

食品杀菌技术

SHI PIN
SHA JUN
JI SHU

杨方琪 萧振金 编著

责任编辑：彭倍勤

封面设计：苏蕴芊

食品杀菌技术

杨方琪 萧振金 编著

中国食品出版社

内 容 简 介

食品杀菌技术就是运用各种手段杀灭食品中的各种有害微生物,从而保持食品的品质并使之达到一定保藏期为目的的一种技术。本书系统地介绍了各种杀菌技术,包括:加热杀菌,化学药剂杀菌,辐射杀菌,除菌等等技术,还介绍了有关食品包装材料等方面的内容。

本书兼有知识性和实用性,对食品行业的从业人员极为适用。

食品杀菌技术

杨方琪 萧振金编著

*

中国食品出版社出版
(北京市广安门外湾子)

印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

开本787×1092毫米1/32印张 6 1/2 146千字

1988年6月第1版1988年6月第1次印刷

印数: 1—6800

书号: ISBN 7—80044—094-X/TS·095

定价: 1.65元

目 录

绪论.....	(1)
一、加热杀菌技术.....	(9)
(一) 加热杀菌原理	(9)
(二) 加热杀菌方法及杀菌装置	(45)
(三) 加热杀菌条件的确定	(77)
二、化学药剂杀菌技术.....	(82)
(一) 化学药剂的杀菌作用	(83)
(二) 卤素类杀菌剂	(90)
(三) 氧化剂类杀菌剂	(98)
(四) 表面活性剂杀菌	(100)
(五) 杂环类气体杀菌剂	(104)
(六) 洗必太杀菌剂	(110)
(七) 醇类杀菌剂	(113)
三、辐射杀菌技术.....	(115)
(一) 概述	(115)
(二) 放射线对微生物的作用	(121)
(三) 影响微生物对辐射敏感性的因素	(127)
(四) 辐照对食品成分的影响	(132)
(五) 辐照在食品中的应用及其安全性	(135)
(六) 紫外线杀菌	(140)
四、除菌技术.....	(147)
(一) 过滤除菌	(147)

(二) 沉降法除菌	(165)
(三) 洗涤除菌	(167)
五、加热与其他手段并用的杀菌技术	(178)
(一) 加热-化学药剂并用的杀菌法	(178)
(二) 加热-辐射并用的杀菌法	(184)
(三) 加热与其他手段并用的杀菌法	(187)
六、包装材料与杀菌的关系	(189)
(一) 杀菌、包装与食品保藏的关系	(189)
(二) 不同的包装容器采用不同的杀菌方法及 其评价	(191)
参考文献	(199)
后记	(201)

绪 论

众所周知，人类的食物主要来源于农副产品、畜产品和水产品。这些产品不论以新鲜状态食用，还是加工后食用，都必须解决储藏问题。因为有的在原料状态短时期内就可腐烂，有的在加工过程中会变质，有的就是加工成制品后在销售过程中还可能败坏。因此，防止食品的变质、腐败是食品生产者的重要任务。

引起食品变质和腐败的原因有如下几个方面：

物理变化：如水分变化、组织变化、淀粉老化、蛋白质的热变性等；

化学及生物化学变化：如脂肪与其它的脂类物质的哈败（酸败）、非酶褐变、酶褐变、自溶现象、由酶引起的分解和酸败等；

微生物引起的变质：腐败、产毒。

针对上述原因，目前常用的防止食品变质、腐败的方法有：冷藏、冻结贮藏；预煮或热烫；低温和高温杀菌；干燥、浓缩；放射线辐照；除菌。这些方法统称为物理的方法。

运用化学的方法有：加用防腐剂、杀菌剂、抗氧化剂、漂白剂等，添加食盐、酸、糖类等，用烟熏和熏蒸，使用气调，如使用氮气、二氧化碳及除氧剂等。

还有微生物方法，如用酒精发酵、乳酸发酵、醋酸发酵等。

在食品加工过程中通过各种方法消灭有害的微生物，使食品达到保藏的目的，叫食品的杀菌。

微生物是一群微小的生物，其形体很小，人们往往要借助一定倍数的显微镜才能看到它们。利温霍克(Leewenhock)于1700年发明了显微镜，并且首先观察到这些微小的生命物，不过那时人们不称它为微生物而叫它“微小活兽”罢了。微生物虽然结构简单，形体微小，但分布极为广泛，对自然环境的适应性也很强，无论在土壤、空气和水中，还是在人和动植物体上，几乎到处都有它的存在和活动。

