

罐 头 杀 菌 学 与 连续杀菌设备

В. И. 卢加却夫和 В. П. 巴巴林合著

福建省晋江地区科技情报研究所

【苏】 В. И. 卢加却夫, В. П. 巴巴林 合著

罐头杀菌学与连续杀菌设备

陈启德 译

福建省晋江地区科技情报研究所

1981.9

524273

TS294
335

罐头杀菌学与连续杀菌设备

译者：陈启德

出版者：福建省晋江地区科技情报所

印刷者：福建省三明市印刷厂

出版日期：1982年3月

(内部发行)

12.00

译 者 的 话

本书全面深入地阐述了罐头最新杀菌理论，详尽地研讨了连续杀菌器结构设计的基本原理及构造形式的特点，首次系统地总结了设计和连续杀菌器所积累的丰富经验。书中对连续作业设备中杀菌制度的制定与自动监控问题均给予特别的注意。本书的内容，选材广泛新颖、密切结合实际，在教学与生产上有相当的参考价值。

本译本承蒙福州大学轻工系主任陈肖柏教授和晋江地区科委主任何绍先同志的指导与推荐，晋江地区科委各位负责同志对本书的翻译定稿工作极为关怀，为译本问世作了全面安排，在此谨表示我的深深的谢意。译本在专业名词规范化方面还得到蒋赐魁、黄溪水、庄海良等同志的热情帮助，在此也一并表示感谢。

本书的翻译，因限于译者的业务水平，错误及不切之处，在所难免，望高校罐头专业师生及全国罐头生产与研究工作者，不吝施教，随时给予指正。

译者

1981. 7. 20于泉州

目 录

绪论	1
第一章 食品加热杀菌的原理	8
第一节 加热的杀伤作用与微生物的耐热性	8
第二节 杀菌时罐头中温度的变化	25
第三节 加热介质及其性质	82
第四节 杀菌时罐头内压的变化	85
第二章 压力下工作的高温杀菌器	102
第一节 压力下工作的高温杀菌器分类	102
第二节 气压式高温杀菌器	103
第三节 静水压式高温杀菌器	120
第四节 气压-静水压式高温杀菌器	149
第三章 开放式高温杀菌器和巴氏杀菌器	188
第一节 开放式设备的分类	188
第二节 蒸汽加热的设备	188
第三节 用液态载热剂加热的设备	193
第四节 由热空气加热的设备	194

第五节 由燃气加热的设备.....	208
第六节 其他设备.....	216
第四章 罐头杀菌制度的制定和监控.....	218
第一节 温度监控仪表.....	218
第二节 压力监控仪表.....	230
第三节 高温杀菌与巴氏杀菌制度计算 与监控方法.....	233
第五章 罐头工业中连续作业高温杀菌器 与巴氏杀菌器的应用条件.....	275
附录.....	287
参考文献.....	297

绪 论

高温杀菌或巴氏杀菌*是罐头生产的主要过程，其目的在于全部或部分抑制造成食品败坏的微生物的生命活动。采用什么样的方法和技术措施对食品进行杀菌，在很大程度上决定罐头的质量。

长时期里，罐头厂使用的罐藏技术极为简陋。罐头的加热采用盛有沸水的水槽，装满罐头的网筐放进沸水槽中浸泡一定时间。罐藏一个批量花几个小时，由此食品的质量低劣。酸度低的几种食品根本不能用此法罐藏，因它不能保证消灭一系列微生物的芽孢。这种情况下采用2至4次加热法，每次相隔几十小时。在这段时间里，芽孢重又萌发成耐热性大大低于芽孢的营养细胞。

为了提高加热温度，缩短过程时间和更有效地对微生物芽孢发生作用，有时也采用食盐或氯化钙溶液代替沸水。

然而，直至采用压热器之前，可靠地压抑细菌芽孢的问题始终未能获得解决。而压热器即是用压力蒸汽以100℃以上温度对罐头加热的杀菌锅。专用于罐头杀菌的压热器出现于1874年。

