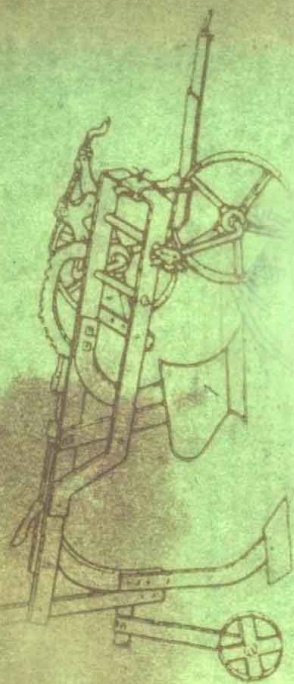


302621



吉林农具图谱

吉林人民出版社

牛乳的巴斯德氏灭菌法

[苏] Г. А. 古克 著

張梅棣 蔡祖德 譯

黃紹康 校

輕工業出版社

1958年·北京

內 容 介 紹

乳和乳制品是極富有营养价值的食品，但亦最易为細菌繁殖而傳播疾病，並在生产上造成重大損失。巴氏灭菌法是現代保持乳品的偉大發明。本書分三大章，第一章講述牛乳的巴氏灭菌法的原理，第二章講述牛乳巴氏灭菌法中应用的器械及其計算，第三章講述在可變熱場中的巴氏灭菌法。

本書主要供乳及乳制品工厂和設計研究機構的工程師們閱讀，有关院校食品工艺專業的師生亦可參考。

ПАСТЕРИЗАЦИЯ МОЛОКА

Г. А. КУК

ПИЩЕПРОМИЗДАТ МОСКВА 1951

(本書根據蘇聯食品工業出版社莫斯科1951年版譯出)

牛乳的巴斯德氏灭菌法

〔苏〕Г. А. 古克著

張梅棣 蔡祖德 譯

黃紹康 校

*

輕工業出版社出版

(北京广安門內白廣路)

北京市書刊出版業營業許可證出字第099号

北京市印刷一厂印刷

新华書店發行

*

850×1168 公厘 1/32 • 9 $\frac{2}{32}$ 印張 • 193,000字

1958年12月第1版

1958年12月北京第1次印刷

印數 1—4,700 定价: (40)1.51元

統一書号: 15042 • 406

序 言

巴斯德氏灭菌法为加工大量消費的流質食物的主要初步工序。

長期的实验証明，当將流質食物加热到低于液体沸点温度时，能促使流質食物具有防腐性。这种防腐性能虽然只是暫时的，但是在实用要求上已是足够的了。

在巴斯德氏著作以前的有关發酵的文献里，已有利用热来处理流質食物以便保藏及防止其变質的方法的記載。

与流質食物因变質所引起的經濟損失作徹底斗争的功績当然应归功于巴斯德氏。同时巴斯德氏肯定了变質是微生物生命活动的結果，而热的强烈作用則能抑止这种活动。

此外还应该归功于巴斯德氏的是他研究了在加热以前和加热过程中所应用的技术資料，並在許多著述和講演里广事宣傳。

因此，当巴斯德氏尚在世的时候就把流質食物里所有微生物生命活动的抑止过程命名为巴氏灭菌法是具有充分理由的。

当巴斯德氏关于發酵的著作發表以后的八十年中，巴氏灭菌法在食品工業里，特别是在乳品工業里获得了广泛地运用。尤其重要的是它已經是国家机构所指定的和控制的方法。

到目前为止，巴氏灭菌法的技术已經达到了高度的水平，設計了許多可以納入企業設備里的成为現代化生产設備的有机部分的各种消毒設備。

从巴氏灭菌法的實踐中定出了規程，遵循这些規程就能够获得沒有毛病的食物。

但是巴氏灭菌法的理論概念，还远远落后于这个过程实际上的广大發展。

巴斯德氏关于热对微生物所起作用的原始观念，在很长时期内不曾有所改变。但在实际上，即使在采用巴氏灭菌法的开头几十年内，这些观念就已经有了重要的修正。

巴斯德氏认为，温度在灭菌过程中起着决定性的作用，但是热作用的持续时间，按照他原来的说法“是没有任何意义的。”

