

淡炼乳中残留耐热菌的初步研究

陈锡赉 顾以林 汤天曙

摘 要

从变质淡炼乳产品中分离到 25 株残留耐热细菌,经鉴定其中 18 株(72%)属于嗜热脂肪芽孢杆菌;7 株(28%)属于环状芽孢杆菌。观察了它们对淡炼乳的变质特点并测定了它们的热力致死时间、D 值和 Z 值。测定了淡炼乳生产杀菌过程的杀菌值“F₀”。作者认为该杀菌过程能有效杀灭耐热性最强的致病菌—肉毒梭状芽孢杆菌,符合食用安全要求,但不能使耐热性强的嗜热脂肪芽孢杆菌芽孢数减少 10⁵,以达到防止变质的杀菌要求。

一 引 言

在实际生产中,常有细菌残留于淡炼乳中引起产品酸败变质。根据淡炼乳生产的工艺特点可以认为正常生产所残留的是耐热性较强的细菌。对这些耐热菌的研究,国外虽有关于微生物引起淡炼乳变质的记载^{[1][2]}但结合生产工艺对变质原因菌的研究,还未见到有详细的报导。

本研究的目的是要寻找淡炼乳残留耐热菌,探索它们的一些食品微生物学特性,为改进生产工艺提供依据。

二、实验方法和结果

(一) 实验样品

从乳品工厂 1980 年和 1981 年生产的 410 克罐装淡炼乳产品中抽样 38 罐。其中 28 罐为工厂检验微生物指标不合格的批量产品,10 罐为合格产品。

(二) 取样、菌种分离和鉴定

1. 取样分离菌种

样品罐置负压环境(约 0.1 兆、保持 20 分钟)后检查,都没有裂漏。然后置 37℃ 保温 7

天后无菌开罐。对罐内淡炼乳进行感官检查、测定酸度并进行接种分离培养。方法引自^{[3][4][5]}。

结果：从不合格产品 28 罐中分离到细菌 25 株。合格产品 10 罐内没有分离到微生物。

2. 菌种鉴定

对分离到的 25 株细菌作形态学观察和生理生化试验。方法引自^{[6][7][8]}。根据结果，将性状完全相同的菌株归为一类，共得到三类菌株。（具体实验结果略）按照伯杰氏细菌学分类系统鉴定^{[9][10]}，其中第一类 18 株属于嗜热脂肪芽孢杆菌 (*Bacillus stearothermophilus*) 第二、第三类共 7 株均属于环状芽孢杆菌 (*Bacillus circulans*)。

(三) 残留菌代表性菌株的选择

将 25 株残留菌分别制成芽孢悬液。每类细菌的各菌株芽孢分别取相同量于相同温度中加热（嗜热脂肪芽孢杆菌 115℃、环状芽孢杆菌 100℃）后，适温培养。观察各菌株芽孢的最长耐热时间。选取耐热时间最长的菌株作为各类残留菌的代表性菌株，供进一步试验用。

结果：选定嗜热脂肪芽孢杆菌 12a 菌株、环状芽孢杆菌 9a 菌株和 4b 菌株分别为第一、第二和第三类残留菌的代表性菌株。

(四) 残留菌与淡炼乳变质关系的观察

将 12a、9a 和 4b 菌接种入三角烧瓶内的无菌淡炼乳中，保温培养。每天观察淡炼乳外观变化，并定期测定 pH 值和滴定酸度(°T)。

结果：嗜热脂肪芽孢杆菌 12a 菌株使淡炼乳发生凝结，整瓶淡炼乳成一整凝块，逐渐有乳清析出，凝块致密、较硬。形成凝块前后出现酸味和酪酸样气味。环状芽孢杆菌 9a 和 4b 菌株仅使淡炼乳产生酸味。接种三种菌株的淡炼乳都没有产气、苦味、腐败臭味及明显的色泽变化等现象。具体结果见表 1 和表 2。

