本邦牛乳に対する H.T.S.T. 殺菌法の適用に関する研究

田中清一・石井和夫・小笠勝啓・大村雅道

(森永乳業株式会社, 研究所)

Studies on application of the H.T.S.T. pasteurization method to the milk in Japan

SEIICHI TANAKA, KAZUO ISHII, KAZUHIRO OGASA and MASAMICHI OHMURA

(Research Laboratories, Morinaga Milk Industries Co. Ltd.)

緒 言

近年欧米各国に於ては牛乳の処理加工が大量方式に移り、工程が連続化・自動化するに伴つて牛乳の殺菌方式も Holding system から次第に continuous flash system に変わりつつある。この方式は High temperature short time method と呼ばれ、H.T.S.T. 法と略称されるものである。本法の定義は1936年アメリカ合衆国公衆衛生局の milk ordinance and code¹⁾ によれば「牛乳及乳製品の各 particle の温度が凡て少く共160°Fに達し、且同温度若くはそれ以上の温度に15秒以上保持されるもの」とあり、更に1953年度の同局発表の Recommendations²⁾ によれば「160°Fを161°Fに上げる」とされている。

本殺菌法の実施のためには特殊の装置及正確、鋭敏な温度調節器を必要とするが1952年2月我国に始めて之が輸入された。但し、本殺菌法をプラント内で実用するに当つて考慮すべき問題が一つあつた。それは外国と我国に於ける原料牛乳中の汚染度—細菌数の差である。例へばアメリカ合衆国に於ける生乳細菌の法的制限が1 c.c. 中20万乃至40万³⁾ 以内で且規則が厳守されているのに対し、我国では1 c.c. 中400万以下であり且實際問題としてはこの数を遙に上廻り5000~6000万のものが珍らしくないと云ふ点である。即ち汚染度の少い牛乳を対照として実験され、証明された方法が果して、その10倍以上の汚染度をもつ本邦牛乳にそのまま適用しうるか否かの点である。

筆者等は一年を四季に分け、各季に亘つて工場に取付けた殺菌機を随時に「161~162°F 15~16秒」の H.T.S.T. 法の定義通りに調節し、年間を通じて殺菌成績を求め、且之と並行してより正確な実験室的装置による結果と対比した。又 curd-tension, Vitamin C の減少率、蛋白質の変成度合及 T.B.A Test 等につき、本法と従来の Holding system の比較を行ひ、一応結果が纏つたので茲に発表する。

I 欧米に於ける研究

プレートによる高温短時間殺菌法は1923年英国で考案され、遂次欧米各国にひろまりアメリカには1940年以後輸入され、ここ10年間の中に市乳はもとより各種の牛乳加工に急激に取入れられ殺菌容式を一変したかの観がある。アメリカでは始め温度の確実な調節が困難であるとして公衆衛生当局から指弾されたが正確な自動調節装置が工夫されるに及んで大部分の州が之を公認するに至つたのである。又病原菌破壊の証明には Phosphatase test が用いられている。1935年 KAY 及 NEAVE³⁾ は *Mycobacterium tuberculosis* 及その他の普通病原菌は Phosphatase よりも早く死滅することを確認している。

1938年 BURGWARD 及 GIBSON⁴⁾ によれば工業的に行つた160.5°F 16秒の殺菌で牛乳の Phosphatase test は凡て陰性なりと報告している。

KRENGER⁵⁾ DOTERRER⁶⁾ 共に HTST 法の安全性を認め、後者は Plate count による細菌数は63°C 30分のものと変りがないと述べている。

一方 Holding system と異なる点として HILEMAN 及協同者等⁷⁾ は HTST 法による殺菌牛乳は63°C 30分法に比し *Micrococci* の残存率が多く *Streptococci* が少く、又前者は酸生成菌が50~60%、アルカリ生成菌が25~50% なるに対して、後者は酸生成菌が93%でアルカリ生成菌が4%にすぎないと指摘している。又 ROADHOUSE, HENDERSON⁸⁾ はその著書の中で HTST 法の欠点の一つに耐熱菌に対して僅か乍らその残存率が高いと述べている。