微生物一般包括细菌、霉菌、酵母菌以及放线菌，病毒等。

许多微生物对人类是有用处的。如果没有能产生发酵作用的微生物，也就不会有面包、干酪、酒、啤酒、泡菜、腐乳等可口的食品了，在工业中广泛使用的各种酶制剂也不可能存在。另一方面，微生物在生态平衡中起着十分重要的作用。

但有一些微生物对人体却是有害的，如被粪便污染的食物、饮水，其指示菌能在温血动物和人类肠道中繁殖，然后通过粪便排泻再污染各种食物和饮水，人们食用和饮用它们，就会引起疾病，这种细菌通常叫致病菌或病原菌，在罐头、乳制品、饮料等食品中常有发现，因而必须杀灭它们。据有关资料介绍，引起人类疾病的微生物有62种，其中有25种可经食品传染，约占40%。由此可知，杀灭食品中的致病菌，保证食品的食用安全和卫生是何等重要。

在食品工业发展的初期，常常有许多成品发生腐败变质，废品率很高，这是由于没有很好加强卫生管理和没有良好的

杀菌技术所致。

食品被微生物污染有许多途径，有的来自自然环境，有的来自原料本身，有的来自食品处理加工过程，有的来自食品杀菌后因包装不良而再污染。一般在1克土壤中含有 $10^3 \sim 10^7$ 个微生物，浅层的土壤中多于深层土壤。空气中微生物主要来自地面，有人曾对食品工厂的空气中落下的微生物进行过试验，用一种琼脂培养基接受5分钟，其上具体微生物数如下：

场 所	空中落下的细菌数	空中落下的霉菌数
通路入口(外)	166	12
通路入口(内)	46	4
内处理台	19	3
内容器	12	2
真空包装处	10	2
制品冷藏库	128	97
冷藏库通路	36	18

由此可知，生产场所的卫生情况如何，将直接影响食品的加工质量。

河川、湖泊、池水中也往往含有大量微生物，严重污染的河水每毫升的细菌数可高达 10^7 个以上。不言而喻，经河水洗涤的食物虽可洗去大部分由土壤所带来的微生物，但同时又被河水中的微生物所污染，因而食用是不安全的。因此，绝不能把未经消毒的河水、井水等直接用作食品工业生产中的洗涤水，必须严禁将未经消毒杀菌的水用来配制饮料。

海水中虽含有一定量的盐分，但同样存在着微生物，这

些微生物一般属于嗜盐菌。靠近陆地的海水，因有江河的水流入，含有较多的有机物，因此微生物也较远海的海水为多。

人及动植物的体表，因经常与空气、水、土壤接触，极易沾染各种微生物。人们在加工食品前如果不采取消毒措施就会把这些沾染的微生物带到食品中去。因此，操作人员的个人卫生，对食品生产具有很重要的意义。