实验证明，在灭菌的过程中时间和温度起着同样的作用。毫无疑问巴氏灭菌规程是由灭菌过程中热作用所及的范围的特征和在这个范围内液体运动时热作用适当持续的时间所决定的。

这种作用的计算方法的探讨，是本书的任务之一。

苏维埃的微生物学者们，近年来大大地纠正了我们渊源于巴氏关于微生物生命活动的观点。

但是，巴氏灭菌法的各种实践及其进行的各种形式看来不会有损于的热对微生物作用过程更深刻的观念。巴氏灭菌法在卫生预防上和经济上的作用是由其非常广泛的实践所肯定的。

本书不拟对巴氏灭菌法的微生物学依据加以任何说明。本书专为工程师们编写，并力求能满足从理论上来说明现代化设备里运用巴氏灭菌法的技术原理的要求。本书的目的是为了要给予苏维埃工程师们以计算这些设备和在生产条件下合理评价这些设备的公式。

从巴斯德氏在其著作中发表了巴氏灭菌器的简单计算方法时起，巴氏灭菌法的技术原理在国外没有获得任何发展。

我们建设的极其重要而坚定不移的基础是先进的科学。这是以合理的原则为根据。而不是单纯根据经验作出片面的猜想。因此，很明显地，今后决不能局限于经验资料，即使它们是从巴氏灭菌法实践中所得出的非常丰富的经验资料。

显然，作者所提出的公式随时都将有所发展和改变，或为更好的和更精确的公式所替代。

更重要的是使与本书有关的我们的工业部门，能够按照现代苏维埃的技术方法来拟定和设计自己的设备。

作者从乳品工業的經驗中为自己的著作蒐集了資料。但是問題的編排及其处理办法帶有共同性，因此可以設想，其中某些处理办法即使在食品工業的其他部門里也可加以运用。

趁此机会，作者謹向协助本書出版工作的同志們致謝，特別要感謝生物学教授 O. K. 栢拉奇娜博士对本書第二章的审阅。

目 录

第一章 牛乳的巴氏灭菌法原理	8
牛乳	8
牛乳的成份	8
牛乳中的細菌和它的抑制	22
在高温作用下牛乳所發生的变化	49
結構形式的發展	59
器械的試驗	65
器械試驗的實踐	65
器械試驗的理論	73
第二章 器械的計算	82
器械系統	82
帶有攪拌器的立式蒸汽巴氏灭菌器	83
流体动力学現象	83
器械中的液体体积	87
攪拌器的功能	91
帶攪拌器的臥式巴氏灭菌器	109
流体动力学現象	109
器械中液体的体积	110
攪拌器的工作	111
帶攪拌器的蒸汽巴氏灭菌器中的热傳导	114
器壁到液体的热傳导	115
蒸汽到器壁的热傳导	123
蒸汽巴氏灭菌器的热功	127
真空巴氏灭菌器	131
暖水巴氏灭菌器	134
冷却器	140
計算公式	140

灌溉式冷却器的热传导	145
交叉流时的热传导	151
灌溉式管状器械的负荷	158
冷却器的热负荷	161
冷却水的消耗量	163
冷却器的终温度	166
验算公式	168
灌溉式器械的损耗	170
回热器	172
顺流回热器	173
逆流回热器	176
具有中间介质的回热	182
回热式巴氏灭菌器	183
联动机	195
管式联动机	207
电巴氏灭菌器	217
第三章 在可变热场中的巴氏灭菌法	219
综合热效应	219
基本公式	220
各种器械的综合效果	224
计算方法和曲线图	235
巴氏法灭菌过的液体的速度场	257
横流的温度场	266
层流状态时的巴氏灭菌法	270
附录	283
符号表	284
中俄名词对照表	286
中俄人名对照表	289