II 実験設備

H.T.S.T. 殺菌法のための設備として普通プレート式及チューブ式とがあり、夫々温度自動調節器並ホルダー(15~16秒保つための)がついている最初これら二つの型につき実験したが所定温度に達する時間その他、様式による差が認められなかつたので、本実験では元づ Tube

式を採用した。

本機は米国製全ステンレス・スチール製で、加熱面積92平方呎、毎時能力25~30石のものである。

実験室用殺菌機は当研究所の考案になるもので牛乳は40秒以内で所定温度に達し、夫々所定の保持時間（H. T. S. T. 法では15.5秒、80°Cでは5分）を経たる後、冷水中に浸漬せるサンプル罐中に無菌的に注入される。

III 実験方法

1 細菌数及大腸菌群の検査は厚生省編纂「衛生検査指針Ⅲ」によつて行つた。

2 ヴィタミンCの定量は Indophenol 法によつて行つた。

3 Casein 態 N は試料を10倍稀釈し40~42°Cに加温し醋酸（1：9）を加え、pHを4.6に調整し生じた沈渣を Semi-Kjeldahl 法により、Albumin 及 Globulin N は前記沈渣を濾別除去した濾液を pH5.6 に戻し、沸騰水浴中2時間加熱し沈渣を Semi-Kjeldahl 法によつて定量、前記二つの和を以て蛋白態 N とした。

4 Curd-tension は 1941 American Dairy Science Assoc. の公定法⁹⁾により測定した。

5 TBA test¹⁰⁾ は 1944 年 KOHN, LIVERSEDGE¹¹⁾ 両氏によつて唱導された TBA 試薬 (2-Thiobarbituric Acid) を用ひ、Beckman Spectrophotometer で測定した。

IV 実験成績

1 殺菌効果 実験室的に行つた H. T. S. T. 法の殺菌成績は次の如くであり、細菌数に於ては略々法規の枠内（1 c. c. 中 5 万）に止つたが大腸菌群は一部残留した。

第 1 表

試料番号	原 料 乳		殺 菌 乳			殺菌率 (%)
	細菌数 (c. c.)	大腸菌 (c. c.)	細菌数 (c. c.)	大腸菌 (c. c.)	大腸菌 (10c. c.)	
1	3,000,000	+	20,000	—	+	99.3
2	1,200,000	+	7,600	—	—	99.3
3	8,400,000	+	31,000	—	—	99.1
4	10,000,000	+	42,000	—	+	99.6
5	17,000,000	+	48,000	+	+	99.7
平均	7,920,000	+	29,900	(5例中1例+)		99.4

粉乳工場に於て Tubular heater 及 Holding pipe を荒煮釜の前に設置し、毎時 20~25 石の割合で牛乳を通し、Holding pipe (15.5~16秒) 通過後サンプル瓶にサンプルをとつた細菌数及大腸菌を検査した。温度は自動調節器により 162°±1°F を厳格に保つようにした。これらの結果は第 2 表に示す如くであつた。

即ち細菌数の比較的少い 3 月及び 5 月は 1 c. c. 中大腸菌群の反応陰性で細菌数も法規内に止つたが夏季（7、8 月）の原料乳の細菌数大なるものでは大腸菌プラスで

