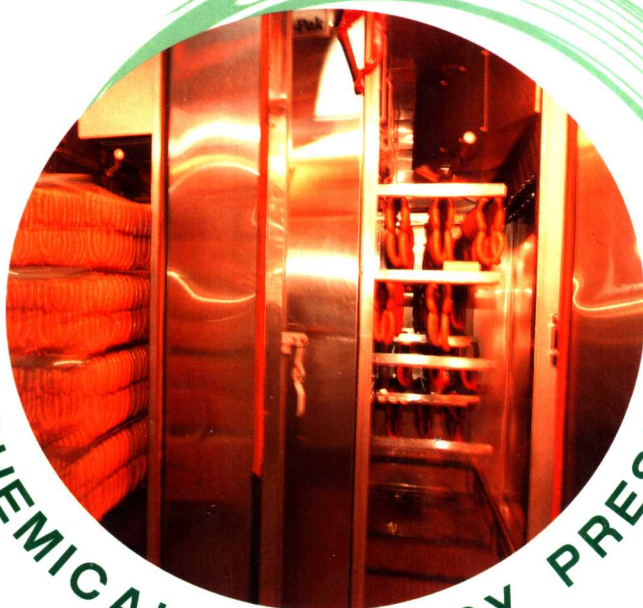




教育部高等学校轻工与食品学科教学指导委员会推荐特色教材

食品无菌加工 技术与设备

殷涌光 刘静波 林松毅 主编



CHEMICAL INDUSTRY PRESS



化学工业出版社
教材出版中心

教育部高等学校轻工与食品学科教学指导委员会推荐特色教材

食品无菌加工技术与设备

殷涌光 刘静波 林松毅 主编



化学工业出版社
教材出版中心

·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

食品无菌加工技术与设备/殷涌光,刘静波,林松毅
主编. —北京:化学工业出版社,2005.9
教育部高等学校轻工与食品学科教学指导委员会
推荐特色教材
ISBN 7-5025-7357-7

I. 食… II. ①殷…②刘…③林… III. 食品加工-
无菌技术-高等学校-教材 IV. TS205

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 109571 号

教育部高等学校轻工与食品学科教学指导委员会推荐特色教材

食品无菌加工技术与设备

殷涌光 刘静波 林松毅 主编

责任编辑:赵玉清

文字编辑:伊守亮

责任校对:周梦华

封面设计:潘峰

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询:(010)64982530

(010)64918013

购书传真:(010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印装

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 13¼ 字数 317 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7357-7

定 价:27.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

2001~2005 年教育部轻工与食品学科教学指导分委员会委员

- 主任委员：**陶文沂 江南大学
- 副主任委员：**殷涌光 吉林大学
- 张水华 华南理工大学
- 委 员：**赵 征 天津轻工业学院
- 陈 辉 河北科技大学
- 朱蓓薇 大连轻工业学院
- 李云飞 上海交通大学
- 夏文水 江南大学
- 何国庆 浙江大学
- 管华诗 中国海洋大学
- 张 鑫 郑州轻工业学院
- 何东平 武汉工业学院
- 吴士业 四川轻化工学院
- 董文宾 西北轻工业学院
- 李开雄 石河子大学
- 郑明光 军需大学
- 秘 书：**夏文水（兼）
- 联 络 员：**周传红 高等教育出版社

序

食品科学与工程作为中国高等教育的一个本科专业,在目前中国的经济建设社会发展中发挥着重要的作用。在民族复兴伟业中如何使中华民族更兴旺、人民体质更健康,食品的营养和安全是大家所关心的;在全面建设小康社会宏图中,如何使农业、农村和农民问题早日解决,使农民富裕起来,农产品加工和附加值提高是很重要的手段。食品科学与工程专业就肩负着培养这方面人才的光荣任务。本届教学指导委员会与全国具有本专业高校的教师们积极思考、努力筹划,在分析学科发展广度和深度的基础上,抓住知识模块的构建,志在培养一流的人才,适应食品广阔领域发展的要求。承担着全面改革教学内容和课程体系、积极推动教材建设、加强师资队伍建设和等多项任务。

目前食品科学与工程专业在国内高校中分布较广,现有200多所高校设有这个专业,分布在综合、工科、农科、商贸、医学、师范、民族等院校中。为了提高食品科学与工程专业的教学质量及发挥各学校的特色培养不同风格的专业人才,本届教指委不仅研究确定和组织教育部“十五”国家级规划教材的编写,还对本专业具有影响和特色的教材进行了全面系统的评介推荐工作。“十五”期间确定推荐的特色教材共有16种,它们是(排序无先后):