第一章 牛乳的巴氏灭菌法原理

牛 乳

牛乳的成份

牛乳是一种成份非常复杂的液体。生活在地球上的無數哺乳动物的發育和成長，在很大程度上是由乳的特殊性質所决定的，乳是除了血液以外比較困难而又非常重要的研究課題。尽管現代科学已获得了很多輝煌的成就，但是对于牛乳的研究，决不能認為是已經完成了。

这里我們只限于討論那些从研究中所获得的而为解决技术問題所必需的資料。

在解决这些問題时，應該記住，加工乳品时应尽可能地保持乳中那些特殊的性質，由于那些性質能使乳品成为人类不可缺少而又非常重要的食粮。

因此，今后我們應該注意牛乳在热处理时所發生的变化問題。

牛乳的許多性質特別引起我們的兴趣，因为这些性質（主要是指其物理方面）是我們應該知道的，並且应当尽可能地用准确的数值表达出来，以便根据需要按照現代的技术方法来計算設備。

因此我們确当地引录了为相似规范所刊录的选用常数。

牛乳的常数为确定规范所必須，亦为进行設備的各种計算所必需。我們順序来研究下列几个方面：（1）比重，（2）粘度，（3）热容量，（4）导热性和导温性，（5）导电性，（6）表面張力。

1. 比 重

当然，牛乳和乳制品的比重决定于它们的成份。

表 1 牛乳的成份%(根据石依可夫斯基)

水.....	87~89		
干物質.....	11~13	脂肪.....	3~6
		乳糖.....	4~5
		鹽类.....	1
		含氮物質.....	3~4
气体(体积).....	3~6		
		CO ₂	3~4
		N ₂	1.1~2
		O ₂	0.02~0.7
		酪蛋白胨.....	2~3
		白蛋白.....	0.5~1
		球蛋白.....	0.1
		其他.....	0.1

許多研究者都取 15°C 时的乳脂肪比重为 0.93。伊尼霍夫报导，在大量檢驗西伯利亞牛乳的脂肪后証明：

在 17°C 时， γ 脂肪 = 0.927

表 2 牛乳的成份%(根据白列也尔)

水87.55	干物質	脫脂的干物質	含氮物質
	脂肪.....	3.7	酪蛋白.....2.50
	脫脂的干物質...8.75	乳糖.....4.80	白蛋白.....0.50
		鹽类.....0.70	球蛋白.....痕跡
			纖維蛋白.....痕跡
			剩余含氮物質.....0.2
			卵磷脂.....0.05
总计87.55	12.45	8.75	3.25

对伏洛达斯基地区的牛乳，石依可夫斯基得出：

γ 脂肪 = 0.924~0.925

由此可見，如果我們取乳脂肪的比重为 γ 乳脂肪 = 0.93，是不致發生重大錯誤的。

許多文献里指出，牛乳中蛋白質的比重之極限值為 1.346

~1.45。石依可夫斯基則把这个数值定为 1.36~1.40。

乳糖的比重經測定是在 1.535~1.666 的極限內，極限是石依可夫斯基所指出的。

对牛乳中鹽类的比重，石依可夫斯基引用 2.3~2.4 的数值；而在某些学者的資料內，則这个数值变动于 3~4.12 的極限內。

干的脫脂后的剩余物的比重 $\gamma_{\text{干脫脂}}$ 曾經多次測定，看来这个数值的特点是具有很大的稳定性。

从多次的實驗中得出 $\gamma_{\text{干脫脂}} = 1.6007 \sim 1.636$ 。

根据石依可夫斯基对沃洛果达的牛乳所得出的为 $\gamma_{\text{干脫脂}} = 1.634 \sim 1.635$ 。

石依可夫斯基在他自己的一部近作中，又引用 $\gamma_{\text{干脫脂}} = 1.6512$ 。

因此，脂肪的比重和脫脂后的剩余物的比重的数值，只是在比較不大的極限內变动。这样就使我們有根据依照所引用的資料来确定牛乳的比重，或从已知的牛乳比重的資料来确定干剩余物的重量。