综上所述，在食品生产中，只有进行严格的卫生管理，控制污染，才能保证杀菌效果，保证产品质量和安全。

在一定的环境条件下，一般地说，细菌具有球菌、杆菌和螺旋菌三种形态。将细菌接种到适合的培养基上，在一定温度下培养，经过一段时间后，培养基的表面会积聚许多菌体的细胞，可用肉眼看到，这种群体称为菌落。不同细菌的菌落，其大小、颜色、形态、结构等也各异，依此可以鉴别出各种不同的细菌。细菌由细胞壁、细胞质膜、细胞质、细胞核等组成。有些细菌还有荚膜、鞭毛和芽孢等。荚膜具有保护细菌的作用，在食品中产生荚膜的细菌常使某些食物变得带有粘性。鞭毛往往是某种细菌的运动器官。许多杆菌都能产生芽孢，这些芽孢大多具有很强的耐热性。如杀菌不足还会导致食品的败坏。有的芽孢菌在食品中还能产生毒素，从而引起人类食物中毒。上述这些在拟定食品的杀菌条件时必须予以重视。细菌芽孢并非不繁殖，而是微生物在遇到不适宜的环境（如营养不足、过热或过冷、存在一些对其生长不利的物质等）时的一种自我保护的过渡方式。当具备适宜条件时，芽孢可吸收大量水分，体积膨大而发芽，然后形成一个新的个体，又可生长繁殖。芽孢的生存能力很强，在自然环境中可存活多年甚至几十年，有些芽孢在沸水中16~18

小时后依然存活,对氯的耐受能力亦较强;有些芽孢在15ppm氯溶液中能存活3小时。在有些食品如罐头食品中,往往会受到耐热性强的芽孢的污染,使低酸性罐头食品败坏,严重时引起食物中毒。污染食品的芽孢菌主要来自食品原料种植的土壤,根菜类如芦笋污染芽孢菌较多。因此,食品加工中原料的清洗至关重要,经充分洗净的原料可使芽孢减少到最低限度,有利于杀菌的进行。

能引起食品败坏和食物中毒的常见细菌有:芽孢杆菌属;梭状芽孢杆菌属;埃希氏杆菌属;沙门氏菌属;志贺氏菌属;葡萄球菌属;链球菌属。

芽孢杆菌属为革兰氏阳性菌,其中有些具有毒性,是食品中最常见的腐败菌,如炭疽芽孢杆菌。有些耐热性强的则常引起罐头食品酸败,如凝结芽孢杆菌、嗜热脂肪芽孢杆菌。梭状芽孢杆菌中肉毒杆菌的毒性较大,能引起食物中毒。根据其生化反应不同,肉毒杆菌又可分为A、B、C、D、E、F、G型,以A、B型的耐热性最强,在一定浓度时被完全杀灭所需的温度和时间分别是:100℃、360分钟和120℃、4分钟。A、B型还能产生强烈的外毒素,A、B、E、F型是使人食物中毒的病原菌。然而由肉毒杆菌引起的食物中毒较为罕见,这种细菌是非常可怕的,它能使70%的患者致死。但只要发病后立即服用抗毒素,生命还是能挽救的。尽管由肉毒杆菌引起的食物中毒较为罕见,但一旦发生,它会给食品生产带来很大的麻烦,因此,在拟定杀菌条件时往往被当作对象菌来考虑(或用PA3679芽孢菌)。葡萄球菌属中的金黄色葡萄球菌污染食品后也可引起食物中毒,由于它的耐热性较弱,在杀菌后的罐头中很少发现;但它易于在牛乳

中繁殖，这是乳品加工中需要认真对付的细菌。

链球菌属中的溶血性链球菌也会引起疾病，但它的耐热性较弱，一般在食品加工中都能被杀灭。沙门氏菌属对热的抵抗力很弱，但在低温下可存活很长时间。引起沙门氏菌食物中毒的食品有鱼、肉、蛋和乳品等。志贺氏杆菌属又称痢疾杆菌属，是主要的肠道病原菌。埃希氏杆菌属归于大肠菌群，存在于人及动物的肠道内，因此，在肠道以外发现，就可认为受到粪便污染。此菌对食品工业的威胁没有上述各种菌大，但在冷饮生产中要特别注意其污染。

酵母菌对热敏感性强而对冷的敏感性弱，最适生长温度为25~30℃，加热杀菌后的食品中一般不会发现酵母菌。

霉菌对冷的敏感性较之耐热性大得多，只有少数霉菌对食品的杀菌具有实际意义，如纯黄丝衣霉能引起某些果汁、水果罐头的变质，但其孢子的耐热性远比细菌孢子的耐热性弱，因此亦较易对付。