表 1 嗜热脂肪芽孢杆菌 12a 菌株使淡炼乳凝结的观察结果

保温温度 (°C)		37		45		60	
需氧或厌氧培养		需氧	厌氧	需氧	厌氧	需氧	厌氧
出现凝块	时间 (天)	8	8	2	2	1.5	1.5
	pH 值	5.1	5.1	5.1	5.1	5.05	5.05
凝块显微镜观察		营 养 型 菌 体					
凝块接种入培养液		有 菌 生 长					
凝块经 100℃15 分钟接入培养液		无 菌 生 长					
对 照 试 验		无菌淡炼乳 pH 6.2, 置 37、45、60℃ 中分别保温 10、7、5 天后, 无凝结, pH 值无变化, 无菌检出。					

表2 淡炼乳接种残留菌后的滴定酸度和pH值

接种菌株	保温温度(°C)	2天后			7天后			30天后		
		有凝	无凝	pH值	有凝	无凝	pH值	有凝	无凝	pH值
12 a	45	有	80~92	5.0	有	83~99	4.7	有	85~98	4.7
	37	无	50	5.9	有	87~95	5.1	有	81~100	4.7
9 a	37	无	42	6.1	无	56	5.6	无	59	5.5
4 b	37	无	41	6.1	无	52	5.8	无	58	5.5
无菌	37	无	40	6.2	无	41	6.1	无	42	6.1

将残留菌接种入淡炼乳进行贮存试验。结果见表3。

表3 接种残留菌的淡炼乳贮存试验结果

菌株	细菌类型	接种量(个/罐)	贮存温度(°C)	淡炼乳凝结时间(天)	凝结时pH值	最终滴定酸度(°T)	开始检不出菌的日期(天)
12 a	芽孢体	20	45	2	5.0	—	7
	营养体	20	45	2	5.0	—	7
	芽孢体	20	37	8	5.1	—	18
	营养体	20	37	7	5.1	—	17
	芽孢体	50	37	8	5.05	—	17
	芽孢体	100	37	8	5.05	—	17
	芽孢体	20	28	20~24	5.0	—	41
	营养体	20	28	16~18	4.9	—	40
	芽孢体	20	20	30天不凝、pH值和滴定酸度无变化、菌量不增加。			
	营养体	20	20	30天不凝、pH值和滴定酸度无变化、菌量不增加。			
9 a	芽孢体	20	37	90天不凝	5.45 ^①	59	60
	芽孢体	20	28	90天不凝	5.5 ^①	60	60
	芽孢体	20	20	90天不凝	5.5 ^①	60	60
4 b	芽孢体	20	37	90天不凝	5.45 ^①	58	60
	芽孢体	20	28	90天不凝	5.45 ^①	61	60
	芽孢体	20	20	90天不凝	5.5 ^①	60	60

注：①为最终pH值。

(五)淡炼乳残留菌的耐热性——热力致死时间(TDT)和D值的测定

1. 残留菌在pH7.0磷酸盐缓冲溶液中的耐热性测定

将代表性菌株的芽孢悬液以M/15磷酸盐缓冲液(pH7.0)稀释成 2×10^2 个/毫升的浓度，分装于玻璃小安瓿瓶中，每瓶0.5毫升。按照不同温度和时间分批(每批12瓶平行试样)投入自动恒温油浴(温差 $\pm 0^\circ\text{C}$)中加热(每批受热芽孢总数为 1.2×10^5 个)。迅速冷却后注

入胰胨培养液，于适温培养 14 天，观察有无残存芽孢生长。

根据 Halvorson 和 Ziegler 提出的公式计算残存芽孢数^[11]：

$$x = 2.303 \log \frac{n}{q}$$

$$b = nx$$

式中：x 是每个平行试样中残存芽孢的最可能数。n 是平行试样数。q 是经培养无细菌生长的试样数。b 是 n 个平行试样经加热后残存芽孢最可能数。

然后再计算出不同温度条件下的热力致死时间 (TDT) 和 D 值。计算方法如下：

$$(1) D \text{ 值: } D = \frac{t}{\log a - \log b} \text{ (分钟)}$$

式中，t 是加热的时间 (分钟)。a 是受到加热处理的芽孢总数，即每个试样中的芽孢数同平行试样的乘积。b 是经 t 分钟加热后残存的芽孢数。

(2) 热力致死时间 (以下称 TDT)：细菌的 TDT 介于最后出现残存芽孢的加热时间和开始完全灭菌的加热时间之间，因此一般取两者的中间值。^[12]