- 《功能性食品》
- 《食品物性学》
- 《食品物流学》
- 《微生物油脂学》
- 《食品感官鉴评》
- 《谷物加工工程》
- 《大豆制品工艺学》
- 《调味食品工艺学》
- 《食品免疫学导论》
- 《食品工业生态学》
- 《水产品加工与利用》
- 《食品原料与资源学》
- 《天然产物提取工艺学》
- 《油脂精炼与加工工艺学》
- 《食品工厂设计与环境保护》
- 《食品无菌加工技术与设备》

本届教指委希望通过若干年的努力,给食品科学与工程专业的教学提供优秀的教材,形成特色和品牌,为提高教学质量提供基础保证。同时,也为相关专业的教师们提供可选择的教学参考书。本届教指委衷心希望本专业同仁和相关专业的教师们对我们的工作提出宝贵意见。

感谢出版社为本届教指委教材建设的大力支持及做出的贡献。

2001~2005年教育部轻工与食品学科教学指导分委员会

2005年8月

前 言

近十几年来，食品加工新技术有了快速发展，食品无菌加工与无菌包装技术作为一门新的加工技术和手段，改变了传统的加工工艺过程，为食品的卫生、营养、安全提供了相应的保证，而且保质时间长，尤其在鲜乳和果汁饮料产品上得到了很好的应用，在其他很多食品上也取得了很大成功，符合时代发展的要求，因此，有必要将这些新的加工方法全面地介绍给学生及广大科技工作者。

本书是“食品科学与工程”及相关专业的选修课教材，得到了教育部高等学校轻工与食品学科教学指导委员会的认可，作为其推荐的特色教材。

本书共分十三章，具体编写分工如下：殷涌光编写第一章并对全书进行统稿；刘静波编写第五章；林松毅编写第二章、第三章、第七章、第九章；刘学军编写第六章；张铁华编写第四章、第八章、第十章；于庆宇编写第十一章至第十三章。

本书的编写出版得到了2000~2005教育部高等学校轻工与食品学科教学指导委员会和化学工业出版社的大力支持，也得到了很多热心人的支持和帮助，在此向给予本书大力支持的所有人员表示衷心的感谢！

由于作者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

殷涌光
于长春吉林大学
2005年3月

内 容 提 要

食品无菌加工与无菌包装技术作为一门新的加工技术和手段，改变了传统的加工工艺过程，为食品的卫生、营养、安全提供了相应的保证。

本书系统全面地介绍了现代食品生产中常用的无菌加工与无菌包装技术的特点、基本原理、工艺流程及应用实例。全书共分十三章，主要内容包括传统食品加热杀菌技术与设备、超高温（UHT）杀菌技术与设备、欧姆加热杀菌技术与设备、微波杀菌技术与设备、食品的辐照杀菌技术与设备、紫外线杀菌技术与设备、高压脉冲电场非热杀菌技术与设备、超高压（UHP）杀菌技术与设备、脉冲强光非热杀菌原理与设备、包装材料灭菌技术与设备、包装环境的无菌化技术与设备、无菌包装技术与无菌包装机。

本书是教育部高等学校轻工与食品学科教学指导委员会推荐的特色教材，适合高等院校食品科学、食品工程、农产品加工及相关专业学生使用，也可供食品及相关企业科技人员、管理人员参考。

目 录

第一章 绪论	1
第一节 概述.....	1
第二节 食品无菌加工分类、优势与特色.....	2
一、整体式无菌加工.....	3
二、分置式无菌加工.....	5
第三节 食品无菌加工技术研究与发展.....	6
一、食品无菌加工技术基本情况.....	6
二、食品无菌加工技术发展.....	7
参考文献.....	8
第二章 传统食品加热杀菌技术与设备	9
第一节 概述.....	9
第二节 传统食品加热杀菌技术的基本原理	10
一、加热对微生物的影响	10
二、加热对酶的影响	12
三、加热对食品营养成分和感官品质的影响	13
第三节 传统食品加热杀菌工艺与设备	14
一、高温加热杀菌设备	14
二、巴氏杀菌设备	24
三、传统食品加热杀菌工艺	26
四、应用示例	33
参考文献	34
第三章 超高温杀菌技术与设备	35
第一节 概述	35
一、超高温杀菌	35
二、UHT杀菌的应用现状	36
第二节 UHT杀菌的基本原理	38
一、UHT杀菌的基本原理	38
二、UHT杀菌的影响因素	44
第三节 UHT杀菌工艺与设备	45
一、UHT杀菌装置及工艺过程	45
二、UHT瞬时杀菌无菌加工工艺及相关计算	60
三、UHT杀菌应用实例——UHT灭菌牛乳	63
第四章 欧姆加热杀菌技术与设备	68
第一节 概述	68
一、欧姆加热技术及处理对象	68