就食品生产中的杀菌而言，真正难以对付的微生物是细菌。如果制订的杀菌条件能杀灭细菌，则酵母菌、霉菌亦可同时杀灭。因此，把细菌作为食品杀菌的主要研究对象就不难理解了。

关于细菌的最适繁殖温度，按其生理类群可分为嗜热菌，嗜温菌、低温菌和嗜冷菌四类，其繁殖的最适温度如下：

氧的存在与否对细菌的生长有重要的影响，按照细菌对氧的需求，可分成四类：(1)专性需氧细菌：只能在有氧的条件下生长；(2)兼性需氧菌：在有氧的条件下生长最好，但在缺氧环境中亦能生长；(3)专性厌氧菌：只能在无氧条件下生长；(4)兼性厌氧菌：在无氧条件下生长最好，但也能

细菌种类	最低温度(℃)	最适温度(℃)	最高温度(℃)
嗜热菌	30~45	50~70	70~90
嗜温菌	5~15	30~45	45~55
低温菌	-5~5	25~30	30~35
嗜冷菌	-10~5	12~15	15~25

在有氧条件下生长。

大多数细菌最适生长的 pH 值在 6.6~7.5 之间，特别是病原菌，较霉菌、酵母菌都不耐酸，几乎没有细菌能在 pH 3.5 以下的环境中生长。因此，引起高酸性食品变质的主要原因是酵母菌和霉菌，而肉类和鱼类食品的 pH 接近于 7.0，往往多因细菌导致腐败。食品按其酸度可分类如下表。

食品的杀菌技术，就是运用各种手段，杀灭食品自身污染的、从食品包装容器带入的、加工与调配过程中由操作人员和设备引入的、以及生产环境中存在的各种有害微生物，从而保持食品的品质和达到一定保藏期为目的的一种技术。

食品的除菌技术，则是将腐败菌排除于食品之外，使食品达到保存的目的的一种技术。

细菌对外界环境有各自的适应性，因此，控制它们所处的环境条件，就可抑制其生长和繁殖，食品就可免遭破坏。干燥、浓缩、冷藏和冷冻、抽真空等就是根据腐败菌的生理特性，相应采取的不同抑制方法，从而使食品在一定时期内不腐败变质的一种技术。

采用合理的包装技术(如罐装、瓶装、软包装、无菌包装、真空包装、充气包装等)，使食品与外界环境相“隔离”，就

酸度级别	pH值	食品种类	常见腐败菌	加热杀菌要求
低酸性	5.0以上	虾、蟹、贝类、禽、牛、猪肉、猪肉、火腿、肉、蘑菇、青豆、青刀豆、芦笋、笋	嗜热菌、嗜温厌氧菌、嗜温兼性厌氧菌	高温杀菌 105~121℃
中酸性	4.6~5.0	蔬菜肉类混合制品、汤类、面条、沙司制品、无花果	同上	同上
酸性	3.7~4.6	荔枝、龙眼、桃、樱桃、李、枇杷、梨、苹果、草莓、番茄、什锦水果、番茄酱、荔枝汁、苹果汁、草莓汁、番茄汁、樱桃汁	非芽孢耐酸菌、耐酸芽孢菌	沸水或100℃以下介质中杀菌
高酸性	3.7以下	菠萝、杏、葡萄、柠檬、果酱、果冻、草莓酱、醋栗汁、酸泡菜、酸渍食品	酵母、霉菌、酶	

能防止环境中的微生物对食品的再污染，使食品得以保存。不过该方面的技术往往要结合其他杀菌手段(如热杀菌等)联合使用，才能使食品更好地保藏。

食品工业中所用的热杀菌和冷杀菌，前者是建立于对微生物实体的认识为基础的，加热杀菌的有效性、简便性、经济性，使它成为杀菌技术中最广泛应用的一种方法；而后者则是按不同的场合，利用各种杀菌剂以及各种射线、紫外线等以达到杀菌的目的。