现代压热器的温度、压力自动调节和控制，蒸汽和水的输入系统得到改进，并用蒸汽——空气混合气体作载热剂。此外，这种压热器能把温度维持在125—130℃的水平上，并输入压缩空气来获得补充压力。但这种压热器仍不能免除间

*原注：巴氏杀菌就是在100℃以下罐头的杀菌。译注：此法系法国微生物学家路易·巴斯德（Louis Pasteur 1822—1895）首创。

断性操作的主要缺点。

甚至在较好的生产条件下，装罐与将罐头装进压热器之间的时间间隔也是必不可少的，这就致使罐内食品温度下降。例如，罐装容量为 200 毫克的果泥状食品，在压热器装筐阶段，温度冷却 10 度以上〔19〕。装液体的罐头温度下降得更剧烈。

计算杀菌制度必须考虑食品在过程开始前实际的最低温度，因此杀菌时间只好比罐头装料封盖后立即装入杀菌器所需要的杀菌时间来得长。这不仅使经济指标下降，也使罐藏的食品质量下降，有时，甚至导致出产的罐头质量不合格。

此外，载热剂在压热器中难于建立均匀的温度场。研究〔5〕表明，有双层网筐的 AB—2 型压热器在升温时，加热介质不同点的温差达 $10\sim 12^{\circ}\text{C}$ ，冷却时达 18°C 。由此，放在压热器上层的罐头，其罐中心食品的温度比放在下一层下几排罐头里的温度大约高出 8°C 。有四层网筐的 AB—4 型压热器内温度分布得更加不均匀。

温度场不均匀致使杀菌制度的计算致死率必须增加 10—20%，并强化加热过程，罐头的感官性质和营养价值因此下降。例如，鸡肉若经 $110\sim 120^{\circ}\text{C}$ ，30 分钟杀菌之后，继续加热，这就导致蛋白质在每分钟加热时间里以 0.07% 的数量（相对于原始成份）进一步分解，而氨基酸及蛋白质分解产物的积累速度每分钟将达到如下数值：对每克氮为 0.4 微克硫化氢，而对每百克氨基酸及蛋白质为 0.4 毫克氨基态氮〔26〕。

杀菌时，加热时间的长短对于诸如青豌豆、整番茄这样一类罐头的含氮物质总量中非蛋白态氮的增加起决定性影响。

所有这一切证明，加热时间对于蛋白质的破坏过程起着

重要的作用。(这一过程伴随着蛋白质不稳定的官能团的破坏[13])。

除了含氮物质以外，发生变化的有还原糖(与氨基酸组成蛋白黑素，它使罐藏食品的色泽、香味与营养价值变劣)、胶质物(它进行水解，导致稠度降低)、硫胺素、菸碱酸，以及其他在生物学方面有价值的维生素。

强迫延长杀菌时间，会降低工厂的生产率，增加压热器的数量，增大生产车间的面积与劳动消耗，也就使企业的生产经济指标下降。

劳动消耗高也应列为压热器杀菌法的主要缺点。这些劳动消耗包括完成如下工序：压热器网筐装罐，压热器装筐、密封，控制加热与冷却过程，开启压热器，压热器卸筐，网筐卸罐。甚至在个别工序机械化之后，仍然需要很高的手工劳动量。

这里应补充一句，压热器所需生产车间面积(同一产量时)比连续式杀菌器所需面积大得多。

使用间歇操作的压热器时，水和蒸汽的利用不如连续杀菌器来得合理。每次杀菌后，不仅压热器里的热水，连用来冷却的几乎全部用水，都被排入下水道，由此造成水的消耗量相当地大(每一千罐8—10吨)。每千罐要求补充消耗蒸汽200—250公斤。为了抽压热器里的热水而装置集水槽时(罐头冷却工序开始前)，水和蒸汽消耗量有所下降，但这时又必须装置净化、氯处理水的补充系统，安装水泵、管道和贮水箱。

