牛乳の官能特性に及ぼす殺菌条件の影響

岩附慧二*・溝田泰達*・住 正宏**・外山一吉*・富田 守*

Effect of Pasteurization and UHT Processing Conditions on the Sensory Characteristics of Milk

Keiji IWATSUKI*, Yasumichi MIZOTA*, Masahiro SUMI**,
Kazuyoshi SOTOYAMA* and Mamoru TOMITA*

* Food Research and Development Laboratory, Morinaga Milk Industry Co., Ltd.
1-83, 5-chome Higashihara Zama-shi, Kanagawa, 228-8583

** Product Evaluation Center, Morinaga Milk Industry Co., Ltd.
1-83, 5-chome Higashihara Zama-shi, Kanagawa, 228-8583

With the aim of examining the effects of pasteurization and UHT processing conditions on the sensory characteristics of milk, sensory evaluation was conducted on various pasteurized and UHT processed milks as well as on commercial milks. The effects of pasteurization and UHT processing on the physicochemical properties of milk were clearly shown in the denaturation rate of whey proteins and rennetability. In the evaluation of the palatability of milk, milk pasteurized at 130°C for 2 seconds (UHT 130) was most preferred. Preferences with respect to the sensory attributes of odor as well as aftertaste and body were important for palatability, and accustomed taste was one of the factors affected in the evaluation. The results of the evaluation of sensory attributes and the principal component analysis of those attributes showed that UHT milk having strong body was assessed as having the feeling of natural milk, and the sensory attributes of odor and aftertaste were evaluated as being agreeable. On the other hand, in the case of HTST milk, as well as LTLT milk, the sensation of thinness was strong. This was assessed as being fairly characteristics of this type of milk and was inclined to give a dislike of the odor and aftertaste. The results of sensory evaluation of commercial milk by a panel of housewives were the same as the above-mentioned results by a panel of experts.

(Received, Feb. 3, 1999 ; Accepted, Apr. 21, 1999)

牛乳の殺菌の目的は、牛乳中に汚染する可能性のある病原性微生物を死滅させて衛生学的品質を確保すると共に、牛乳中の大部分の一般微生物を死滅させたり、牛乳の品質を劣化させる恐れのある酵素を失活させることにより保存性を高めることにある。

わが国では、牛乳の殺菌方法は食品衛生法における「乳及び乳製品の成分規格等に関する省令」で「摂氏 62 度から摂氏 65 度までの間で 30 分間加熱殺菌するか、又はこれと同等以上の殺菌効果を有する方法で加熱殺菌すること」と規定されている。

牛乳の風味については、飼料、酸素、酵素、微生物、光、熱、保存などの種々の視点から、それらの影響が研究されており、これまでに多くの総説が出されている^{1)~7)}。

本研究は、おいしい牛乳を製造するための製造プロセス、容器、保存条件の検討の一貫として行われ、先ず、牛乳の官能特性に影響を及ぼす種々の要因のうち、殺菌条件の影響を明らかにすることを目的に、わが国で通常行われている代表的な方法で殺菌した各種殺菌牛乳については専門家パネルにより、また、市販牛乳については

* 森永乳業(株)食品総合研究所 (〒228-8583 神奈川県座間市東原 5-1-83)

** 森永乳業(株)応用技術センター (〒228-8583 神奈川県座間市東原 5-1-83)

一般消費者である主婦パネルにより官能評価を行ったので報告する。

実験方法

1. 実験材料

(1) 殺菌牛乳の調製

当社工場に集乳した新鮮な同一の生乳を用いて、低温保持殺菌牛乳 (LTLT) は 63℃ 30 分間で、高温短時間殺菌牛乳 (HTST) は 75℃ 15 秒間で、超高温瞬間殺菌牛乳 (UHT130, UHT140) は 130℃ 及び 140℃ 各 2 秒間でそれぞれ殺菌を行うことにより調製した。LTLT 牛乳はバッチ殺菌法により、また、HTST 牛乳及び UHT 牛乳はプレート式殺菌機 MAU (森永エンジニアリング(株) 200 l/h) による間接加熱法により殺菌後、均質機 (三丸機械工業(株)) によりトータル圧力 25 MPa、二段目圧力 5 MPa で後均質を行った。殺菌牛乳の組成は乳脂肪分 3.6%, 無脂乳固形分 8.3% であった。

(2) 市販牛乳

製造年月日、乳脂肪分及び無脂乳固形分の近い市販の LTLT 牛乳 (乳脂肪分 3.6%, 無脂乳固形分 8.4% で 63℃ 30 分間殺菌) 及び UHT 牛乳 (乳脂肪分 3.5%, 無脂乳固形分 8.3% で 120℃ 2 秒間殺菌 (UHT 120) 及び乳脂肪分 3.6%, 無脂乳固形分 8.5% で 140℃ 2 秒間殺菌 (UHT 140)) を購入し試料とした。

2. 殺菌による牛乳の物理化学的性状への影響

(1) 乳清蛋白質変性率

試料 22 g を 37℃ で 30 分間保持し、食塩 8 g を添加した後、濾過し、濾液 1 ml に酸性飽和食塩水 (飽和食塩水 1 l に氷酢酸 4 ml を添加したもの) 10 ml を添加し、分光光度計 (U-2000 形ダブルビーム分光光度計, 日立製作所) を用いて 420 nm における吸光度 (ディスポセル, 光路長 10 mm, 室温) を測定した。変性率 (%) は [(生乳の吸光度 - 殺菌牛乳の吸光度) / 生乳の吸光度] × 100 により算出した⁸⁾。