二、欧姆加热技术的特点	68
三、欧姆加热杀菌技术研究现状	69
四、欧姆加热杀菌技术存在的问题	70
第二节 欧姆加热杀菌的原理	70
一、欧姆加热法原理	70
二、影响欧姆加热的因素	71
第三节 欧姆杀菌装置和工艺	73
一、欧姆杀菌装置	73
二、连续欧姆加热的电、热特性	74
三、欧姆加热杀菌与无菌包装一体化系统	75
四、欧姆加热技术应用	77
第五章 微波杀菌技术与设备	80
第一节 概述	80
一、微波加热	80
二、微波杀菌技术	82
第二节 微波杀菌的基本原理	83
一、微波杀菌的基本原理	83
二、影响微波杀菌效果的因素	85
第三节 微波杀菌工艺与设备	85
一、微波杀菌装置	85
二、微波杀菌工艺	89
三、微波杀菌应用实例	92
第六章 食品的辐照杀菌技术与设备	94
第一节 概述	94
一、食品辐照杀菌的发展状况	94
二、食品辐照杀菌的作用特点	95
第二节 食品辐照杀菌技术原理	95
一、辐照对食品化学成分的作用	95
二、辐照对食品中细菌的作用	97
第三节 食品的辐照杀菌工艺与设备	97
一、食品辐照杀菌工艺	97
二、辐照杀菌装置	102
第四节 辐照食品的安全性与法规	104
一、辐照食品的安全性	104
二、辐照食品的管理法规	105
参考文献	105
第七章 紫外线杀菌技术与设备	106
第一节 概述	106
一、紫外线的杀菌作用	106
二、紫外线的杀菌效果	106

三、紫外线杀菌的有效波长.....	107
四、紫外线杀菌的特点.....	107
第二节 紫外线杀菌技术的基本原理.....	107
一、紫外线杀菌技术的基本原理.....	107
二、影响紫外线杀菌的因素.....	111
第三节 紫外线杀菌工艺与设备.....	112
一、紫外线杀菌装置.....	112
二、紫外线杀菌工艺.....	114
三、紫外线杀菌的应用实例.....	116
参考文献.....	117
第八章 高压脉冲电场非热杀菌技术与设备.....	118
第一节 概述.....	118
一、高压脉冲电场非热杀菌技术及其处理对象.....	118
二、高压脉冲电场非热杀菌的特点.....	118
三、高压脉冲电场非热杀菌技术的研究进展.....	118
第二节 高压脉冲电场杀菌的机理.....	121
一、高压脉冲电场 (PEF) 的处理系统.....	121
二、高压脉冲电场的基本原理.....	122
三、高压脉冲电场的能量要求.....	125
四、高压脉冲电场杀菌的机理.....	126
五、影响高压脉冲电场杀菌的因素.....	127
第三节 高压脉冲电场杀菌设备与工艺.....	129
一、高压脉冲电场杀菌设备或装置.....	129
二、高压脉冲电场在食品无菌加工中的应用.....	130
参考文献.....	131
第九章 超高压 (UHP) 杀菌技术与设备	132
第一节 概述.....	132
一、超高压概述.....	132
二、UHP 杀菌	132
第二节 UHP 杀菌技术的基本原理	133
一、UHP 杀菌技术的基本原理	133
二、影响 UHP 杀菌技术的主要因素	137
第三节 UHP 杀菌工艺与设备	140
一、UHP 杀菌装置	140
二、UHP 杀菌的操作	144
三、果汁饮料的 UHP 杀菌应用实例	145
参考文献.....	149
第十章 脉冲强光非热杀菌技术与设备.....	150
第一节 概述.....	150
一、脉冲强光技术及特点.....	150