各次实验结果见表 4、表 5 和表 6。

表 4 嗜热脂肪芽孢杆菌 12a 菌株在中性缓冲液中耐热测定结果

试验次数	每管芽孢数(个)	平行试样数	受热芽孢总数(个)	TDT(分钟)	D 值(分钟)
105℃					
1	0.94×10^4	12	1.13×10^5	705	138
2	1.10×10^4	12	1.32×10^5	675	134
平均				690	136
110℃					
1	1.10×10^4	12	1.32×10^5	190	34.4
2	0.90×10^4	12	1.08×10^5	190	36.0
平均				190	35.2
115℃					
1	1.08×10^4	12	1.30×10^5	67.5	11.9
2	1.10×10^4	12	1.32×10^5	62.5	11.1
3	0.99×10^4	12	1.19×10^5	67.5	12.1
4	1.08×10^4	12	1.30×10^5	57.5	10.9
平均				63.7	11.5

续表 4

试验次数	每管芽孢数(个)	平行 试样数	受热芽孢总数(个)	TDT (分钟)	D值(分钟)
120℃					
1	0.96×10^4	12	1.16×10^5	17.5	2.94
2	1.07×10^4	12	1.28×10^5	18.0	2.94
3	0.90×10^4	12	1.08×10^5	20.0	3.45
4	1.10×10^4	12	1.32×10^5	18.5	3.21
平均				18.5	3.14
121℃					
1	1.07×10^4	12	1.28×10^5	12.5	2.25
2	0.99×10^4	12	1.19×10^5	12.5	2.22
3	1.05×10^4	12	1.26×10^5	12.0	2.21
4	1.05×10^4	12	1.28×10^5	12.5	2.22
平均				12.4	2.23
125℃					
1	1.00×10^4	12	1.20×10^5	4.5	0.86
2	1.07×10^4	12	1.28×10^5	4.5	0.84
3	1.07×10^4	12	1.28×10^5	4.5	0.83
平均				4.5	0.84

表 5 环状芽孢杆菌 9a 菌株在中性缓冲液中耐热性测定结果

试验次数	每管芽孢数(个)	平行 试样数	受热芽孢总数(个)	TDT (分钟)	D值(分钟)
100℃					
1	1.10×10^4	12	1.32×10^5	7.5	1.35
2	0.96×10^4	12	1.15×10^5	8.5	1.49
平均				8.0	1.42

表 6 环状芽孢杆菌 4b 菌株在中性缓冲液中耐热性测定结果

试验次数	每管芽孢数(个)	平行 试样数	受热芽孢总数(个)	TDT (分钟)	D值(分钟)
100℃					
1	1.10×10^4	12	1.32×10^5	11.0	1.88
2	0.98×10^4	12	1.18×10^5	10.5	1.88
平均				10.8	1.88

2. 嗜热脂肪芽孢杆菌 12a 菌株在淡炼乳中的耐热性测定

实验步骤和方法与在缓冲液中测定相同。将淡炼乳替代缓冲液。实验结果见表 7。

表 7 嗜热脂肪芽孢杆菌 12a 菌株在淡炼乳中耐热性测定结果

试验次数	每管芽孢数(个)	平行 试样数	受热芽孢总数(个)	TDT (分钟)	D 值(分钟)
110℃					
1	1.10×10^4	12	1.32×10^5		45.5
2	0.94×10^4	12	1.13×10^5		46.9
平均					46.2
115℃					
1	0.98×10^4	12	1.18×10^5	72.5	13.1
2	1.10×10^4	12	1.32×10^5	77.5	14.2
3	0.98×10^4	12	1.18×10^5	77.5	13.8
平均				75.8	13.7
120℃					
1	1.06×10^4	12	1.27×10^5	27.0	4.83
2	1.06×10^4	12	1.27×10^5	28.0	5.08
3	0.90×10^4	12	1.08×10^5	27.0	4.84
平均				27.3	4.92
121℃					
1	1.10×10^4	12	1.32×10^5	19.0	3.52
2	1.04×10^4	12	1.25×10^5	19.0	3.54
3	1.04×10^4	12	1.25×10^5	18.0	3.42
平均				18.7	3.49
125℃					
1	0.95×10^4	12	1.14×10^5	7.5	1.35
2	1.10×10^4	12	1.32×10^5	7.5	1.39
3	1.10×10^4	12	1.32×10^5	7.5	1.38
平均				7.5	1.37