第 2 表

月	試料番号	原 料 乳		殺 菌 乳			殺菌率 (%)
		c. c. 中細菌数	大腸菌	c. c. 中細菌数	大腸菌群 c. c. 10c. 中		
3 月	1	2,900,000	+	6,200	—	+	99.7
	2	3,400,000	+	25,000	—	—	99.2
	3	3,800,000	+	8,000	—	—	97.4
	4	9,800,000	+	13,500	—	+	99.8
平均		4,700,000		13,300			99.7
5 月	1	3,400,000	+	21,000	—	—	99.3
	2	3,500,000	+	15,000	—	—	99.5
	3	4,000,000	+	13,000	—	—	99.6
	4	8,400,000	+	24,000	—	—	49.7
平均		4,800,000		18,000			99.6
7 月	1	12,000,000	+	44,000	—	—	99.6
	2	13,000,000	+	65,000	+	+	99.5
	3	14,000,000	+	22,000	—	—	98.4
	4	14,000,000	+	33,000	+	+	99.7
	5	16,000,000	+	9,700	+	+	99.9
	6	15,000,000	+	8,500	+	+	99.9
	7	19,000,000	+	230,000	+	+	98.7
	8	47,000,000	+	47,000	—	—	99.9
平均		18,750,000		57,000			99.6
8 月	1	10,000,000	+	68,000	+	+	99.3
	2	16,000,000	+	16,000	+	+	99.9
	3	18,000,000	+	5,200	+	+	99.9
	4	19,000,000	+	110,000	—	—	99.4
平均		15,700,000		49,800			99.6
10 月	1	1,700,000	+	8,600	—	—	99.4
	2	2,000,000	+	12,000	—	—	99.4
	3	4,000,000	+	20,000	—	—	99.5
	4	8,600,000	+	36,000	—	—	99.3
	5	6,100,000	+	56,000	—	—	99.0
	6	13,000,000	+	55,000	—	—	99.5
	7	45,000,000	+	48,000	—	+	99.8
平均		11,500,000		33,600			99.6

細菌数も 5 万を超過するものが見られた。10 月に入つてもこの傾向はなくならなかつた。反対に原料乳の法規枠内（400 万以下）の場合はどの季節に於ても細菌数及大腸菌反応が規定内に止る様に思はれた。

本殺菌法を従来行はれた各種の殺菌条件に対比するため 1 c. c. 中細菌数 800 万、大腸菌陽性の原料乳につき、実験室的に試験せる結果が次の第 3 表であり、他の殺菌法に比べて殺菌率が低かつた。

第 3 表

殺菌条件	細菌数 c. c. 宛	大 腸 菌 群		殺菌率 (%)
		1 c. c. 中	10 c. c. 中	
H. T. S. T. 法	13,600	—	±*	99.6
80°C 5 分	5,300	—	—	99.9
75°C 15 分	4,600	—	—	99.9
63°C 30 分	7,500	—	—	99.9

* 試料 5 中 + 3

2 ヴィタミン C の残存率 実験室的に各種殺菌条件下の牛乳中のヴィタミン C の残存率を測定せる結果は第 4 表の如くで H. T. S. T. 法が最も良好であつた。

第 4 表は 5 例についての算術平均値であり、* 生乳中のヴィタミン C の含量は 100 c. c. 中 0.8~1.8 mg の中があり H. T. S. T. 法及 80°C 5 分は明らかに残存率高かつたが後二者には殆んど差が見られなかつた。A. D. HOLMS 及

第 4 表

殺菌条件	ビタミンC残存率
生乳	100
H. T. S. T.	91.4%
80°C 5分	86.0%
75°C 15分	59.1%
63°C 30分	60.8%

協同者¹²⁾によれば H. T. S. T. 法によるビタミンCの破壊率は0とされているが本実験では10%に近く、又実際の工業操作による破壊率は5~10%で実験室操作に於けるより低率であつた。

3 カード張力 各殺菌条件によるカード張力の強さを U. S. 公定法により測定の結果は次の如くであつた。

第 5 表

殺菌条件	第一例		第二例		平均	
	瓦数	百分率	瓦数	百分率	瓦数	百分率
生乳	80	100	86	100	83	100
H. T. S. T.	68	85.0	77	89.6	72.5	87.3
80°C 5分	65	81.2	65	75.6	65	78.4
75°C 15分	60	75.0	60	69.8	60	72.4
63°C 30分	75	93.7	79	91.8	77	92.1

即ちカードの軟質化は75°C15分及80°C5分が最も著しく、HTST法及63°C30分がこの傾向少く、その中後者が最も生乳に近い数値を示した。この傾向は更に季節を変えて行つた実験に於ても同様に見られた。