细菌学上的所谓杀菌，是指绝对的无菌。而食品工业上的杀菌，只要求食品经杀菌后，不致含有影响人体健康的致病菌或者足以抑制腐败菌的活动，从而保持食品品质就行了，不需达到完全无菌。故在各种食品的卫生标准中，规定仍可存在一定数量的染菌。

$$u = u_0 (1 - e^{-\alpha x})$$

$$f(x) = f(0) + \frac{1}{2} + (1 - f(0))$$

$$\frac{1}{x} = \frac{1}{x_0} + \frac{1}{x_1}$$

一、加热杀菌技术

利用加热杀灭食品中有害微生物的方法既是古老的(经典的)方法,也是近代极其重要的一种杀菌技术。法国人阿佩尔(Appert)于1804年发明了一种行之有效的食品保藏技术,这种技术是将食品严密封装在瓶中后,放在沸水中煮一段时间,就可使食品保存很长的时间(后人为纪念他,称此法为阿佩尔杀菌法,又叫罐藏法)。但那时并不明白煮沸具有杀菌的作用,直至50年后法国人巴斯德(Pasteur)等人才阐明食品腐败的原因是由于某种细菌作用的结果,从而初步解决了食品腐败的机理,为杀菌技术的发展奠定了理论基础,“巴氏杀菌”(pasteurization)这一术语就是对他这一贡献的纪念。

(一)加热杀菌原理

理想的食品杀菌工艺,应是能迅速杀灭食品中的有害微生物,即对象菌(基准菌),同时经杀菌后食品营养成分受损最小,食品品质变化亦限制在最小程度。这就需要认识腐败菌中对象菌的耐热性;了解杀菌时食品的传热特性;根据食品的性质和产品要求,合理确定杀菌工艺和选择合适的杀菌设备;以及严格控制操作等,才能得到最佳的杀菌效果。

1. 腐败菌的耐热性

(1) 腐败菌的耐热机理 经过加热杀菌后，腐败菌失去繁殖和变异的能力，即标志了死亡。加热促使腐败菌死亡的原因，普遍认为是由于腐败菌细胞内的蛋白质受热凝固变性的结果。温度愈高，细胞内分子热运动加剧，蛋白质凝固变性越迅速，腐败菌愈快死亡。细胞内水分含量愈高，蛋白质凝固变性愈快，细菌愈快死亡。

腐败菌细胞内蛋白质的热凝固性，直接影响食品加热杀菌的效果。

(2) 腐败菌耐热性的表示法 通常情况下，腐败菌的耐热性是用温度和时间来表示的，要经过耐热性试验才能确定不同腐败菌的耐热性。通过试验和测定，可以达到：

认识从腐败制品中分离出的特定菌种、菌株的耐热性大小；

查出已知的菌株处于不同条件时的耐热性差异，从而选出耐热性最强的菌株；

发现最耐热的菌株置于特定的培养基中或新的食品中时，其耐热性可能产生的变化。

① D 值(即指数递降时间)：腐败菌及其芽孢的耐热性，有一个重要的规律，这就是其死亡数是按对数循环下降的。设腐败菌的初始浓度为 a ，经某一加热温度处理 t 分钟后，残菌浓度为 b (菌的浓度单位为：菌的个数/每毫升)，

$$\text{则 } t = D \lg \frac{a}{b}, \text{ 或 } D = \frac{t}{\lg a - \lg b}$$

图1为腐败菌残菌率曲线。

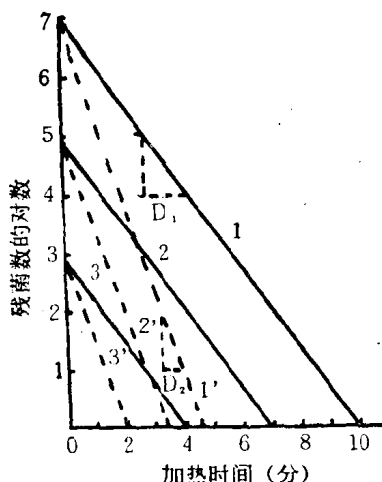


图 1 微生物的致死率曲线
($t_1 < t_2$)

