

关于确定低酸性食品软罐头杀菌时间的探讨

上海市食品工业研究所 龚继申 金涛
谈琰隼 谭秀华

软罐头系采用多层复合材料包装的罐藏食品,它和传统的马口铁罐头和玻璃瓶罐头相比,具有重量轻、体积小、携带和食用方便,在生产过程中,具有厂房占地面积小、热加工能耗低,产品色、香、味比同类马口铁罐好的优点。

本文通过软罐头和金属罐头杀菌强度(F值)的计算及实罐试验,探讨确定低酸性食品软罐头杀菌的时间。

一、引言

罐头食品的热杀菌首先是为了保证罐头食品的安全,以便防止有害健康的微生物及耐热芽孢、特别是肉毒芽孢杆菌的残存;所以对低酸性食品罐头必须高温杀菌,以达到商业无菌,同时也起到熟化食品及调味食品的作用。

按美国食品和药物管理局(FDA)对低酸性食品罐头的规定为:

1. $\text{pH} > 4.6$; 水份活性(A_w) > 0.85
2. 密封包装(金属容器、玻璃容器或塑料容器)
3. 商业无菌,即罐头食品经热杀菌后要达到无致病性细菌残存(包括芽孢体、嗜热性细菌等)并在正常情况下(不冷冻或冷藏)贮藏和流通。

若按以上的条件,我们研究的软罐头品种:水晶肴肉、茄汁肉片、烤猪肉、香菇肉酱、皇宫牛肉、浓汁猪肉、五香牛肉、咖喱鸡、五香鱼丁、什锦蔬菜等数十个品种均属于低酸性食品软罐头,所以这些软罐头都必须采用高温高压杀菌,只有正确地、科学地来综合考虑杀菌

时间,才能提高产品的质量及降低能耗。

在日常工作中要测定微生物的耐热性、手续繁复、花费劳力大,为此可把产品中测得的传热参数(温度、时间及 j 、 f_h 、 f_2 、 f_e 、 x 等)及以往研究类似食品中的微生物耐热性参数,引用到有关食品中,再用 Ball 公式法(Formula Method)等进行推算,这也是确定杀菌时间的捷径之一。本文中杀菌时间的确定是应用 F 值与 D 值之间的关系:

$$F = n \cdot D(1)(4)$$

D 值——在一定温度下加热产品后,使微生物存活数减到 $1/10$ 所需的必要时间(分);当在 121.1°C (250°F) 加热时,其 D 值为 D_r 。

F 值——在一定温度下加热,杀死一定数量的微生物所需的必要时间(分)。当在 121.1°C (250°F) 加热时,杀死 Z 值为 10°C 的一定数量的微生物所需的必要时间为 F_0 值。

Z 值——对应于 D 值或 F 值 10 倍变化的温度变化($^\circ\text{C}$ 或 $^\circ\text{F}$),肉毒杆菌的 $Z = 10(^\circ\text{C})$

n 值——其性质随着加工品种、加工工艺、工厂条件、食品细菌的种类和污染程度等因素而变化,故 n 是不固定的,对于低酸性食品 n 在 4 到 12 的范围间。如:美国以 6 D 值来杀死嗜热性芽孢菌;用 12 D 值来杀死肉毒芽孢杆菌。

从理论上说,罐头食品要绝对无菌是不可能的,只能作到最大限度地杀死致病菌而对产品质量影响要最小。

杀菌时细菌数是随着杀菌时间增加而呈对数死亡,为说明问题,以静止杀菌条件下,表示细菌残留机率如表 1:

表 1

杀菌时间	活菌数	被杀死的细菌数	被杀死的细菌总数	被杀死的细菌所占百分率
0	1000,000	0	0	0
1D	100,000	900,000	990,000	90
2D	10,000	900,000	990,000	99
3D	1,000	999,000	999,000	99.9
4D	100	999,900	999,900	99.99
5D	10	999,990	999,990	99.999
6D	1	999,999	999,999	99.9999
7D	0.1	999,999.9	999,999.9	99.99999
8D	0.01	999,999.99	999,999.99	99.999999