最后，不能不指出间歇作业压热器的又一个缺点。在较大的工厂里，杀菌工段的压热器数量多达几十个，要把这些压热器排列得能保证罐头按流水作业的要求移动是不可能的

(工艺车间——杀菌工段——成品车间与仓库)，有时装有罐头的个别网筐没经过杀菌过程便被送入仓库。

上述各缺点是压热器所固有的，连续杀菌器则没有这些缺陷。因此，在罐头工业里，连续杀菌器和巴氏杀菌器越来越获得广泛的应用[4]。在所有大企业里，几乎都安了这些设备，这些大企业的特点在于产品的品种及其分装的容器种类方面，具有高度的生产专业化。这类杀菌器的经济效益不仅是由于加速了杀菌过程，而且也在于杀菌器装卸机械化节省了劳动消耗与提高罐头质量的结果。

连续杀菌器的技术发展经历了几个阶段。最初，这是一些开放式的机器——巴氏杀菌器，罐头在它里面加热的温度不超过 100°C 。它们由两个水槽组成，一个水槽里装有加热到所需要温度的热水，另一水槽里装有冷却水，用以冷却经过巴氏杀菌的罐头。罐头置于特制的罐架内，罐架用机械方法推动或装置在输送器上移动，罐头便依次行经这两个水槽。

随后，连续式巴氏杀菌器获得进一步的改进。出现了不只有两个，而是有几个加热冷却区的设备，因而容许更为均匀地改变温度以减少玻璃罐的热胀破裂。曾经装置过混合冷却系统，在这些系统里，先用空气吹热罐，然后用水终冷。还曾经设计过用红外线和热空气加热的杀菌器。

但是巴氏杀菌器只适用于生产数目有限的几种 pH 值低于 4.5 的罐头——水果罐头、醋渍食品等。由于一系列技术经济原因，采用比水具有更高沸点的液体作载热剂，以便使用杀菌温度高于 100°C 的开放式杀菌器的尝试没有得到推广。因此，为了使杀菌过程连续进行，曾经建造过在压力下工作的专用设备。

这类设备初始类型中的一种是由两个水平放置的密闭圆筒组成的杀菌器。其中一个圆筒用来加热罐头，另一个用来冷却罐头。为了更好地维持压力，罐头通过星形旋转门顺序进入圆筒和退出圆筒。旋转门的装罐容积比起圆筒的容积微不足道。

为了减少机器金属材料的消耗量，此后的冷却器都由两个圆筒组成。为了预先降低罐藏食品的温度($100-105^{\circ}\text{C}$)，罐头从杀菌器出来后，立即进入一个有星形旋转门的，密闭的小容积的圆筒——微冷却器。另一个冷却器是开放式的，它在通常大气压下冷却罐头，从而用比微冷却器薄的金属板制造，罐藏食品的温度在这里由 $100-105^{\circ}\text{C}$ 最终降到 $30-50^{\circ}\text{C}$ 。

金属材料消耗多，需要大的设备安装场所，以及改换不同规格的罐头的可能性受限制，都是这类杀菌器最大的缺点。通常杀菌器只适用于一种规格的罐头，最多充其量也只适用于两种规格相近的罐头，要由一种规格的罐头过渡到另一种规格的罐头，需要对杀菌器作长时间的、复杂的调整。

发展连续杀菌技术的下一个重要步骤是建造立式连续作业的杀菌器。这类杀菌器维持 100°C 以上温度所需的压力，是用静水压法由杀菌器水塔里的水柱高度来获得，因此，杀菌器不必密闭。尽管立式杀菌器高度一般有不低于12米的（这要看容器的种类及封罐的方法、杀菌温度、海拔高度），可是它装置面积小、结构简单、运行可靠性较高等优点，使它在一系列情况下比卧式全封闭型杀菌器来得可取。

最初生产的连续杀菌器只用于对镀锡薄板罐头杀菌。尔后建造的杀菌器结构则用于玻璃罐头的杀菌。在这种情况下采用气压——静水压法来建立压力，因而容许设计既适用于

镀锡薄板罐头，也适用于玻璃罐头杀菌的卧式杀菌器。

在对使用蒸汽和水杀菌的设备进行改进的同时，也设计了采用可燃气体和其他燃料的燃烧产物及热空气作为载热剂的开放式杀菌器。这类设备中有一种结构相当广泛地用于蘑菇及其他镀锡薄板罐头 100°C 以上温度的杀菌。