4 蛋白質の変成率 実験室的に牛乳の殺菌条件を変へ、熱凝固性蛋白態窒素及びカゼイン態窒素の生成度を3例につき比較せる結果、第6表の如く H. T. S. T. 法によるものが最も生乳に近い状態を示した。

第 8 表

殺菌後経過時間	生乳		H T S T		80°C 5分		63°C 30分		75°C 15分	
	TBB	(c.c.) 細菌数	TBA	(c.c.) 細菌数	TBA	(c.c.) 細菌数	TBA	(c.c.) 細菌数	TBA	(c.c.) 細菌数
0	0.027	14,000,000	0.037	3,000	0.031	680	0.037	2,700	0.033	1,700
24	0.032	24,000,000	0.069	30,000	0.039	3,000	0.042	6,000	0.039	3,500
48	0.033	29,000,000	0.100	60,000	0.039	6,000	0.052	9,000	0.056	10,000
風味不良となる迄の時間	20		33		46		40		42	

之に比例し次に63°C30分であつた。又殺菌温度の高いもの程保存時間が長く細菌も少なかつた。(實際上の経験と一致) TBA 試験に於て生乳の指数が低いのは検討の余地が認められるが、HTST法が最も高く、80°Cが低いのは有意のものと思はれる。風味が生乳に近い点では HTST 法が最もすぐれているが生乳の風味自体が余り優良でない現状では生乳に近いことが必ずしも風味優良と云へない。むしろ一般の嗜好に従へば以外の殺菌条件が好ましい様である。

V 考 察

以上 HTST 殺菌法の殺菌効果並に従来行はれた各種

第 6 表

殺菌条件	蛋白態N (%)	熱凝固性N (%)	カゼイン態N (%)
生乳	86.8	13.4	73.4
H. T. S. T.	87.3	10.5	76.8
80°C 5分	87.2	8.7	78.5
75°C 15分	88.0	6.3	81.7
63°C 30分	88.2	9.7	78.5

5 TBA試験 脂肪の酸化度を比較するため2-Thio-barbituric acid によるTBA試験を行ひ、その数値を求めた。

第 7 表

試料番号 殺菌条件	1	2	3	4	5	平均
生乳	0.030	0.029	0.027	0.026	0.031	0.0286
H. T. S. T.	0.043	0.039	0.037	0.036	0.042	0.0396
80°C 5分	0.049	0.050	0.031	0.048	0.042	0.0440
75°C 15分	0.048	0.045	0.033	0.054	0.043	0.0446
63°C 30分	0.054	0.040	0.037	0.037	0.045	0.0426

前記数値を加熱に伴ふ脂肪酸化度数と考えるならば、HTST法によるものが最も脂肪酸化少く、60°C30分が之に次ぐものと云える。之に対し経験者による味覚試験に於ては加熱直後に於ては80°C5分以外の判別は寧ろ困難であつた。仍而保存中に於ける変化を他の条件と共に比較した。即ち

6 風味の保存性 同一牛乳を時間差なき様実験室的に各条件下に一樣に殺菌し、夫々直ちに氷水(3~6°C)中に浸漬し、保存中の風味、TBA 及滴定酸度、細菌数等比較した。試験期は7月。

風味の低下率はHTST法が最も早く且細菌の繁殖も

殺菌法との比較を試みたが原料乳の細菌数が少ない場合(例400万以下)には本邦取締法規(細菌数5万以下・大腸菌群1c.c.中0)に適合する殺菌効果を發揮するが原料乳の細菌数が夏季乳の如く1000万以上に及ぶものについては満足すべき殺菌効果は期待し得ない様である。特に大腸菌が陽性のまま残存するものが見られるのが大きな問題である。

風味、カード張力、ビタミンCの残存率、蛋白質の変成度等に於て HTST 法によるものは他の殺菌条件に比べて明らかに生乳に近い品質を保証するが、保存性、生乳特有の臭味(之があつた場合)の残留等の点から見て、市乳製品の処理法として必ずしも最適の方法とは考