二、脉冲强光非热杀菌技术的研究现状.....	150
第二节 脉冲强光非热杀菌原理.....	152
一、脉冲强光的产生.....	152
二、脉冲强光非热杀菌原理.....	152
三、脉冲强光的杀菌效果.....	154
第三节 脉冲强光非热杀菌装置与应用.....	154
一、脉冲强光非热杀菌装置.....	154
二、脉冲强光非热杀菌的应用.....	156
参考文献.....	157
第十一章 包装材料灭菌技术与设备.....	158
第一节 包装材料灭菌技术概述.....	158
一、无菌包装材料的要求.....	158
二、常用于无菌包装的材料种类.....	158
三、无菌包装材料附带的细菌.....	159
第二节 化学法灭菌.....	159
一、双氧水灭菌法.....	159
二、臭氧灭菌法.....	161
三、环氧乙烷灭菌法.....	162
四、乙醇灭菌法.....	164
五、二氧化氯灭菌法.....	165
六、次亚氯酸钠灭菌法.....	165
第三节 物理法灭菌.....	166
一、超声波灭菌方法.....	166
二、磁力灭菌方法.....	167
三、远红外线杀菌和微波杀菌.....	167
第四节 综合法灭菌.....	168
一、紫外线与双氧水结合.....	168
二、双氧水和热方法结合.....	168
三、紫外线和乙醇结合.....	169
四、臭氧与紫外线结合.....	169
五、紫外线和二氧化氯协同作用.....	170
第五节 包装材料的灭菌工艺及设备.....	170
一、包装材料的灭菌工艺.....	170
二、包装材料的典型灭菌系统.....	170
参考文献.....	172
第十二章 包装环境的无菌化技术与设备.....	174
第一节 概述.....	174
第二节 无菌包装环境形成的原理.....	175
一、无菌腔数学模型的建立.....	175
二、无菌气气流绕流阻力的分析.....	176

三、气流克服颗粒重力沉降的最低速度·····	177
四、气场中有初速度的颗粒的运动状况·····	178
第三节 无菌环境的预杀菌分析·····	180
一、预杀菌方法的选用·····	180
二、双氧水蒸气发生器的原理·····	181
三、无菌腔预杀菌系统·····	181
第四节 典型的无菌包装环境·····	183
一、敞开式无菌包装系统·····	183
二、封闭式无菌包装系统·····	183
参考文献·····	184
第十三章 无菌包装技术与无菌包装机·····	185
第一节 纸盒无菌包装系统设备·····	185
一、概述·····	185
二、立式中缝全自动砖形饮料无菌包装机·····	185
三、立式侧缝全自动砖形无菌包装机·····	187
四、卧式中缝半自动无菌包装生产线·····	187
五、卧式侧缝半自动无菌包装生产线·····	189
六、利乐包纸盒无菌包装设备·····	189
七、三角形无菌包装机·····	190
八、屋形无菌包装机·····	191
第二节 塑料杯无菌包装设备·····	192
第三节 塑料袋无菌包装设备·····	192
第四节 塑料瓶无菌包装设备·····	193
一、吹塑瓶无菌包装系统·····	193
二、预制瓶无菌包装系统·····	194
第五节 大袋或箱中袋无菌包装设备·····	195
第六节 马口铁罐无菌包装设备·····	195
第七节 玻璃瓶无菌包装设备·····	196
参考文献·····	197

第一章 绪 论

第一节 概 述

食品生产可以满足人们生存的需要，加工精湛、快捷方便、强化营养的食品不仅是为了满足人们生理、心理的需要，更是为了满足人们现代化快节奏生活的需要。随着人们生活水平和健康意识的提高，人们对食品生产质量与货架质量的要求不断提高，这对食品生产者提出了更高的要求。因此无论是食品科学家还是食品生产的专家都在不断地研究新的生产技术，创造新的加工方法，以达到生产高品质、长货架期食品的要求。食品的无菌加工技术正是在食品科学技术不断发展的情况下发展起来的生产高品质现代食品、高货架期质量的加工技术。

食品无菌加工技术包括传统无菌加工技术和现代无菌加工技术。现代无菌加工技术有时是和无菌包装技术相联系的。食品无菌包装技术不仅解决了食品生产和食品货架期的问题，而且同时还进一步保留了食品的营养成分，不仅降低了生产能耗与成本，对包装材料的要求和成本也有所降低。因此食品无菌包装技术是食品生产的革命性的技术进步。

传统的食品无菌加工技术源于 19 世纪巴斯德 (Louis Pasteur) 揭示了食品由微生物腐败变质的科学原理之后。最早的无菌加工是阿培尔 (Nicholas Appert) 1810 年开创的热加工罐藏食品。

