声 明

本电子书由中国农业出版社数字出版，相关权利归中国农业出版社拥有。读者、著作权人和（或）依法可以行使著作权的权利人如有疑问，请与中国农业出版社联系：

地址：北京市朝阳区麦子店街 18 号楼

邮编：100026

电话：010-64194921 010-65005894

E-mail:lishanzhao@sina.com

中国农业出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

内 容 提 要

本书通过大量资料和实际示例系统地阐述了微生物的耐热特性、耐热机制和杀菌原理。从提高食品品质、保持食品营养成分的角度，详述了加热杀菌、药物杀菌、辐射杀菌及除菌的手段和方法，介绍了有关的杀菌设备及其使用。对多种方法配合应用的效果进行了探讨，介绍了无菌化包装的应用及粉粒状食品的杀菌。对主要杀菌方法的能量消耗作了比较，提出了今后的研究课题。

全书共六章，分别为：绪论、加热杀菌、药物杀菌、辐射杀菌、除菌、食品杀菌工艺学中的几个问题。

可供大专院校师生、食品工业、医疗及药品、化妆品生产等方面的科技人员、有关厂家的专业技术人员及技术工人参考。

新编食品杀菌工艺学

〔日〕 芝崎 勋 著

许有成 译

李志远 王培武 校

农 业 出 版 社

新·食品殺菌工学
昭和58年7月30日印刷
昭和58年8月10日発行
著者　芝崎　勲
発行人　鎌田恒男
発行所　株式会社　光琳
印刷人　田中春吉
印刷所　株式会社　壮光舎印刷
2301
ISBN 4-7712-8305-2
C 3050

新编食品杀菌工艺学

〔日〕芝崎　勋　著
许有成　译
李志远　王培武　校

• • •

责任编辑　赵源林

农业出版社出版（北京市朝阳区农展馆北路2号）
新华书店北京发行所发行　　北京市密云县印刷厂印刷

850×1168mm32开本　17.75印张　452千字
1990年11月第1版　1990年11月北京第1次印刷
印数　1—1,300册　定价 10.95 元
ISBN 7-109-01541-6／TS·17

译 者 的 话

本书是根据日本大阪大学工学博士芝崎勋教授所著的《新·食品杀菌工学》一书（1983年8月初版）翻译的。

芝崎教授是日本最早从事杀菌、贮藏领域的研究和教学的学者之一，多年来一直倾心于这方面的研究和教学工作。他1967年编著的《食品杀菌工学》一书在日本很畅销，曾再版了四次，1974年又经改编后在《食品工业》杂志上连载。这本《新·食品杀菌工学》是著者于退休之前，在上述著述的基础上，根据多年的研究实践和教学经验，参考各国最新研究成果编著而成的。书中从研究微生物的耐热特性入手，通过大量资料和实际示例，系统地阐述了微生物的耐热机制、试验方法和杀菌原理，从提高食品品质、保持食品营养成分的角度，详述了加热杀菌、药物杀菌、辐射杀菌和除菌的手段、方法及有关设备和使用；提出了该领域中有待深入探讨的课题，对教学、科研和生产实践都具有很大的指导意义。

目前，我国的食品工业方兴未艾，食品杀菌工艺的研究也已引起各有关方面的关心和重视。本书将为我国有关院校、科研部门及食品加工业者丰富知识、开扩思路提供参考。

本书由新疆农垦科学院特产研究所组织翻译，所长李元声、副研究员施献松、郑伯雄同志审稿，并特请新疆城乡工程技术事务所所长刘伯堂、天津商学院食品工程系副教授陈志强两位先生审阅；在翻译过程中，还得到了原著者芝崎勋先生的大力协助。在此一并表示衷心的感谢！