在连续作业设备高温杀菌和巴氏杀菌时间里，曾采用转动罐头的办法来搅动罐中食品，使杀菌过程持续时间得以缩短。不久后，这种强化方法也在间歇式设备中应用。

尽管购置连续杀菌器的初始投资比买压热器来得大，需要的耗电量也稍大，而且要求有更熟练的维修保养技术，然而罐头工业中高温杀菌器与巴氏杀菌器逐年得以进一步推广，从而把压热器淘汰掉。这首先得用罐头生产日益集中与专业化来解释。此外，连续作业杀菌设备具有无可置疑的技术经济优越性，其中主要的有如下几点：

杀菌（高温杀菌与巴氏杀菌）过程持续时间较短，罐头质量得以改进。这是由于机中温度场均匀，消除了罐头制造与杀菌之间的时间间隔，采用完全稳定温度、压力、过程持续时间参数的自动化系统之故。譬如，温度为 $115-116^{\circ}\text{C}$ 时，连续杀菌器对同一容积罐头的杀菌时间比压热器大约少 10% 。

劳动消耗量减少。这是由于杀菌器的罐头装卸全数机械化、自动化，以及简化了生产时间中的维修保养工作。操作网筐装卸工作没有机械化的压热器，其劳动消耗量比操作连续式杀菌器大 $20-25$ 倍，操作网筐装卸工作有机械化的压热器，其劳动消耗量也还比它大 $6-8$ 倍。

可以节省水和蒸汽，以及废水量的减少。这是由于更好地利用了水和蒸汽，以及缩短了杀菌制度，水和蒸汽消耗量的减

位定额减少70—85%，

设备占用的生产车间面积缩小了。这是由于它的通过能力高的缘故。譬如，静水压式杀菌器占地面积比相应数量压热器占地面积小90%。此外，某些型号的杀菌器可安装在有暖气的车间外面，

过程流水性排除了罐头没经杀菌便送入仓库的可能性；

减少废品（疵罐与破损）及细菌侵入的或然率。这是由于没有手工装卸，且工艺制度严格稳定之故。

第一章 食品加热杀菌的原理

第一节 加热的杀伤作用与微生物的耐热性

加热对微生物群落的杀伤作用是食品罐藏时热杀菌的基础。至今还不完全明了发生在微生物细胞里的过程。

从一般生物学概念出发，曾提出一种假设，说这是由于与繁殖性能相关联的基因受热变态，使得细菌的细胞丧失繁殖能力。这种基因的大小与不大的蛋白分子的尺寸不相上下，而且基因由1—2个分子组成。这种说法与这么一个事实非常一致：细菌衰亡的动力学相似于单分子反应或第一级双分子反应动力学。

某些作者认为，微生物丧失繁殖能力与脱氧核糖核酸（DNA）的变态有关，这种变态在加热时，以209.34千焦耳的激活能按第一级反应方程进行（温度范围75—100℃）。在加热之初，分子内氢键发生可逆损害。随后，当氢键的断裂达到某一临界数时，为数不多的没有损害的氢键便出现不可逆的同时断裂，以致造成分子空间螺旋布局的破坏。加热也破坏蛋白质与酶的螺旋性。

现在可以有把握地说，微生物的耐热性，毫无疑问，和细胞中含有钙（ Ca^{2+} ）与二甲基吡啶酸（DPA）*有关系。二甲基吡啶酸（吡啶—2，6—重碳酸）是细菌芽孢所特有的一种化合物，它可以和钙组成盐，其数量可达芽孢无水成份的18%。这里1摩尔DPA可摊得一摩尔 Ca^{2+} 。除了钙以

* 译注：DPA—dipicolinic acid, pyridine吡啶。

外，与DPA化合的还有其它金属，其中对细菌芽孢耐热性具有重要意义的有 Mn^{2+} ，特别是 Mg^{2+} 。曾经有人指出，随镁含量的提高和Ca/Mg比例的减少，芽孢耐热性便下降。