阿培尔发明的罐藏技术，最初用沸水煮沸肉类罐头，已达到商业无菌，实现了长期保藏的要求。但由于处理时间过长，对食品品质的影响较大，生产效率低，之后进行了改进，采用氯化钙水溶液煮沸，提高了煮沸温度，缩短了杀菌时间。又因这样一来罐内外压差增大，出现爆罐现象，之后发明了配有控制设施的高压杀菌锅，既保证了操作安全，又缩短了热处理时间，得到了普遍的推广使用。罐藏食品卓越的保藏性能使得它发展迅速，时至今日仍然常年供应市场，成为很多人的日常食品。

现代无菌加工技术是以无菌包装技术为特征的加工技术。无菌包装 (aseptic packaging) 技术是现代高科技综合技术，是在无菌环境条件下，把无菌的或预杀菌的产品充填到无菌容器中并加以密封。由于无菌包装技术可以生产货架期稳定的食品，所以建立在无菌包装技术上的食品生产受到人们的普遍关注。

食品的无菌包装有很多优点：①最大限度地保持食品的天然风味、品质和营养，确保产品质量；②不需冷藏或添加防腐剂便可在常温下贮存 12~18 个月不变质，风味可保持 6~8 个月不损失；③不仅可处理一次性小包装，还可以进行分装用大包装；④便于自动化、连续化作业，生产效率高；⑤可采用多种包装材料、节约包装成本；⑥节约能源。

无菌包装技术始于乳品工业。早在 1913 年丹麦人就对牛乳进行热杀菌实施无菌包装。1945 年美国根据加热冷却充填的无菌加工原理建立了三座罐头生产厂。之后，瑞典乳品业和机械制造业合作研究出了超高温瞬时灭菌技术，成为无菌加工的重要组成部分，用于乳品无菌包装生产。1950 年美国市场上出现了第一台工业无菌充填装置。在近 30 年间，无菌包装技术取得了很大的发展，它不仅在乳品业，而且在其他食品业，如果汁、蔬菜汁、豆奶、

酱类食品、营养功能食品等食品产品实现无菌包装。目前，在国内外食品销售市场上，无菌包装食品占有越来越大的份额。

自20世纪60年代初瑞典在国际上首次推出无菌包装机械以来，相继有几十家公司生产无菌包装机械，用于食品无菌加工后的包装，其产品已成系列。我国在20世纪70年代引入无菌包装设备，国家在“七五”期间就将食品包装技术列入国家重点科技攻关计划项目，中国包装技术协会、中国食品工业协会都相继成立了无菌包装委员会，促进和推动了中国无菌包装技术的发展。同时也促进和推动了食品无菌加工技术的发展。20世纪90年代以后，食品无菌加工与无菌包装已成为发展的主要方向，不论是工艺技术还是生产设备都有了长足的进步和发展，食品无菌加工与无菌包装的产品日益增多，包括牛奶、豆奶、果汁、番茄汁、果酱类、肉酱类、汤类以及很多固态食品。

无菌加工技术不仅和食品的货架期有着密切的关系，还和食品的品质有着密切的关系。随着时代的发展，人们对食品的要求不仅仅停留在数量上，而且在质量上也要求食品营养、健康、安全。无菌加工技术能够全面地满足这一要求。食品的不菌加工不必要使用化学防腐措施，没有微生物再污染的可能，因此它具有以下优点：最少的热加工，最多的食品营养成分保留，最少的能量消耗，最低的加工与包装成本，最长的保质期。

第二节 食品无菌加工分类、优势与特色

传统的食品无菌加工技术的发展是从罐装食品加工开始的，它以热加工为特征，即传统的食品无菌加工时的热力杀菌要实现食品的商业无菌，其目的是杀死食品中所污染的致病菌、产毒菌、腐败菌，灭活食品中酶的活性，使食品在罐内保藏两年以上不变质。