由于译者的翻译水平和专业知识所限，谬误之处在所难免，恳请各界读者不吝指教。

译者

1989年1月16日

需要全本请访问 www.ertongbook.com

前　言

大阪大学工学部发酵工程专业，自1929年4月大阪工业大学开设酿造专业以来，一直很注重与食品工业的内在联系，力求使酿造和发酵赶上食品工业发展的步伐，通过执教者们的倾心竭力，在教学和研究上一向颇具特色。

笔者任大阪大学副教授后，自1956年起主讲的《粮食工业》第一册、第二册（后修订为《粮食工艺学》第一册、第二册），1961年起主讲的第三讲座内容也经修改补充成册，即现在的《杀菌及粮食贮藏工艺学》，之后这二十多年来，一直从事该领域的教学和研究工作。

尽管目前在杀菌、贮藏等方面都取得了可喜的进展，但当时，日本还没有开办这方面的综合性讲座。出于笔者的热望，才开始了该领域的教学和研究工作。然，秉烛有日，笔者能在职工作的时间已经不多了。

杀菌，在食品加工上历来都主要应用于罐头生产，在罐头以外的其他食品加工方面，还不大为人们所重视。事实上，国内外有关杀菌方面的著述也寥若晨星。笔者升任教授后，几度春秋，在已故光琳书院经理镰田昭雄先生的劝勉下，不顾才疏学浅，拙成光琳全书（24）——《食品杀菌工艺学》（1967年11月20日出版），之后，随着人们对食品及其有关杀菌技术的日加重视，以至此书未加修订而连续再版四次，直到1974年5月以《新编食品杀菌、除菌讲座》在《食品工业》杂志上连载时（《食品工业》第17卷10号至18卷24号连载20期），才对其内容作了些修改。

时光荏苒，八年又过去了，鉴于八年来科学技术之日新月异，笔者经再三斟酌，决意重新撰写成册，取名《新·食品杀菌工学》。在繁忙的公务中，靠偷点滴之余暇，搜集整理资料，意欲

在有限的篇幅内尽可能安排更多的内容，但未必能全遂心愿，祈望各方同仁不吝赐教。

目前，杀菌作为排除有害微生物的一种手段，其重要性不仅在食品方面，就是在药品、化妆品生产甚至一般工业及其他有关方面都已为人们所认识。本书若能在广阔的领域内对确立杀菌技术有所帮助的话，笔者将不胜欣慰。