DPA与 Ca^{2+} 组成螯合物或较少与其他两价金属组成螯合物，有时则组成DPA-Ca氨基酸的复合物(α, ϵ -diamino-pimelate α, ϵ -二氨基庚二酸盐, glutamate 谷氨酸盐, tyrosine 酪氨酸, valine 缬氨酸和 isoleucine 异亮氨酸)。键的螯合形式曾用光谱与X光分析得以证实。对螯合物结构(图1)的研究显示，它与六个或三个水的分子结晶。由于Ca—O(2)键的长度在结构中最短，故二聚体有可能相当稳定。分子内部氢的广泛键合也促成了这种稳定。氧原子(1)与(4)从水分子接受两个氢键，而氧原子(3)则接受一个氢键。

能量计算使我们得以假设，加热杀菌时，细胞里化合物的氢键受到破坏，而且偶尔其共价键也受到破坏。

人们推断，Ca—DPA螯合物疏松地存留在芽孢壳的胞壁质肽聚合物(muropeptide polymer)的网格里(图2和图3)。并且认为，在加热影响下，细胞丧失生命力与所述结构的破坏及由此而释出DPA与Ca有关。

细胞受热衰亡机制的各种解释，并不容许我们对微生物群落衰亡过程作定量的计算。因此目前我们的计算是从以实验查明的有生命力的细胞数与加热参数(温度与延续时间)之间的规律性出发的。

曾经确定，加热时细胞群的死亡并不是瞬间发生的，这是一个在时间上延续的过程。这里并不是所有的细胞一下子衰亡死去，而是逐渐死去。由此，可用图解表示加热时仍旧有生命力的芽孢数目的变化。

如取半对数坐标系，并在算术横坐标上标示加热持续时

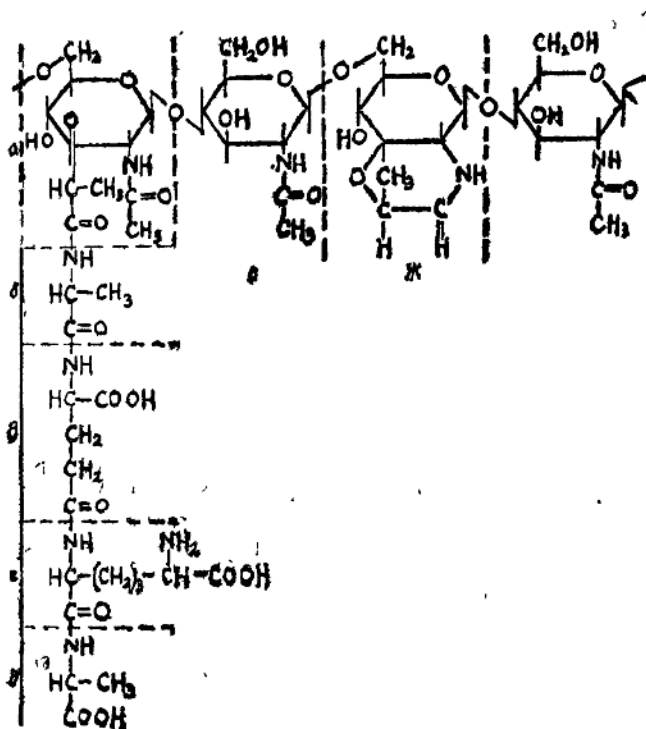


图2 芽孢胞壁肽聚合物结构图：

a—N-乙酰胞壁酸 (N-acetylmuramic acid)；d—L-丙氨酸 (L-alanine)；e—D-谷氨酸 (D-glutamic acid)；r—内消旋-α, ε-二氨基庚二酸 (meso-α, ε-diaminopimelic acid)；o—D-丙氨酸 (D-alanine)；e—N-乙酰葡萄糖胺 (N-acetylglucosamine) ж—胞壁质内酰胺 (muramic lactam)