えられない。尤も之らは原料乳質の向上によつて解決さるべき問題であらう。原料乳質—汚染度、酸度、風味—が現状のままである限り、乳質の数等優良な欧米の方式通り HTST 殺菌法をそのままプラントに持ち込む事に対し疑問視せざるを得ない。連続式高温短時間殺菌法の工場作業法としての利点を生かし更に本邦原料事情に即応した別な殺菌様式こそ工夫さるべきものと思はれる。

J. H. HILEMAN⁷⁾によれば HTST 法による工場作業での細菌数は 1 c.c. 中年間平均 14,000~45,000 となつていて数字の上では本結果と略々一致している。殺菌後の細菌数が必ずしも原料乳中の細菌数と一致していないのは前記 HILEMAN の研究に見られる様に菌の種類によつて、本法の効果に差があるためとも見られるが、更に実験例を重ねて検討を要するものと思はれる。

VI 結 論

1 1952年始めて我国に輸入された設備を使用して、本邦牛乳に対する高温短時間殺菌法 (H. T. S. T. 法) を試みた結果、原料乳の細菌数が現行法規通り c.c. 中 400 万以下の場合を除き、夏季の如く汚染度の著しく高い場合には、殺菌乳の細菌数 5 万 (c.c. 中) を越し、大腸菌陽性を示すものが屢々現はれる。従つて $162^{\circ}+1^{\circ}\text{F}15\sim 16$ 秒の条件をそのまま本邦牛乳に適用することは適當とは考へられない。

2 HTST 殺菌法により処理せる牛乳は従来我国で行はれた $80^{\circ}\text{C}5$ 分 $75^{\circ}\text{C}15$ 分又 $63^{\circ}\text{C}30$ 分の殺菌法に比べて、ビタミン C の残存率高く、蛋白の変成度、カード張力指数等何れも生乳に近い。又風味及 TBA 試験に於ても生乳に近い成績を示したが、保存性は反対に他の方法に比べて遜つていた。又實際問題として原料乳質の優

秀ならざる現在では、風味の生乳に近いこと—とは生乳の持つ不快臭味を一部保存することにもなり、必ずしも利点とは云ひ難い。

3 HTST 法の工場法としての利点を生かすには殺菌条件を一部修正すべきものと思はれる。(1953, 12, 4. 受付)

文 献

- 1) U. S. Treasury Dept. (1955) : Pub. Health Bul. 220.
- 2) J. D. FAULKNER (1953) : J. Milk. & Food Tech. 16, 3.
- 3) H. D. KAY, F. K. NEAVE (1935) : Simple Test for Efficiency of Pasteurization Lancet., 228, 1516.
- 4) L. H. BURGWARD, E. M. GIBSON (1938) : J. Milk Tech., 11.
- 5) P. F. KREUGER (1939) : Internatl. Assoc. Milk Dealers, Assoc. Bul., 31, 334.
- 6) W. C. DOTERRER (1939) : Internatl. Assoc. Milk Dealers, Assoc. Bul., 31, 332.
- 7) J. L. HILEMAN, H. LEBER, M. L. SPECK (1941) : J. Dairy Sci., 24, (4) 305.
- 8) C. L. ROADHOUSE, J. L. HENDERSON (1950) : The Market Milk Industry 2nd Ed.
- 9) 田中, 小笠 (1952) : 小児科臨床, 5, (2)
- 10) 田中, 栗岩 (1953) : (本誌),
- 11) H. I. KOHN, M. LVERSEDGE (1944) : J. Pharmacol., 82, 292.
- 12) A. D. HOLMS (1945) : J. Dairy sci., 28, 6.

Résumé

1 Applying the HTST pasteurization method which is used in general way in America and Europe to the Japanese raw milk of which bacterial count is extremely remarkable, we recognized that this new method is not suitable to our milk under its proper condition of temperature and time except the raw milk of winter season and of

high quality.

2 Also we found that the milk pasturized by HTST method is nearest to raw milk in its flavor, Vitamin C content and TSA Test, but is inferior to milk pasteurized by other method ($63^{\circ}\text{C}30\text{min.}$, $75^{\circ}\text{C}15\text{min.}$ or $80^{\circ}\text{C}5\text{min.}$) in its keeping quality.