3. 嗜热脂肪芽孢杆菌 12a 菌株的致死温时曲线

将实验测得的嗜热脂肪芽孢杆菌 12a 菌株在 M/15 中性磷酸盐缓冲液中不同加热温度的 TDT (受热芽孢总数为 1.2×10^5 个) 和加热温度在半对数坐标纸上标示, 得到热力致死时间

曲线。见图 1 曲线 A。以 D 值和加热时间在半对数坐标纸上标示，得到内视性热力致死时间曲线(曾定名为仿热力致死时间曲线)。见图 2 曲线 A。此两曲线显示 Z 值都是 9.2℃。

同样，绘出嗜热脂肪芽孢杆菌 12a 菌株在淡炼乳中的热力致死时间曲线(图 1 曲线 B)和内视性热力致死时间曲线(图 2 曲线 B)。此两曲线显示 Z 值都是 9.8℃。

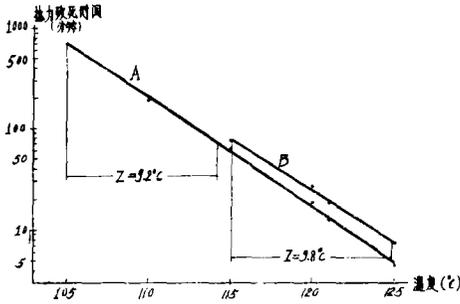


图 1 嗜热脂肪芽孢杆菌 12a 菌株芽孢热力致死时间曲线
(受热芽孢总数 1.2×10^5 个)
A——中性缓冲液；B——淡炼乳

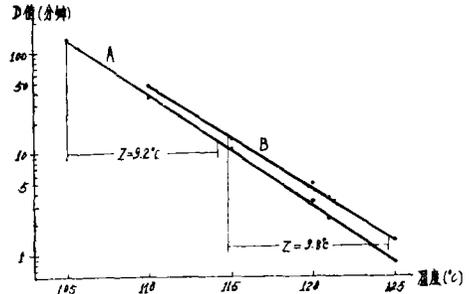


图 2 嗜热脂肪芽孢杆菌 12a 菌株芽孢内视性热力致死时间曲线
A——中性缓冲液；
B——淡炼乳

(六) 淡炼乳杀菌过程中罐装淡炼乳罐内冷点温度的测定

应用罐头加热杀菌温度测试仪测定乳品工厂淡炼乳杀菌过程中淡炼乳罐内的冷点温度。根据测定结果计算出各测定温度的致死率^[13]。(以嗜热脂肪芽孢杆菌 12a 菌株作为杀菌对象菌)。

$$\text{致死率 } L = \frac{F}{\tau} = \log^{-1} \frac{T - 121.1}{Z}$$

式中，L 是对于杀菌试验对象菌在温度 T℃ 时单位时间(每分钟)内的杀菌效果相当于 121.1℃ 时所需的杀菌时间(分钟)。F 是对象菌在 121.1℃ 时热致死时间(分钟)。τ 是对象菌在 T℃ 时的热致死时间(分钟)。T 是加热时的对象菌的受热温度，即实罐内冷点温度(℃)。Z 是对杀菌对象菌有相同致死效果时，时间降低一个对数周期所需要升高的温度(℃)。嗜热脂肪芽孢杆菌 12a 菌株的 Z 值为 9.8℃。然后计算整个杀菌过程的杀菌值 F₀。

$$F_0 = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{L_i + L_{i+1}}{2} \cdot \Delta t_i$$

式中，F₀ 是杀菌效果相当于在 121.1℃ 中的受热时间(分钟)。L 是致死率。n 是整个杀菌过程中测定罐内温度的次数。Δt 是相邻两次测定罐内温度间隔的时间(分钟)。