食品的商业无菌是指食品内不含有致病的微生物，也不含有在保藏期内及在保藏温度下（一般为室温）引起食品腐败变质的微生物，即不会在食品的保藏期内引起食品的腐败变质。

现代无菌加工技术仍然要使食品实现商业无菌这样的目标，但采用的杀菌方式却是多种多样的。杀菌方式可以是热力杀菌，也可以是非热的杀菌，还可以是其他形式的杀菌。现代的不菌加工方式和传统的不菌加工方式其工艺是完全不同的，传统的不菌加工工艺与现代不菌加工工艺的比较见图1-1。图1-1(a)是传统的不菌加工工艺，(b)是现代不菌加工工艺。从图1-1的比较中可看出两种加工工艺的差别。传统的不菌加工工艺是食品预处理、预煮、调味、包装、杀菌、冷却、成品。而现代的不菌加工工艺是食品预处理、预煮、调味、杀菌、冷却，与此同时包装容器进行杀菌，之后，在无菌环境下将无菌的食品充填到无菌包装容器内进行包装，形成成品。传统的不菌加工和现代的不菌加工其工艺的差别在于食品杀菌与包装的先后顺序不同，但由此造成的差别是相当大的。不仅在杀菌能量消耗上，而且在食品的品质上也有很大的差别。传统的不菌加工杀菌是要将食品连同包装一起杀菌。包装后的食品连同包装容器在一起其体积较大，也有较大的厚度，杀菌时靠热传导要将食品的中心温度达到杀菌的要求则需要较长的时间。当然，食品的加热可使食品的可消化性提高，肉的风味变佳。但如果加热温度过高，加热时间过长，则将消耗过多热能，而这些热能并不是完全用于杀菌，很多是消耗在食品的品质变化上，造成食品的质地软化，热敏感物质耗损，食品色泽、风味、化学成分可因加热而变差，这些是我们不希望有的。这不仅造成了能源的浪费，而且还造成了食品品质的降低。其原因是食品无菌加工时的热力杀菌杀死了食品中的有害微生物，达到商业无菌，同时食品本身温度升高，发生相应的物理变化和化学变化，其变化程度是加热温度及在此温度下所持续的时间的函数，温度越高，在高温下持续的时间越

长，其物理变化和化学变化越大，食品品质越差。

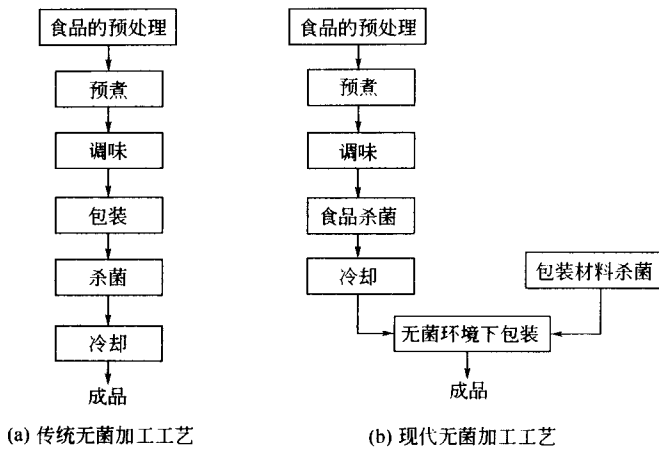


图 1-1 食品无菌加工工艺的比较

随着科技的进步，新的加工工艺与方法不断涌现，并努力克服传统无菌加工方法的缺点，不断提高食品产品的品质，例如各种非热的杀菌方法相继问世，分置式的无菌方法即无菌包装技术的普遍推广使用，都对提高食品的品质起到相当重要的作用。基于目前的情况，无菌加工按是否为热力加工来分，可分为非热力无菌加工方式和热力无菌加工方式；按加工工艺过程来分，可分为整体式无菌加工方式和分置式无菌加工方式；按加工物料的状态来分，可分为液态食品无菌加工方式和固体食品无菌加工方式；按加工物料的性质来分，可分为常温保藏的食品无菌加工方式和低温保藏的食品无菌加工方式。低温保藏的食品无菌加工方式是在无菌的环境下将没有杀菌的新鲜食品包装起来，目的是使食品在冷藏链中免受霉菌、酵母等微生物的再污染，以获得较长的货架寿命。按加工工艺过程分类更能说明无菌加工的工艺过程，因此按工艺过程分类，即食品先包装后杀菌和食品先杀菌后包装的无菌加工方式。

一、整体式无菌加工

整体式无菌加工方式适合于大多数食品加工，不论是液态的、固态的还是液态含固形物的食品都适合。食品包装后再杀菌保证了杀菌后不再受到污染，但是因传热缓慢，包装后杀菌的效率往往不高，费时较多，能耗较大，对食品本身的品质损害也较大。所以目前对于固形物含量较多的食品仍不得不采用先包装后杀菌的整体式无菌加工方式。

整体式无菌加工方式生产工艺应为：食品的加工处理、包装、整体灭菌、成为成品。即在产品包装前，所有的加工包括食品的前处理、加工、调味、整形、包装容器的准备等都应进行完毕，然后进行包装、密封，包装后一次性灭菌，达到无菌的程度，完成无菌，达到要求的保质期。整体式无菌加工方式加工的食品有很多，像传统的罐藏食品、辐照处理食品、有些微波处理食品、超高静压（即超高压）加工食品、高强度脉冲磁场处理食品，也有些巴氏杀菌的酸性和高酸性食品等都属于这类加工方法。这种加工方法的优势在于：加工工艺简单，对食品加工设备的要求不高，对包装环境的要求也不高，加工的成本较低。然而，这种方法的优点是降低食品的品质为代价的。