1, 2, 3——加热温度为 $t_1(^{\circ}\text{C})$,
杀灭90%菌的时间 D_1 ;
1', 2', 3'——加热温度为 $t_2(^{\circ}\text{C})$,
杀灭90%菌的时间 $D_{1'}$ 。

从图1可知, D 值实际上是菌致死率曲线斜率的负倒数, 可以认为在某一温度下, 每减少90%活菌(或芽孢)数所需的时间, 通常以分钟为单位。从 D 值的大小, 可以区别不同菌的耐热性大小, 因而作为菌的耐热性的一个表示值。必须指出, D 值是不受原始菌数的影响的, 但随热处理的温度不同而变化, 温度愈高, 菌的死亡速率愈大, D 值则减小。此外, 由于细菌芽孢在热处理时所处的环境不同, 其死亡率亦不相同, 因而 D 值也会变化。

为区别不同温度下的 D 值, 可在 D 的右下角标注温度 T 的符号或热处理温度值, 如 D_T 或 D_{100} , $D_{121.1}$ 等, 因 $D_{121.1}$ 在实际杀菌时应用较多, 通常以 D_r 代替 $D_{121.1}$ 。

②TDT值(即热力致死时间): 在一定的时间内(通常指1~10分钟)对细菌进行热处理时, 从细菌死亡的最低热处理温度开始的各个加热期的温度称为热力致死温度。在热力致死温度下杀灭一定浓度的菌所需要全部时间, 一般用TDT值表示。同样在右下角标注上杀菌温度, 如 $\text{TDT}_{121.1}$ 等。TDT值的单位为分钟。在 121.1°C (250°F) 热死温度下的腐败菌的热力致死时间, 通常用 F 值表示。当热力致死时间减

少1/10或增加10倍时所需提高或降低的温度值，一般用 Z 值表示。 Z 值是衡量温度变化时微生物死灭速率变化的一个尺度。 F 值可用于比较相同 Z 值时腐败菌的耐热性，它与菌的死灭试验时的原始菌数有关，随所指定的温度、菌种、菌株及所处环境不同而变化，故 F 值的完整写法应是 F_T^i 。为简便起见，习惯上又把 $F_{121,1}^{10}$ 写作 F_0 。因此，应用 F 和 Z 可以比较处于不同环境下菌的耐热性，只是比较 F 值时还应注意原始菌数是否一致。

③TRT值(即热力指数递减时间)：在某特定的热死温度 $T(^{\circ}\text{C})$ 下，将细菌或芽孢数减少到 10^{-6} 时所需的热处理时间，单位为分钟。

(3)干、湿热条件下腐败菌的耐热性 微生物的耐热性在干热和湿热两种不同加热处理条件下是不相同的，前者比后者耐热性强。

①在湿热条件下腐败菌的耐热性：湿热条件下杀菌，一般是指将物品放在水中煮沸或用高压蒸气加热的杀菌，杀菌效果显著，当杀菌温度为 121°C 时，各种微生物包括芽孢的细菌经15~20分钟可被杀灭。

在无孢子细菌中，杀灭其嗜热菌需要较高的温度。如欲杀灭保加利亚乳酸杆菌、嗜热性乳酸杆菌、乳酸链球菌等高温性乳酸菌必须加热至 70°C 以上。少数菌，如水生嗜热菌就是加热至 80°C 以上也难以杀灭。杆菌和球菌亦有较强的耐热性。病原菌，包括致病菌与产毒菌，除了炭疽杆菌、肉毒杆菌及产气荚膜杆菌能形成芽孢因而较耐热外，其余都不形成芽孢，因而不耐热。病原菌中最耐热的是结核杆菌和金黄色葡萄球菌，但他们在加热至 60°C 、30分钟后亦可杀灭。水生