实验结果见表 8。

表 8 淡炼乳杀菌过程的杀菌值 ($Z=9.8^{\circ}\text{C}$)

实 验 次 数	杀 菌 值 F_0 (分钟)
1	8.1763
2	8.1720
3	8.1807
平均	8.1763

从测定杀菌过程时罐内冷点温度推算得到乳品厂淡炼乳杀菌过程的杀菌值 $F_0 = 8.18$ 分钟。

(七) 残留菌接种实罐杀菌试验

将残留菌代表性菌株分别以不同芽孢量注入无菌淡炼乳罐内，按现行生产的杀菌工艺条件进行杀菌。杀菌结束后，立即以最近似值试管法^[6]测定整个罐头内残存的活细菌数。并进而计算杀菌过程中使芽孢减少的对数周期数(n)。结果见表9。

表 9 嗜热脂肪芽孢杆菌 12a 菌株接种淡炼乳实罐杀菌试验结果

实 验 批 号	实 验 罐 数(个)	芽孢接种量 (a) (个/罐)	平均每罐残存活细菌数(b)(个/罐)	芽孢减少对数周期数 (n) ($n = \log a - \log b$)
1	9	2×10^5	910	2.34
2	9	5×10^4	215	2.37
3	9	2×10^4	82	2.39
4	9	5×10^3	20.9	2.38
5	9	1×10^3	<3	—
6	9	5×10^2	检不出	—
7	9	1×10^2	检不出	—
平 均				2.37

环状芽孢杆菌 9a和4b菌株的实验结果：每罐淡炼乳接种量分别是 1×10^6 个、 1×10^5 个、 1×10^4 个和 1×10^3 个，经杀菌过程后各试验罐均无菌检出。

计算以嗜热脂肪芽孢杆菌 12a 菌株芽孢接种实罐杀菌试验得到的淡炼乳杀菌过程的杀菌值：

$$F_0 = n \cdot D_r = 2.37 \times 3.44 = 8.15 \text{ (分钟)}$$

三、分析和讨论

(一) 淡炼乳样品罐在开罐前经检查均无裂漏现象。分离到的 25 株残留菌都是在生产结束时就已残留在罐内。可以认定，检测淡炼乳样品罐中的残留耐热菌是嗜热脂肪芽孢杆菌和环状芽孢杆菌。

(二) 1. 根据试验结果，嗜热脂肪芽孢杆菌在 $28 \sim 60^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内能使淡炼乳酸凝。淡炼乳产品在出厂前需经 $25 \sim 30^{\circ}\text{C}$ 、3~4 个星期或 37°C 、一个星期的保藏试验。另外，目

前淡炼乳产品都是在自然气温下运输和贮存,在这种环境中适合此菌生长的温度条件。环状芽孢杆菌在 20~37℃ 使淡炼乳产酸,但不凝结。淡炼乳最终滴定酸度达到 58~60°T,超过了规定合格产品的允许酸度值 48°T。^[14]

实验分离到嗜热脂肪芽孢杆菌 18 株和环状芽孢杆菌 7 株,分别占全部分离菌株的 72% 和 28%。

所以,可以确定嗜热脂肪芽孢杆菌和环状芽孢杆菌是近两年来该乳品工厂淡炼乳的变质原因菌。

2. 嗜热脂肪芽孢杆菌和环状芽孢杆菌在引起淡炼乳变质后经一段时间菌体自行死亡。嗜热脂肪芽孢杆菌在酸凝的淡炼乳中以营养型细胞形式存在;在实验温度范围内(28~45℃),温度越高,菌体死亡越快。在 37℃ 中,两种细菌各自引起淡炼乳变质后,嗜热脂肪芽孢杆菌比环状芽孢杆菌死亡得快。

3. 根据上述细菌特性,可以确认,若在腐败淡炼乳中检不出微生物时,仍应考虑到这种变质是由微生物引起的可能性。而在分析由于微生物引起的酸败淡炼乳的原因菌时,淡炼乳的酸败特征(是否凝结、酸度升高程度等)对区分变质原因菌是有参考价值的。