食品的加热杀菌可兼使食品的消化性增高，肉类的风味变佳，但对有些食品而言，其色泽、风味、化学成分因加热而变差。食品的品质及营养成分与热加工中两个参数相关，即热

加工时的温度和在此温度下持续的时间。热加工时的温度与在此温度下持续的时间对食品中的化学成分的影响并不相同。一般情况下食品的有些成分在高温下持续的时间比高温本身对其影响更加严重。因此食品产品提高杀菌温度、缩短杀菌时间，不仅提高了杀菌的效果，而且提高了食品的品质。

以牛乳的高温杀菌为例，在牛乳的高温杀菌中最普通的化学变化之一是蛋白质与还原糖相互作用产生褐变。尽管牛乳褐变的速率随温度的提高而加快，但并不与高温杀菌效果提高的速率相同。实验证明，温度每提高 10℃，杀死嗜热脂肪芽孢杆菌芽孢的速率的提高与褐变效应的速率的提高之比为 11 : 3，或者说快 3.67 倍。图 1-2 给出牛乳杀菌温度上升对杀菌和褐变效应比值的影响。从图 1-2 可看出，杀菌温度在 135℃ 之前杀菌效果与褐变效应的比值是很小的，当超过 135℃ 之后比值迅速上升，135℃ 时比值可达 800 以上，当到 145℃ 时其比值可达 5000。由此说明，提高杀菌温度不仅对牛乳的杀菌效果好，而且杀菌后牛乳的品质好。因此，如果牛乳的杀菌温度提高到 135~150℃ 超高温范围，则杀菌的时间可以缩短到几秒，在这样的条件下杀菌可获得没有存活的细菌或很少有抵抗力的芽孢，以及获得的产品其色泽超过传统杀菌方法所能获得的更加优良的牛乳制品，这就是牛乳超高温瞬时杀菌新工艺的基本原理。

当然食品中还有很多其他的营养成分（如维生素）以及色泽、风味、成分会在加热过程中发生变化，其变化的程度也与温度和加热时间有关。在食品加热时，食品加热的时间对食品的品质影响更大。以食品中的维生素为例，图 1-3 给出了食品杀菌时其微生物孢子杀灭、维生素 B₁ 破坏时的温度与时间的关系。食品中的维生素对热是很敏感的，维生素中热稳定性最差的是维生素 C 和维生素 B₁、维生素 B₁₂，其他维生素在加热杀菌时变化不大。一般情况下，食品中的维生素以及色泽、风味、成分加热破坏速率是温度每上升 10℃，破坏速率增加 2~3 倍，而微生物的孢子的杀灭速率则增加 5~20 倍。因此提高杀菌温度缩短杀菌时间对提高食品的品质是极为有利的。

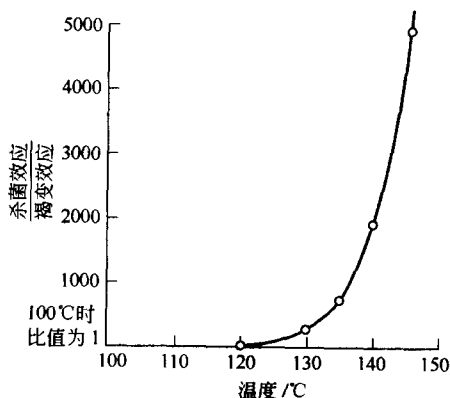


图 1-2 牛乳杀菌效果与褐变效应的比值与温度的关系

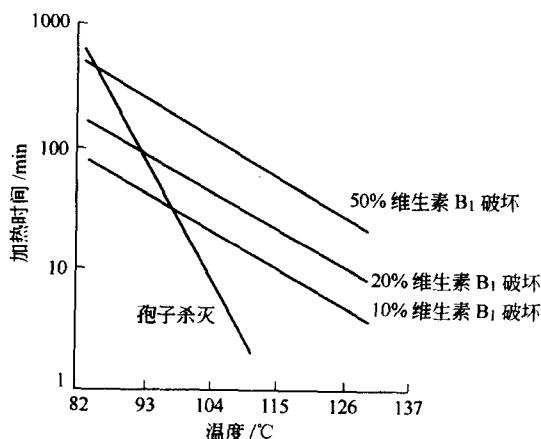


图 1-3 微生物孢子杀灭、维生素 B₁ 破坏的温度与时间的关系

因此整体式无菌加工中传统的无菌加工工艺（例如热加工罐藏食品）有其自身的优点和缺点，带有时代的烙印。随着时代的发展，人们对食品的要求不断的提高，传统的无菌加工工艺不能满足时代的要求，逐渐被新的加工工艺所取代。随着科技的进步，各种食品无菌加

