖,防止食品质量下降的决定性因素。

一、影响食品冷却过程的因素

影响食品冷却过程中的冷却速度和冷却终了温度的因素有：冷却介质的相态,冷却介质运动的状态(自然流动或强制流动)和速度,冷却介质与食品的温差,冷却介质的物理性质(热容、热导率等),食品的厚度与物理性质(质量热容、热导率)等。

(一) 冷却介质

冷却介质是从食品中吸收热量,并把热量传递给冷却装置的媒介物。通常采用的冷却介质有气体、液体和固体。

在气体介质中普遍采用的是空气。空气随处可得,不需任何费用。但空气的对流传热系数小,冷却速度慢。空气若长时间地作用于食品,会引起食品的不良变化,如空气中的氧与肉中脂肪的氧化作用。当食品没有用不透气的材料包装,并以空气作为冷却介质时,在水蒸气压差的作用下,食品表面的水分会向空气中蒸发,导致食品的质量损失(干耗);吸收了食品的热量和水分的热湿空气与冷却装置的冷表面接触换热时,会在冷却装置的排管上凝水或结霜。

液体冷却介质有冷水和水冰混合物。水的对流传热系数大,冷却速度快。用冷水作为冷却介质没有氧化和干耗的问题。但是用冷水作为冷却介质容易对食品造成交叉污染,如禽类冷却时的沙门氏菌的污染问题;用冷水作为冷却介质还会产生食品中可溶性物质的损失和食品的带水量过多的问题。

固体冷却介质主要是淡水冰。用冰作为冷却介质,食品的冷却速度比用空气作为冷却介质的快,但比以水作为冷却介质的慢。用冰作为冷却介质也没有氧化和干耗的问题,但用冰作为冷却介质有劳动强度较大的缺陷。冰冷却法对鱼类来说是最好的冷却方法。

(二) 食品冷却过程中的传热问题

食品在冷却过程中的热交换,既有对流传热也有传导传热。

对流传热是流体和固体表面接触时互相间的热交换过程。食品冷却时,热量从食品表面向冷风或冷水传递就属于对流传热。单位时间内从食品表面传递给冷却介质的热量 $\Phi_t(W)$ 可用下式表示:

$$\Phi_t = hA(T_s - T_r) \quad 1-1-2$$

式中 h ——对流传热系数 [$W/(m^2 \cdot K)$]

A ——食品的冷却表面积 (m^2)

T_s ——食品表面的温度 (K)

T_r ——冷却介质的温度 (K)

从上式可以看出,对流传热的热量与对流传热系数 h ,传热面积 A ,食品表面与冷却介质的温差成正比。

表 1-1-3 对流传热系数与流体流动状态的关系

冷却介质	流动状态	对流传热系数/[$W/(m^2 \cdot K)$]
空 气	静止	4.6~8.1
	流速 5m/s 以下	$6.16 + 4.18v$
	流速 5m/s 以上	$7.5v^{0.75}$
液 体	静止	81.3~174.2
	流动	$58.1 + 348v^{0.5}$

注: v 为流体的流速 (m/s)。