(三) 1. 嗜热脂肪芽孢杆菌 12a 菌株芽孢在中性缓冲液和淡炼乳中的热力致死时间曲线和内视性热力致死时间曲线分别成直线。表明此菌在实验温度范围内,在中性缓冲液中和在淡炼乳中的 TDT 和 D 值都分别与受热温度成对数关系,受热温度升高,TDT 和 D 值均按对数级减少。从曲线上得到此菌的耐热性数值见表 10。

表 10 嗜热脂肪芽孢杆菌 12a 菌株的耐热性数值

基 质	T D T (分钟)				D 值 (分钟)				Z 值 (°C)
	105°C	115°C	121.1°C	125°C	105°C	110°C	121.1°C	125°C	
中性缓冲液	700	57	12.6	4.7	132	37	2.26	0.83	9.2
淡 炼 乳	—	79	19.0	7.4	—	47	3.44	1.38	9.8

2. 嗜热脂肪芽孢杆菌 12a 菌株芽孢在中性磷酸盐缓冲液中的耐热性比文献记载的肉毒梭状芽孢杆菌 A、B 型和生芽孢梭状芽孢杆菌 P.A.3679 的耐热性(D_r 值分别为 0.10~0.20 和 0.10~1.5 分钟^[15])大得多,低于 Stumbo 报导的嗜热脂肪芽孢杆菌的耐热性(D_r 值为 4.0~5.0 分钟)。

3. 嗜热脂肪芽孢杆菌 12a 菌株芽孢在淡炼乳中的耐热性大于中性缓冲液中的耐热性。在淡炼乳中 121.1°C 时的 TDT 和 D 值比在缓冲液中的相应数值增加 50% 以上。说明淡炼乳对此芽孢菌的受热致死有较显著的保护作用。文献记载中未见有关此菌在淡炼乳中的耐热性报导。

(四) 环状芽孢杆菌 9a 菌株和 4b 菌株在中性缓冲液中菌量为 1.2×10⁵个、100°C 时,TDT 分别是 8.0、10.8 分钟;D 值分别是 1.42 和 1.88 分钟。若按 Z=10°C 计算,D_r 值均为 0.01 分钟。它们的耐热性低于肉毒梭状芽孢杆菌 A、B 型,更低于嗜热脂肪芽孢杆菌 12a 菌株的耐热性。

(五) 按照一般经高温杀菌的低酸性食品的杀菌要求,判断淡炼乳杀菌过程时杀菌对象菌的杀灭效果,可以看到乳品工厂现行淡炼乳杀菌过程的杀菌值 F₀(8.15 分钟)超过了以肉毒梭状芽孢杆菌 A、B 型和生芽孢梭状杆菌 P.A.3679 作杀菌对象菌时所需的热力递减时间。

(见表 11)这个杀菌效能是符合低酸性食品的一般杀菌要求的。

表 11 杀灭不同对象菌所需的热力递减时间 (TRT_n)

杀 菌 对 象 菌	D _r 值(分钟)	n	TRT _n (分钟)
肉毒梭状芽孢杆菌 A、B 型	0.10~0.20	12	2.4
生芽孢梭状芽孢杆菌 P.A.3679	0.1~1.5	5	7.5
嗜热脂肪芽孢杆菌 12a 菌株	3.44	5	17.2

若以耐热性更强的嗜热脂肪芽孢杆菌 12a 菌株作杀菌对象菌, 这个杀菌过程显然达不到 $n=5$ 的杀菌效能, 它只能使 n 达到 2.37。所以在淡炼乳生产中有这种菌污染时, 成品中有时就会有嗜热脂肪芽孢杆菌残留, 导致成品变质。

淡炼乳中有环状芽孢杆菌残留的原因主要是由于有这种菌大量污染, 或者杀菌过程操作不当引起的杀菌不足所造成的。

根据目前乳品工厂的工艺条件, 要提高淡炼乳产品的合格率, 必须尽量减少杀菌前淡炼乳中的含菌数目。为此, 就应该要求以含菌数少的优质原料乳来生产淡炼乳并要严格加强生产过程中的卫生管理, 防止再污染。建议在条件许可时, 试用淡炼乳连续式超高温瞬时杀菌工艺。