同时也可以根据下列的基本公式来求得比重。

$$\gamma = \frac{a+b+c}{\frac{a}{\gamma_a} + \frac{b}{\gamma_b} + \frac{c}{\gamma_c}},$$

式中：a、b、c 是各种成份按重量計的部份；

$\gamma_a, \gamma_b, \gamma_c$ 是各种成份的比重。

如果成份以百分数表示，那么也可写为：

$$\frac{100}{\gamma} = \frac{a}{\gamma_a} + \frac{b}{\gamma_b} + \frac{c}{\gamma_c} \quad (1)$$

許多学者都取 15°C 时混合牛乳的比重 γ 为 1.032。

牛乳的最大密度出現在靠近它的冰点降低测定点，当 $t = -0.5^\circ\text{C}$ 时。

測定含有各种状态（液态和固态）脂肪的牛乳比重时的誤差可能达到 0.5%。

表 3 牛乳各种成份的比重

成 份	30°C 时比重(液态脂肪)	15°C 时比重(固态脂肪)
脂肪	0.913	0.93
干脫脂剩余物	1.592	1.616
灰份	5.5	5.5
蛋白質	1.35	1.346
乳糖	1.63	1.666
檸檬酸	1.68	1.666

可見，除了灰份比重的数字在表 3 里大大地高于其他資料所載的不超过 4.12 以外，这些数据都与以前所引用的数字極為符合。因为牛乳中灰份数量不是很大的，所以在实际計算时，这个差数不起作用。

上面所列举的数据足供技术上准确演算的需要，然而問題只接触到了全脂牛乳。至于脫脂乳的比重， $\gamma_{\text{脫脂乳}}$ 在 15°C 时，我們可以用簡單的計算方法来求得。

如果 $\gamma_{\text{乳}} = 1.032$ ； $\gamma_{\text{脂肪}} = 0.93$ ，

則 $\gamma_{\text{脫脂乳}}$ 可以从公式 (1) 中得到。

若知道脂肪的百分数是 3.7 則可得：

$$\frac{100}{1.032} = \frac{3.7}{0.93} + \frac{96.3}{\gamma_{\text{脫脂乳}}}$$

由此 $\gamma_{\text{脫脂乳}} = 1.0364$ 。

Л. В. 契古拉雅娃列出了在不同温度下不同含脂率的乳酪* (сливки) 比重的測定結果 (表 4)。

2. 粘 度

牛乳和乳制品的粘度是技术上最值得注意的数值。通过設

*乳酪即奶油——譯者註

表 4

乳 酪 温 度	各 种 含 脂 率 的 比 重		
	25%	35%	45%
5	—	1.0022	—
10	1.0	1.0002	0.932
15	1.0062	0.9969	0.973
20	1.0027	0.9939	0.975
25	1.0002	0.9915	0.972
30	0.997	0.988	0.971
35	0.994	0.985	0.97
40	0.992	0.983	0.967
45	0.99	0.932	0.965
50	0.987	0.980	0.962
60	0.981	0.974	0.956
65	0.93	0.971	0.954
70	0.978	0.965	0.952
80	0.973	0.962	0.945
85	0.97	0.96	0.942

备的牛乳流与流体力学所必需研究的一系列问题有关。传热过程则又与流体动力学的现象密切相关，这种现象又为流往设备的带有流动粘滞性的实际液体所决定，其粘度往往很大，按其粘滞情况来说，远远超过水的粘度。

由于研究牛乳粘度所遭遇的重大困难，不得不承认这样的事实，即牛乳为多分散的复杂体系并不遵循牛顿所提出的那个简单的定律。

$$P = -f \cdot \mu \cdot \frac{dw}{dx} \quad (2)$$

观察毛细管里的液流结构，毛细管一般是用来测定 μ 的，也许能得到一些关于胶体系统中粘度结构的极其概略的概念。

粘滞液体的现代流体动力学得出了涡流数值的公式。在距离管子中心点为 x ，管子的半径为 R 的圆管里，在层流状态下所产生的涡流为：

$$w = \frac{2w \cdot z}{R^2}, \quad (3)$$

$$\text{梯度} \frac{dw}{dx} = 2w.$$

牛頓公式相当于下列形式:

$$P = -f \cdot \mu \cdot 2w. \quad (4)$$

这个牛頓公式的形式直接着重地指出了層流渦流結構的实际意义和这种結構与在層流条件下由粘度計中所測定的粘度系数的关系。

对于像牛乳那样的复杂体系，其結構之显著变化是可以預計到的。而粘滯摩擦系数之变动将会导致这种变化。

实验証明，当反复測定同一試样的粘度时， μ 的讀数将会下降，力求达到最小的固定值（表 5）。

表 5 粘度的变化

通过毛細管的牛乳	1	5	10	15	20	30	40次
粘 度	1.77	1.73	1.70	1.68	1.65	1.60	1.60

在“靜置”19小时以后的試驗中其粘度又恢复为 1.70。在另一种情况下，牛乳在毛細管中流过 10 次並經過“靜置”以后，它的粘度便完全恢复。

对于牛乳粘度的研究工作已做了不少，屢次發現粘度的变化与压力 $-p$ 的下降以及速度的相应变化有关。这将在下面的例子里加以說明。

根据牛乳和乳酪粘度的研究結果，益發使人理解到像牛乳那样的混合物中粘滯摩擦現象的复杂性。求得的数值視液体的平均速度、应用的压力、仪器的尺寸和型式、同一試样的实验是否重复等等而定；最后，液体的搖晃和强力的激动，都能改变着实验的結果。这些观察也說明了膠体系統結構的破坏和恢

复。

除了上面所說的純力学方面的原因以外，研究者指出了物理化学方面因素的影响。乳脂肪在温度不高时就熔化了，因此用来确定粘度与温度之間关系的試驗，不仅是可能的，而且多半是从脂肪的固体相开始，到成为一滴一滴的液体为止。最后，当温度超过 60°C 时，蛋白質和乳糖中的变化將漸趋明显。

因此，下面所列举的牛乳粘度的数字，仅能作为初步数据来研究，今后对这些資料將較目前更为詳細而系統地来闡明其理論与經驗的根据。

为了实际計算起見，可以暫時采用下面所列举的数据。表 6 內除收集了牛乳粘度的資料以外，还收集了計算规范所必需的其他数字。

表 6 关于牛乳粘度的資料

温 度 t °C	比 重 公斤/立方米 γ	密 度 CGS制	密 度 工程制	粘 度 厘 泊 μ	粘 度 工 程 制 $\mu_m = \frac{\mu}{98.1}$	运动粘度 CGS制 ν	运动粘度 工 程 制
5	1033.3	1.033	105.3	2.96	0.000302	0.0287	前一项数
10	1032.3	1.032	105.2	2.47	252	239	值应乘以
15	1030.8	1.031	105.1	2.10	214	204	10 ⁻⁴
20	1029.3	1.029	104.9	1.79	182	174	
30	1025.3	1.026	104.5	1.33	135	130	
40	1021.0	1.021	104.1	1.04	106	102	
50	1016.6	1.017	103.6	0.85	87	84	
60	1011.4	1.011	103.1	0.71	72	70	
70	1006.0	1.006	102.5	0.62	63	62	
80	999.6	1.000	102.0	0.57	58	57	