工工艺不断产生。利用放射性元素的辐照处理实现食品无菌加工，利用微波非传导式加热快速杀菌实现食品无菌加工，利用超高压设备在超高压下进行杀菌灭酶实现食品无菌加工，利用高强度脉冲磁场对食品进行杀菌灭酶实现食品无菌加工，也有些结合食品保藏的栅栏技术，使用巴氏温度杀菌的酸性和高酸性食品实现食品无菌加工，达到商业无菌，实现要求的货架期。

热加工罐藏食品的无菌加工是一类将食品密封在容器中，经过高温处理，将绝大部分微生物杀灭，同时在防止外界微生物再污染的条件下，使食品在常温下长期贮存。热加工罐藏食品的无菌加工其加工自动化程度较高，工艺简单，对设备的要求不高，对生产环境的无菌要求不严，对包装后的杀菌要求严格。

利用放射性元素的辐照处理实现食品无菌加工是一类将食品密封在容器中，将食品连同密封的包装容器接受放射性元素的辐照处理，实现冷灭菌。辐照处理有阿氏灭菌和巴氏灭菌，阿氏灭菌所使用的辐照剂量较大，可以使食品的微生物减少到零或有限个数，达到商业无菌的要求；巴氏灭菌所使用的辐照剂量较低，使在食品中检测不出特定的无芽孢的致病菌，在某些食品上也能达到商业无菌的要求。

利用微波非传导式加热快速杀菌实现食品无菌加工属于现代的加工技术，微波杀菌是利用微波加热和微波非热力生物效应共同完成的。微波加热属于一种内加热，依靠微波段电磁波将能量传播到被加热物体的内部，使物料整体同时升温，是直接作用于被加热物体的内部。与一般加热杀菌方法相比较，在一定温度条件下，微波杀菌缩短了细菌死亡时间；在相同条件下，微波杀菌致死的温度比常规加热杀菌的温度低。因此微波杀菌实现食品无菌加工是非常有前途的一种无菌加工方法之一。

利用超高压设备在超高压下进行杀菌灭酶实现食品无菌加工是一种新的非热加工技术，与热力杀菌相比，压力杀菌有着很明显的发展潜力，其具有以下独特优点：①不经加热处理，使高压处理食品能保持原有的营养价值、色泽和天然风味，不产生异臭或毒性因子。②压力能瞬时一致地向食品中心传递，被处理的食品所受压力的变化是同时发生的，均匀的。不像加热处理需要时间，样品内部会出现温度梯度，受处理不均匀。同时压力处理由于耗时少、循环周期短，且维持压力需要能量较少，所以压力处理还节能。③蛋白质和淀粉类物质在高压处理时，其物性方面的变化与加热处理后的状态有很大的不同。因此超高压加工技术是实现食品无菌加工的一种新的非加热的整体式无菌加工方法之一。

结合食品保藏的栅栏技术，使用巴氏温度杀菌的酸性和高酸性食品实现食品无菌加工也是近些年来发展起来的有效方法之一，如山野菜的保藏，果汁的加工，调味的咸菜等都可采用栅栏技术配合包装后整体的巴氏杀菌实现食品的无菌加工达到商业无菌，实现期望的货架期。

当然，食品无菌加工方法很多，尤其是近些年来很多新技术的涌现，为食品的无菌加工增加了很多新的方法。

二、分置式无菌加工

分置式无菌加工方式适合于一些液态、高黏度流体或含一定固形物食品和饮料，可以在包装前用高温短时或超高温瞬时杀菌，杀菌时间很短，可以在几分钟、几秒、甚至几分之一秒完成，使食品的质量和耐藏性得到提高。食品在无菌条件下包装，不需再进行杀菌处理。

分置式无菌加工方式的生产工艺为：食品原料的加工处理、食品的杀菌，同时，包装材料灭菌，在无菌环境下进行无菌包装、成为成品，即在产品包装前，所有的加工包括食品的