四、总 结

1. 从微生物指标不合格的淡炼乳产品中, 分离到嗜热脂肪芽孢杆菌 18 株, 环状芽孢杆菌 7 株。它们是引起淡炼乳变质的原因菌。引起变质的特点是: 前者使淡炼乳酸凝; 后者仅使酸度升高而不凝结。这两种菌引起淡炼乳变质后, 经 7~60 天均自行死亡。

2. 对这两种变质原因菌进行了耐热性 (TDT、D 值和 Z 值) 的测定。结果表明淡炼乳与磷酸盐缓冲液相比, 对嗜热脂肪芽孢杆菌受热致死有明显的保护作用。嗜热脂肪芽孢杆菌的耐热性要高于食品工业中常用作低酸性食品杀菌对象菌的肉毒梭状芽孢杆菌 A、B 型和生芽孢梭状芽孢杆菌 P.A.3679 的耐热性; 而环状芽孢杆菌的耐热性却低于上述两种杀菌对象菌, 更低于嗜热脂肪芽孢杆菌。

3. 通过杀菌值 F_0 的测试和计算, 证明乳品工厂现行杀菌工艺是符合低酸性食品的一般杀菌要求的, 但对嗜热脂肪芽孢杆菌来说, 还不能使其达到递减指数 $n=5$ 时的杀菌要求。从而提出有必要改革现行淡炼乳生产工艺的建议。

参 考 文 献

- [1] 中西武雄: 牛乳と乳製品の微生物 地球出版社, 东京, 1967, P.204
- [2] Foster, E. M., Nelson, F. E., Speck, M. L., Doetsh, R. N. and Olson, J. C.: Dairy Microbiology Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Feasey, 1957, p. 242~243.
- [3] 中华人民共和国轻工业部部标准 淡炼乳检验方法, 轻标 (QB)39~79
- [4] 中华人民共和国轻工业部部标准 乳及乳制品微生物检验方法, 轻标 (QB)47~79
- [5] Olson, J. C.: Bacteriological Analytical Manual for Food 4th. ed. 1976.

- [6] National Canners Association Research Laboratories (U.S.A):Laboratory Manual for Food Canners and Processors, V. I—Microbiology and Processing The Avi Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut, 1978.
- [7] 中国科学院微生物研究所细菌分类组: 一般细菌常用鉴定手册 科学出版社, 北京, 1978.
- [8] Lord, T. H. : Determinative Bacteriology Laboratory Manual 1962.
- [9] Buchanan, R. E. and Gibbons, N. E.:Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 8th. ed. The Williams and Wilkins Company, 1974, p.529 ~550
- [10] Candy, M. R., and Nichols, A. A.:J. Dairy Res. 23:334,1956.
- [11] Halvorson, H. O., and Zeigler, N. R.:J. Bacteriol., 25:101, 1932.
- [12] Stumbo, C. R., Murphy, J. R., and Cochran, J.:Food Technol., 4:321, 1950.
- [13] 无锡轻工业学院: 食品工艺学讲义(第一册)上册 1981.
- [14] 中华人民共和国轻工业部部标准 淡炼乳轻标(QB)38~79.
- [15] Stumbo, C. R.:Thermo-Bacteriology in Food Processing 2nd ed. Academic Press, N. Y. 1965.

Preliminary Study on Surviving Thermophilic Bacteria in Evaporated Milk

Chen Xie-lai, Gu Yi-lin, Tang Tian-shu

Abstract

Two species including 25 strains of thermophilic bacteria which can cause spoilage of evaporated milk have been isolated from the spoiled evaporated milk. Of these strains, 18 strains (72%) were identified as *Bacillus stearothermophilus*, and 7 strains as *Bacillus circulans*. The spoilage characteristics of evaporated milk caused by these species were observed and the "TDT", "D" and "Z" values for these species were examined. The "F₀" Value of thermal process for evaporated milk was measured and so this sterilizing process is considered to be effective to destroy the spores of the most resistant pathogen—*Cl. botulinum* in the non-acid food to safeguard the health of the consumer, but it would be inadequate for the destruction of the spores of *B. stearothermophilus* based on reducing its number of a factor of 10⁵ to ensure freedom from spoilage.