从表 1 可见用 6 D 值加热杀菌时, 可使原来 1000,000 芽孢减少至 1 个芽孢残存, 增加 0 值可以降低罐头败坏率, 但过度的加热会使产品感官品质下降。例如: 美国允许万分之一的败坏率, 也就是说, 每个罐头中有 100 个耐热芽孢菌, 则 10,000 罐中就会有 1000,000 个芽孢, 经 6 D 值加热杀菌后芽孢不超过 1 个, 也就是说 10,000 罐中最多不超过 1 罐的败坏率。^[1] (我们内部一般控制在万分之五以内)^[3]

低酸性食品罐头中是以杀死肉毒杆菌的芽孢为最低要求, 肉毒杆菌芽孢的耐热性 $Dr = 0.1 \sim 0.2$ 分钟^[3], 假定在某一低酸性食品罐头中有此种芽孢 1 个, 因为此种菌能产生毒素, 危害性大, 故希望杀菌达到 1000,000,000,000 罐中只有 1 罐的残存率, 即初始数 $a = 10^{12}$, 残存数 $b = 10^0 = 1$, 这样在 121.1°C 下杀菌所需时间:

$$t = Dr (\log a - \log b) = Dr (\log 10^{12} - \log 1)$$

$$12Dr = 2 \sim 2.4 \text{ (即: 最低要求)}$$

根据 F 值的定义, 当 D 121.1 时, 则上述中的 t 相当于 F 值。根据美国等国家的经验采用 $F_0 = 12 Dr$, 对肉毒芽孢杆菌在公共卫生上是安全的。^[2]

而在低酸性罐头食品中, 也有引起腐败变质的其它微生物的耐热性比肉毒芽孢杆菌更强, 如嗜热性脂肪芽孢杆菌的 $Dr = 2.5 \sim 4$ ^[3], 如果也同样采用 12D 值的杀菌强度, 虽然可

以使产品败坏率降得很低, 但对产品的感官品质极为不利, 且损耗热能而不经济, 所以根据表 1 中细菌在热加工中残留机率的规律, 产品败坏率控制在万分之一时, 对于耐热性高的嗜热脂肪芽孢杆菌, 以采用 4 D~6 D 的杀菌强度为宜, 此时的后值可估算在 10~18 范围内, 在此范围内的杀菌强度, 也足以杀死 12D 值要求的肉毒芽孢杆菌。

本试验的理论依据是以肉毒芽孢杆菌为最低要求的对象菌并充分考虑到在低酸性食品软罐头中还有嗜热性脂肪芽孢杆菌残存的可能; 所以采用估算 F 值把 10~18 范围内并结合产品加工工艺、感官品质、热能损耗等综合因素来考虑确定低酸性食品软罐头的杀菌时间, 并通过实罐模拟试验, 保温检验、微生物检验及批量试产来校验其正确性。

二、试验材料和操作方法

1. 试验材料

采用高温湿热反压杀菌锅, 蒸汽为介质; 电加热式热熔封口机。

蒸煮袋是聚酯、铝管、聚烯烃复合制成的, 其规格为 130 毫米×170 毫米; 对照用的马口铁罐 #761 号。

测定仪器, 丹麦 ELLAB—Z4FD 型自动测温及 F 值记录仪。该仪表能自动记录罐头内容物的冷点温度和对应的 F 值、杀菌锅温度 (RT); 其后值是按一般法 (General/Method) 程序编排的微型电脑显示。

2. 操作方法

软罐头专用热电偶插到空袋内并将其探针头部固定在袋子的几何中心, 按工艺要求装内容物, 并把块状(或丁状)物插到探针头部, 使其几何中心也落位于袋子的几何中心尽可能排除袋内空气, 然后热熔封口 ($180 \sim 200^\circ\text{C}$)、检查热电偶固定处及热熔封口处有无泄漏现象。