在本书编写过程中，曾参考了许多著述、研究报告和文献资料，俾益匪浅。在此谨向这些文献的作者们表示感谢。

并对为本书出版而特予关照、付出辛劳的光琳出版股份有限公司经理镰田恒男及金井健、老山胜先生致以深切的谢意。

芝崎　勋

1983年7月15日

目　　录

第1章　绪　论…… 1

第2章　加热杀菌…… 5

2-1　微生物的耐热性 …… 5

2-1-1　微生物对湿热的抗性 …… 7

2-1-2　微生物对干热的抗性 ……16

2-1-3　微生物的耐热机制 ……17

2-2　影响微生物耐热性的因素 …… 20

2-2-1　加热前微生物所经历的培养条件 ……21

2-2-2　加热时的相关因素 ……26

2-2-3　加热后的条件 ……41

2-3　加热处理对食品成分的影响 …… 44

2-3-1　碳水化合物 ……44

2-3-2　蛋白质 ……49

2-3-3　脂类 ……54

2-3-4　维生素 ……56

2-3-5　酶 ……61

2-3-6　着色物质 ……63

2-3-7　食品成分等遭受热力破坏与温度的关系 ……66

2-4　杀菌条件的选定 ……77

2-4-1　微生物的耐热性试验方法 ……77

2-4-2　微生物耐热性的表示方法 ……98

2-4-3　热传递……113

2-4-4　杀菌条件的计算……121

2-4-5　有利于保持食品品质、保存营养物质的高温短时杀菌……149

2-5　热力杀菌装置及加热杀菌的操 作……155

2－5－1　低温加热杀菌……155
2－5－2　高温加热杀菌……186
第3章　药物杀菌……274
3－1　药物对微生物的抗菌作 用……276
3－1－1　化学药物对微生物的影响……276
3－1－2　化学药物的抗菌作用机制……277
3－1－3　影响药物杀菌作用的因素……281
3－2　卤素系杀菌 剂……289
3－2－1　无机氯杀菌剂……292
3－2－2　有机氯杀菌剂……302
3－2－3　碘系杀菌剂……303
3－2－4　卤素系杀菌剂的应用示例……306
3－3　氧系杀菌 剂……310
3－3－1　过氧化氢……310
3－3－2　臭氧……314
3－4　表面活性剂 ……316
3－4－1　阳离子型表面活性剂……317
3－4－2　两性型表面活性剂……322
3－4－3　阴离子型表面活性剂……327
3－5　气体杀菌 剂……330
3－5－1　环氧乙烷……330
3－5－2　环氧丙烷……339
3－5－3　其他……346
3－6　双胍系杀菌剂 ……346
3－7　乙醇 ……350
第4章　辐射杀菌……358
4－1　绪言……358
4－2　辐射对微生物的作用 ……371
4－3　影响微生物辐射敏感性的因素 ……378
4－3－1　射线的种类……378
4－3－2　剂量率……379
4－3－3　分段照射……380

4－3－4　辐射前微生物经历的培养条件……381
4－3－5　照射时的温度……381
4－3－6　氧效应……383
4－3－7　含水量……384
4－3－8　pH值……386
4－3－9　化学物质……386
4－3－10　辐照后的条件……387
4－4　辐射对食品成分的影响……388
4－4－1　蛋白质及其有关物质……388
4－4－2　脂 类……392
4－4－3　碳水化合物……395
4－4－4　维生素……397
4－5　放射线在食品辐射中的应用……401
4－5－1　辐 射源……403
4－5－2　高剂量照 射……408
4－5－3　低剂量照 射……411
4－5－4　辐射食品的卫生安 全性……414
4－5－5　食品辐射的经济 性……417
4－6　紫外线 杀 菌……421
4－6－1　紫外线的杀 菌能力……422
4－6－2　紫外线杀菌的应 用……424
第5章　除菌……432
5－1　过滤除 菌……432
5－1－1　过滤器的 种类……433
5－1－2　过滤器在 液体除菌中的应用……438
5－1－3　空气除菌与净 室……445
5－2　沉 降 除菌……451
5－2－1　离心沉 降……454
5－2－2　静电沉 降（静电集尘）……457
5－3　清 洗……457
5－3－1　清 洗剂……458
5－3－2　食品厂中的清洗操 作……461

第6章　食品杀菌工艺学中的几个问题……471
6-1　多种方法配合使用提高致死或抑制微生物的效果……471
6-1-1　加热杀菌中多种方法配合使用的效果……472
6-1-2　冷杀菌中多种方法配合使用的效果……489
6-2　无菌化包装……495
6-2-1　容器杀菌……497
6-2-2　无菌充填所要求的环境杀菌……501
6-2-3　无菌化包装系统的实例……502
6-2-4　其他……512
6-3　粉状食品的杀菌……513
6-3-1　加热杀菌……514
6-3-2　冷杀菌……524
6-4　加热杀菌中的能量问题……526
6-4-1　罐头生产工艺中的能量消耗……527
6-4-2　罐头和软包装食品的整个生产、流通、消费过程中的能量消耗比较……534
6-4-3　罐头与冷冻食品中的能量消耗比较……536
6-4-4　从能量效率的角度来看待辐射……539
中文索引……548
英文索引……553

需要全本请访问 www.ertongbook.com

第1章　绪　　论

人类的食物主要来源于农产品、畜产品和水产品，或将这些产品作为生鲜食品直接利用，或以提高其贮藏性、方便性、嗜好性等为目的，经过各种加工处理（Food processing）后再行利用。然而这些产品中，虽说也有像禾谷类那样含水量低、品质比较稳定的，但一般还是以品质不稳定的居多。这些品质不稳定的产品无论是未经加工的原料，还是在工厂进行加工的过程中，或是加工后的成品以及这些成品在贮藏阶段都有发生败坏的可能。就是在作为商品上市进入流通领域以后，甚至到了消费者手里也都还有败坏的危险。