因为要計算巴氏灭菌器，也像牛乳資料一样地需要有水的資料，所以把这些資料引列在表 7 里，作为表 6 的补充。

再引列不同学者关于牛乳和某些乳制品的一些資料（表 8）。

表 7

水的 资 料

温度 t °C	压力 P 公斤 /厘米	比重 γ 公 斤 /立方米	热容量 C_p 公斤/卡 公斤/度	导热性 λ 公斤/卡 米·时/度	动力粘度 $\mu \cdot 10^6$ 公斤/秒 米	运动粘度 $\nu \cdot 10^6$ 平方米 /秒	导温性 $a \cdot 10^4$ 平方米 /时	布蘭德 标 准 μC_g λ
0	1	1000	1.009	0.480	182.5	179	4.8	13.3
10	1	1000	1.002	0.494	133.0	130	5.0	9.49
20	1	998	0.999	0.510	102.0	100	5.1	7.05
30	1	996	0.998	0.525	81.7	80.77	5.3	5.51
40	1	992	0.998	0.539	66.6	65.9	5.4	4.37
50	1	988	0.999	0.552	56.0	55.6	5.6	3.59
60	1	983	0.999	0.565	48.0	47.9	5.7	3.00
70	1	978	1.001	0.574	41.4	41.5	5.9	2.54
80	1	972	1.002	0.581	36.3	36.6	6.0	2.20
90	1	965	1.005	0.585	32.1	32.6	6.1	1.95
110	1.03	953	1.007	0.587	28.8	29.5	6.2	1.72
120	2.02	943	1.015	0.590	23.5	24.4	6.4	1.37
140	3.68	926	1.025	0.588	20.0	21.2	6.5	1.17
160	6.30	903	1.040	0.585	17.5	18.9	6.7	1.02
180	10.20	887	1.057	0.579	15.7	17.4	6.9	0.91
200	15.85	886	1.073	0.572	14.3	16.2	7.1	0.82

表 8

20°C时乳制品的粘度 泊

全脂牛乳	0.018
脱脂乳	0.0161
乳酪(含脂10.5%)	0.0625
乳酪(含脂27%)	0.0303

在各种压力下进行实验的结果是非常有趣的(表9)。

表 9 粘度与压力的关系(克/平方厘米)

- a. 含脂3.5%, 含干物质12.36%的牛乳在4°C下经4小时时效。
- | | | | |
|-----------|--------|-------|-------|
| 压力 ϕ | 1206.9 | 679.4 | 131.8 |
| 粘度 μ | 1.548 | 1.581 | 1.593 |
- b. 含脂3.83%, 含干物质12.3%经巴氏法灭菌过的牛乳。
- | | | | |
|--------|--------|-------|-------|
| ϕ | 1308.5 | 630.9 | 138.2 |
| μ | 1.511 | 1.526 | 1.571 |
- c. 含脂4.63%, 含干物质14.08%的均匀牛乳。

Δp	1306.9	679.4	276.6	134.46
μ	1.892	1.901	1.928	1.947
d. 含脂0.78%, 含干物質25.63%的脫脂煉乳.				
Δp	1466.2	814.2	276.0	
μ	7.089	7.205	7.744	
20%糖溶液				
Δp	1144.9	980.6	680.9	124.7
μ	1.703	1.704	1.704	1.704

表 10 3~4°C时乳酪的粘度 厘泊

含脂量 (%)	生 奶 油			巴氏法灭菌过的乳酪		
	冷 却 到 3~4°C			冷 却 到 3~4 °C		
	新鮮的	过一天的	过二天的	新鮮的	过一天的	过二天的
0.0	2.8	2.8	2.8	3.3	3.2	3.2
4.7	3.5	4.0	3.5	3.2	4.0	4.0
9.4	4.3	5.0	4.5	3.5	4.3	4.5
19.0	8.2	12.8	15.0	5.2	7.2	7.8
24.5	16.0	29.8	32.8	9.0	11.0	11.8
30.0	33.5	66.3	70.8	14.0	19.8	19.8
34.25	87.5	152.0	162.2	42.8	33.0	32.8

註: 巴氏灭菌法采用長时期时效(61°C—30分鐘)。

在巴氏法灭菌时乳脂肪呈液体状态, 阿达瑪尔和留別申斯基对乳狀液提出下列公式:

$$\mu = \frac{\mu_0 3 (\mu_0 + \mu_1)}{2 \mu_0 + 3 \mu_1}$$

式中: μ_0 是介質粘度;

μ_1 是分散脂肪的粘度。

3. 热 容 量

我們引列了技术計算所必需的有關牛乳和乳酪热容量的足够資料 (表 11)。

乳脂肪是由大量的脂構成的, 这些脂的熔点范围很大(18.5