铁罐专用热电偶是在已装好内容物的实罐内, 热电偶探棒的头部位于罐头的冷点和块状物(或丁状)的几何中心。

上述装有热电偶的软罐头和铁罐放在杀菌锅的同一位置(冷点)、联结热电偶的导线引出锅外并分别插在ELLAB-Z4FD的仪表上对应的接线孔里。

要求内容物的初温、种类、块形、净重及加工工艺等软罐头与铁罐均相同,关闭锅门、进入蒸汽、开动仪表、记录参数、适当加入反压力、严格控制锅温和时间,尽可能减少锅温的波动现象,冷却时加大反压力,冷却至内容物中心温度低于40°C,才关闭仪表,结束杀菌操作。每次每锅满载为300袋(罐)。

实罐试验实例:

(1) 150克装水晶肴肉:

去肥猪肉经腌制、水煮(20/100°C),切成2厘米×3厘米×0.3厘米的片状,每袋(罐)装肉片100克、琼脂冻55克、封袋(罐)。内容物初温为41°C;因其pH=6.35、水份活性(Aw)为0.93,故属低酸性食品软罐头。

在杀菌锅中实际条件下杀菌后测算其后值及确定其实际杀菌时间;

杀菌温度采用121°C;升温时间(CUT)为15分钟;杀菌时间为20、25、30、35、40。

表2 150克水晶肴肉罐头杀菌时间及F₀值

次 数	实际杀 菌时间 (分)	软罐头 F ₀ (分)	铁罐 F ₀ (分)	感官品质		备 注
				软罐	铁罐	
1	20	12.64	8.80	不足		
2	25	16.80	12.40	✓		适用
3	30	22.30	16.90	✓		适用
4	35	25.68	18.82	过度		
5	40	30.63	24.85	"		

从杀菌及感官品质的分析,综合考虑采用15'~30'/121°C较为合适;或选用15'~25'/121°C也可以。

(2) 175克茄汁肉片:

猪肉切片,过油(3'180°C),每袋(罐)装肉片100克,调味茄汁85克、封袋(罐)、杀菌。其初温为34°C。因其pH=5;水份活性

(Aw)为0.93,故属低酸性食品软罐头。

在杀菌锅中实际条件下杀菌后测算其F₀值及确定其实际杀菌时间;

杀菌温度采用121°C;升温时间(CUT)为15分钟;杀菌时间为:20、25、30、35、40、45分钟。

表3 175克茄汁肉片杀菌时间及F₀值

次 数	实际杀 菌时间 (分)	软罐头 F ₀ (分)	铁罐 F ₀ (分)	感官品质		备 注
				软罐	铁罐	
1	20	2.15	0	不足		长菌
2	25	4.05	0.10	"		"
3	30	6.10	0.65	"		"
4	35	8.20	2.0	✓		适用
5	40	10.35	2.5	✓		适用
6	45	12.88	4.7	"		"

从杀菌及感官品质的分析,综合考虑采用15'~40'/121°C较为合适;或选用15'~35'/121°C也可以。

(3) 125克烤猪肉:

去肥猪肉、切段、予煮(20'/100°C),切成1厘米³的丁状每袋(罐)装肉丁100克,浓缩调味汁30克,封袋(罐)、杀菌。其初温为39°C; pH=5.1;水份活性(Aw) 0.94,故属低酸性食品软罐头。

杀菌温度采用121°C;升温时间(CUT)为15分钟;杀菌时间为:20、25、30、35、40、45分钟。

表4 125克烤猪肉罐头的杀菌时间及F₀值

次 数	实际杀 菌时间 (分)	软罐头 F ₀ (分)	铁罐 F ₀ (分)	感官品质		备 注
				软罐	铁罐	
1	20	8.45	0.05	不足		
2	25	11.60	0.80	"		
3	30	14.70	1.90	✓		适用
4	35	19.80	4.60	✓		适用
5	40	23.85	8.40	过度		
6	45	32.22	11.60	"		

从杀菌及感官品质的分析, 综合考虑采用 15'~35'/121°C 较为合适; 或选用 15'~30'/121°C 也可以。

(4) 175克香菇肉酱:

切猪肉丁 1 厘米³、香菇丝和川湘辣酱加热拌均匀(15'/100°C)调制而成, 每袋(罐)装 180 克, 封袋(罐)、杀菌。其初温为 55°C; 同其 pH=5.5; 水份活性(Aw)为 0.93, 故属低酸性食品软罐头。

在杀菌锅中实际条件下杀菌后, 测算其后值及确定其实际杀菌时间为: 10、15、20、25、30 分钟

表 5 175 克香菇肉酱杀菌时间及F₀值

次 数	实际杀 菌时间 (分)	软罐头 F ₀ (5)	铁罐 F ₀ (1)	感官品质		备注
				软罐	铁罐	
1	10	3.25	0	不足		
2	15	7.20	0	"		
3	20	11.20	1.20	✓		适用
4	25	15.40	1.80	过度		
5	30	19.60	2.50	"		

从杀菌及感官品质的分析, 综合考虑采用 15'~20'/121°C 为适用。

(5) 125克皇宫牛肉:

牛肉切条、予煮(30'/100°C)、切成 1.5 厘米³丁状, 加热调味, 每袋(罐)装牛肉丁 100 克、调味汁 30 克、封袋(罐)、杀菌。其初温为 29°C; 同其 pH=5.78; 水份活性(Aw)为 0.94, 故属低酸性食品软罐头。

在杀菌锅中实际条件下杀菌后测算其F₀值并确定其实际杀菌时间。

杀菌温度采用 121°C; 升温时间(CUT)为 15 分钟; 杀菌时间为 20、30、35、40、45、50 分钟

从杀菌及感官品质的分析, 综合考虑采用 15'~50'/121°C 为合适。根据牛肉原料的老嫩可以选用 15'~45'/121°C 或 15'~40'/121°C。

(6) 175克浓汁猪肉:

猪肉块经予煮(20'/100°C)、切丁(1.5 厘

表 6 125 克皇宫牛肉杀菌时间及F₀值

次 数	实际杀 菌时间 (分)	软罐头 F ₀ (5)	铁罐 F ₀ (1)	感官品质		备注
				软罐	铁罐	
1	20	6.00	0.75	不足		
2	30	14.00	3.32	"		
3	35	18.8	5.60	"		
4	40	23.8	8.60	✓		适用
5	45	27.9	11.60	✓		适用
6	50	36.60	17.50	✓		适用

米³、每袋(罐)装 95 克及调味浓汤 90 克、封袋(罐)、杀菌。其初温 32°C; 同其 pH=5.72; 水份活性(Aw)0.93; 故属低酸性食品软罐头。

在杀菌锅中实际条件下杀菌后测算其F₀值并确定其实际杀菌时间。

杀菌温度采用 121°C; 升温时间(CUT)为 15 分钟; 杀菌时间为: 20、25、30、35 分钟

表 7 175 克浓汁猪肉杀菌时间及F₀值

次 数	实际杀 菌时间 (分)	软罐头 F ₀ (5)	铁罐 F ₀ (1)	感官品质		备注
				软罐	铁罐	
1	20	7.2		不足		
2	25	12.0		"		
3	30	16		✓		适用
4	35	23.2	8.00	✓		适用
5	40	28.9		过度		

从杀菌及感官品质的分析, 综合考虑采用 15'~35'/121°C 为合适; 或选用 15'~30'/121°C 也可以。

(7) 175克什锦蔬菜牛肉:

予煮土豆丁、胡萝卜丁、青豆、牛肉丁等并混均匀, 每袋(罐)100 克和浓汁调料 80 克、封口、杀菌。其初温为 36°C; 同其 pH=6; 水份活性(Aw)为 0.94, 故属低酸性食品软罐头。