因此，食品工业，当然包括所有的食品生产部门，都必须致力于抑制所生产食品的败坏和变质。

食品败坏和变质的原因大抵有如下四个方面：

1.生物因素　由于昆虫等小动物的侵害和微生物所引起的腐败、变质及产生有毒物质等。

2.酶活性因素　自身消解、酶褐变、酶分解、酶氧化等。

3.化学因素　脂类及其他成分的氧化、非酶褐变等。

4.物理因素　组织发生变化、淀粉老化、蛋白质变性等。

所谓腐败，通常指的是食品中的含氮化合物被分解后生成了有恶臭、不愉快气味的物质或有毒物质的现象。导致腐败的原因一般是厌气性细菌在作怪，但有时兼性厌气菌或好气性细菌也会引起腐败。败坏，通常是泛指一切食品发生变质的现象，如表现为由微生物所引起的变质（主要是碳水化合物的分解、酸败、生霉）、氧化、老化、褐变等原因所引起的变质。在狭义上，有时也指除腐败外的其他各种原因所引起的食品品质变劣。

有时是上述几个因素在食品中单独起作用，但一般是其中的两三个因素同时或依次起作用而引起败坏。而往往又很难明确地区别开起作用的是一个因素还是多个因素。

防止上述的食品败坏（preservation）是食品工业中进行加工（processing）的首要目的。目前，随着集约化生产的发展、生产规模及流通范围的逐渐扩大和食品加工水平的不断提高，对延长食品贮藏期的要求越来越迫切。

要防止食品败坏，使食品在较长时期内保持其稳定性，避免品质下降，可采取下列方法进行处理：

1）物理方法

保持低温　冷藏（低温贮藏）、冷冻贮藏

加热处理　烹饪、热烫、低温加热杀菌、高温加热杀菌

除去水分　干燥、浓缩

辐射处理　γ射线、X射线、电子束、紫外线

真空、除菌、隔离（包装）等。

2）化学方法

利用防腐剂、杀菌剂、防氧化剂、漂白剂等

添加食盐、酸、糖类、水分活度（Aw）调节剂（Humectant）

烟熏、熏蒸

气体代换（N_2，CO_2）、添加脱氧剂等

3）利用微生物法　酒精发酵、乳酸发酵、醋酸发酵等

4）将上述方法配合应用　单用其中的一种方法有时也能达到防止食品败坏的目的，但多数情况下还是将两种或两种以上的方法配合应用效果较好。

前面提到的四个引起食品败坏的因素中，生物，特别是微生物所引起的变质尤为重要。要防止这类变质，除食品本身要杀菌外，还可采取下列几项措施：

杀菌——杀灭存在于处理食品的容器、加工及调配装置等环境中的有害微生物。

除菌——排除有害微生物。

抑制——对食品进行干燥、浓缩等加工处理，使之处于不利于微生物繁殖的状态；或使食品处于冷藏、冷冻、真空等不适宜于微生物繁殖的环境之中。

隔离（包装）——将食品包装起来与外界隔开。

食品工业上所采用的杀菌方法大致有加热杀菌和冷杀菌两类。加热杀菌早在微生物的本质尚未被人们认识以前就经验性地在实践中加以应用了。自Nicolas Appert、Louis Pasteur以后，又经过一些先驱者们的不懈研究和探索，才奠定了今天的加热杀菌技术的基础。这样，就其有效性、简便性以及经济性等方面来看，加热杀菌已成为食品工业及其他领域杀灭有害微生物的主要方法。但是，由于要处理加工的食品种类繁多，且加工工艺不断进步，在有些情况下，加热杀菌并不那么令人满意。鉴于此种情况，就得采用冷杀菌法，利用各种杀菌剂来进行杀菌。而且，放射线、紫外线的照射有时也很奏效。另外，通过各种方法的配合应用，也会收到不同的效果，而通过相互补益，还可能获得品质更为理想的加工食品。

若给M.E.Parker等人[1]提出的工艺学（Engineering）下个定义，那么，工艺学就是一门以一切科学、技术为基础，设计工厂、设计工业生产的工艺流程、实施建筑、操作的综合性学科。因此可以说，食品杀菌工艺学就是：

> “以食品原料、加工食品、烹饪食品等一切食品为对象，通过杀灭或排除能导致主要食品败坏的微生物，赋予食品以稳定性和长期贮藏性所必需的一切科学、技术的综合体系”。

为达到此目的，本书将基于微生物本身的特性，从工业技术、应用操作之广泛角度论及加热杀菌、药物杀菌、辐射杀菌和除菌，并就目前食品杀菌领域中所涉及的几个问题进行探讨。

现将整个杀菌、除菌领域中有代表性的著书列举如下，以便读者参考：

G.F. Reddish 编：Antiseptics, Disinfectants, Fungicides and

Chemical and Physical Sterilization, Henry Kimpton (1954).

G.Sykes: Disinfection and Sterilization, D.Van Nostrand (1958).

W.B.Hugo 编: Inhibition and Destruction of the Microbial Cell, Academic Press (1971).

S.S.Block 编: Disinfection, Sterilization and Preservation (2nd Ed.), Lea and Febiger (1977).

芝崎: 食品杀菌工学, 光琳书院 (1967).

芝崎: 新しい食品の杀菌·除菌技术, 光琳 (1976).

绵贯, 实川, 榊原编: 医科器械学业书1, 灭菌法·消毒法第1集—第4集 (改订第2版), 文光堂 (1981).

参 考 文 献

〔1〕M.E.Parker, E.H. Harrey and E. S. Stateler: Elements of Food Engineering, Vol.1, 3, Reinhold Pub.Corp. (1952).

第2章　加热杀菌

在食品以及发酵培养基、医药、医疗器械、化妆品等的生产领域中，加热杀菌在杀灭和排除有害微生物的技术中占有极为重要的地位。早在人类还没有充分认识微生物的本质以前，加热杀菌这项技术就以火烧、煮沸等形式经验性地为人们所应用了，并一直沿袭下来。先是Nicolas Appert发明了用密闭的玻璃容器进行煮沸杀菌的方法来加工食品，后来，Louis Pasteur和Robert Koch等许多先驱者们又从微生物学的角度进行了研究，从而奠定了杀菌技术的基础。

为了恰当有效地运用加热杀菌这项技术，在掌握灭杀对象——有害微生物的耐热性的同时，还必须充分研究加热对食品的影响。加热杀菌的理想效果应该是：将热力对被杀菌物料的损伤及对其品质的影响控制在最小限度内，迅速有效地致死存在于其中的有害微生物，达到指标水平。进而选择出在食品工业生产中最适合于食品特性的热交换方式及其装置，并应用所选定的热交换方式和装置进行严格操作，以确实达到杀菌的目的。

2-1　微生物的耐热性

温度是微生物生存及繁殖最重要的环境因素之一。一般，微生物可能繁殖的温度范围大约在－10—90℃之间，但是也有一些微生物的繁殖温度范围只在35—60℃。微生物的繁殖诱发期、繁殖速度、最终细胞量、营养要求、细胞中的酶及细胞的化学组成成分等都要受到此范围内的温度的制约。