在杀菌锅中实际条件下杀菌后测算其F₀值并确定其实际杀菌时间。

杀菌温度采用 121°C; 升温时间(CUT)为 15 分钟; 杀菌时间分别为 20、25、30、35、40

分钟

表8 175克什锦蔬菜牛肉杀菌时间及F₀值

杀菌时间 (分)	软罐头 F ₀ (分)	铁罐 F ₀ (分)	感官品质		备注
			软罐头	铁罐	
1	20	5.2			
2	25	8.2			
3	30	12			
4	35	15	✓		适用
5	40	18	✓		适用
6	45	22			

从杀菌及感官品质的分析, 综合考虑采用 15'~40'/121°C 为合适; 或选用 15'~35'/121°C 也可以。

三、结束语

1. 从上述例 2~7 的实罐模拟试验后, 经保温贮藏试验, 并按罐头部标准定期抽样检验, 均未发现致病菌及因微生物作用引起的腐败象征, 然后各品种, 按上述确定的杀菌时间, 扩大批量生产, 共生产 6 万余袋, 保温贮藏半年以上均未发现同杀菌不彻底而导致变质败坏的现象。

上述各品种在常温下贮藏二年后, 内容物色、香、味全部正常; 有的品种贮存 3~4 年仍有食用价值。^[6]

因此从低酸性食品软罐头角度, 综合考虑(既能最大限度地杀死致病菌、又要尽可能保持食品的原有色、香、味、经济合算)来确定杀菌时间, 利用 $F=nD$, 以肉毒芽孢杆菌作为低酸性食品罐头杀菌时的最低要求, 同时也要充分考虑到还有耐热性更强的嗜热性脂肪芽孢菌的存在, 可根据低酸性食品软罐头的品种、加工工艺, 生产条件, 微生物的种类及污染率等因素的不同, 分别以 4D 值、5D 值、6D 值或 12D 值的杀菌强度 ($F_0 \approx 10 \sim 18$) 来确定时间; 从上述的实罐试验: 水晶肴肉、茄汁肉片、烤猪肉、香菇肉酱、皇宫牛肉、浓汁猪肉、什锦蔬菜牛肉的实际杀菌时间的确定, 就证实了其

可行性。

2. 从上述各品种软罐头所采用的实际杀菌时间均偏高 5~10 分钟; 这是因为考虑到在批量投产时、原料新鲜度的变化、工艺操作的不稳定性及车间卫生条件等具体原因而采取的保险系数。

3. 从表 2~7 中可以看到在同一个时间, 软罐头的 F_0 值均比铁罐的 F_0 值大, 这说明软罐头的导热快, 杀菌效果显著。这是因为软罐头呈扁平、表面积大, 其截面(厚度)比同容量的园柱形铁罐小、传热到冷点的距离短, 所以在同一时间, 同一温度加热杀菌时其杀菌强度 (F 值) 比铁罐的大。根据这个原理, 在工厂生产时可以采用比铁罐杀菌短的时间, 这样可提高设备利用率、节约热能, 同时由于产品受热时间短而使产品的色、香、味优于同类铁罐产品。^[6]

4. 本试验中仅利用测定产品的热传导数据(温度和时间等)和利用类似对象菌耐热性参数来确定低酸性食品软罐头的杀菌时间, 这还不够完善; 今后还将进一步用实罐接种的杀菌试验来校核所确定的杀菌时间的正确性。

主要参考文献

- [1] 龚继申编译: “低酸食品罐头杀菌条件的确定”, 《辽宁食品与发酵》增(1) p. 1~37. (1983)
- [2] 轻工业部食品发酵工业研究所译(编): “罐藏食品热力杀菌控制、酸化和容器封口评定” p. 69~103 (1983. 9.)
- [3] 轻工业出版社“罐头工业手册(第三分册)” p. 355~374 (1980. 1)
- [4] 谷川英一 佐诘制造学 第12章 p. 164~241 (1969 日文版)
- [5] 龚继申 金涛 “计算软罐头食品杀菌值的探讨” 《食品与发酵工业》p. 22~29 (1984. 1)
- [6] 上海市食品工业研究所软罐头组 “软罐头工艺研究汇编” (1979~1983)