各种微生物繁殖所要求的最适温度范围是不同的，可大致分

为嗜冷菌（好低温菌）（psychrophiles）、嗜温菌（mesophiles）和嗜热菌（高温性菌）（thermophiles）三种类型。但是，有的微生物在发育最适温度得不到满足时，在低温条件下也能发育，如低温菌（psychrotrophs）；还有的在高温条件下也能繁殖（thermodurics，thermotolerant）。上述各类细菌繁殖的温度范围见表2-1。真菌也可以按此繁殖温度范围进行分类。经研究发现，在最低温度条件下，真菌的繁殖能力与细菌相同，温度降至－10℃左右时，有的真菌仍具繁殖能力。不过，真菌能够繁殖的最高温度（上限）却很低，霉菌大约是60℃，酵母菌约为45℃。

表2-1　细菌繁殖的温度范围（℃）

	最　低	最　适	最　高
嗜热菌	30—45	50—70	70—90
中温性菌	5—15	30—45	45—55
低温性菌	－5—5	25—30	30—35
嗜冷菌	－10—5	12—15	15—25

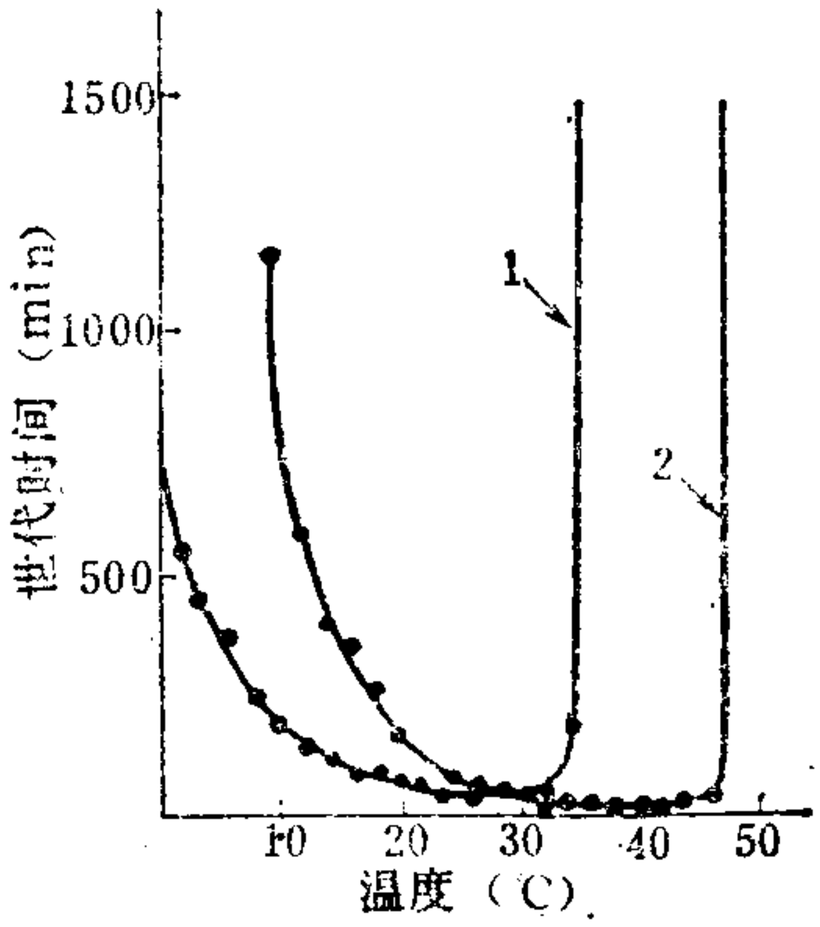

图2-1　温度对细菌世代时间的影响

1．*Psewdomonas* sp.

2．*E.coli*

微生物的繁殖速度（世代间隔时间，即细胞分裂一次所需要的时间），随着偏离最适繁殖温度范围的程度增大而下降，特别是在高温条件下，繁殖速度呈急剧下降的趋势（图2-1）。

从上述一般微生物繁殖的温度范围可以看出，加热杀菌的对象从低温性菌、中温性菌到嗜热菌，涉及的范围很广，但就其抗热性来讲，嗜热菌，尤其是产芽

需要全本请访问 www.ertongbook.com