(2) ヒドロキシメチルフурアル (HMF)

試料 10 ml に 0.15 M シュウ酸 5 ml を添加し、ウォーターバスで 100℃ 1 時間加熱した。冷却後、40% トリクロル酢酸 5 ml を加えよく混合し濾過した。濾液 4 ml に 0.05 M チオバルビツール酸 1 ml を加えよく混合し、ウォーターバスで 40℃ 35 分間加熱後、冷却し、分光光度計 (同上) を用いて 443 nm における吸光度を測定した⁹⁾。

(3) レンネットビリティー

試料 50 ml を 37℃ の恒温槽で 5 分間保持した後、1%

レンネット溶液 (HA-LA RENNET POWDER (NaCl 含), CHR. HANSEN'S, デンマーク) を 2 ml 添加し、37℃ における凝固発生時間 (秒) を測定した。

(4) ラクトフェリン

試料に 1 M 塩酸を添加し pH 4.0 とし、10 000 × g で 30 分間の遠心分離によりホエー画分を分離後、ホエー画分中のラクトフェリンを免疫ゲル電気泳動法 (20 mA, 4 時間, 室温) により測定した¹⁰⁾。

(5) ラクチュロース

試料 5 g を水にて 10 倍に希釈後、超音波洗浄器を用いて 10 分間抽出処理し、分画分子量 10 000 の限外濾過膜 (ミリポア製) により濾過した。その後、ホウ酸錯イオンのアニオン交換クロマトグラフィーによるアルギニン蛍光法により測定した¹¹⁾。

3. 官能評価

各種殺菌牛乳については、森永乳業(株)研究情報センターに所属する 20~30 代の研究員を対象に予め 5 味識別テストを行い、味覚が優秀なパネルの中から牛乳の飲用習慣のある男性 13 名、女性 15 名の合計 28 名を選出し官能評価を実施した。製造 1 日後の試料を 80 ml ずつプラスチック容器に分注しブラインドで品温 8 ± 2℃ で試飲順序が平等になるように供試し官能検査室で実施した。評価はおいしさ及び 13 の属性評価用語をパネルに提示し、0 を中心に +3 点から -3 点までの 7 段階絶対評価をアンケート用紙に自己記入することにより実施した。評価結果については SPSS 7.5.2 J for Windows (エス・ピー・エス・エス(株), 日本) を用いて重回帰分析及び主成分分析を行った。

市販牛乳については一般消費者である 30 代~50 代の主婦パネル 150 名を対象にしてセントラルロケーション方式でブラインドで評価を行った。評価はおいしさ及び 7 の属性評価用語をパネルに提示し、+3 点から -3 点までの 7 段階絶対評価でアンケート用紙に自己記入することにより実施した。

なお、調査に用いた属性評価用語は図表中では次の英語を使用した。

Palatability (おいしさ), Milk flavor (ミルク臭), Cooked flavor (加熱臭), Odor (匂い), Freshness (新鮮感), Sweetness (甘味), Saltiness (塩味), Milk taste (ミルク味), Viscosity (粘性), Fattiness (脂肪感), Chalkiness (粉っぽさ), Body (コク), Aftertaste (後味), Preference of aftertaste (後味の好み)。

実験結果及び考察

1. 牛乳の物理化学的性状に及ぼす殺菌条件の影響

官能評価に用いた各殺菌牛乳が受けた加熱の程度を明らかにするため、加熱により変化しやすいと考えられる牛乳の物理化学的性状に及ぼす殺菌条件の影響を検討した結果を Table 1 に示した。この結果は、単に各殺菌条件で示されている温度及び時間の差異ではなく、各条件での熱履歴、すなわち、殺菌の全工程で受けた加熱の程度を示している。

これらの結果、乳清蛋白質変性率、HMF、レンネッタビリティー、ラクトフェリン、ラクチュロースに対する殺菌の影響は HTST と LTLT がほぼ同等で、次いで、UHT 130、UHT 140 と殺菌温度が高くなるに従って大きくなった。乳清蛋白質変性率及びレンネッタビリティーは特にこの傾向が明確で、殺菌条件の違いによる加熱の程度を推測する指標となりうることが示唆された。また、ラクトフェリン、ラクチュロースも加熱により大きく変化した。ラクトフェリンの場合は UHT の 130℃ と 140℃ で、また、ラクチュロースの場合は生乳、LTLT、HTST で ND となり、これらの殺菌条件間では加熱の程度を比較することが困難であった。

RENNER¹²⁾ は乳清蛋白質の変性率について、殺菌牛乳では 7~21%、UHT 牛乳（直接加熱法）で 50~76%、UHT 牛乳（間接加熱法）で 70~93%、滅菌牛乳で 78~100% と報告している。また、SAMEL¹³⁾ はレンネッタビリティーについて、生乳が 7 分であったのに対し、UHT 牛乳（間接加熱法）では 50 分になったとしている。更に、このレンネッタビリティーは均質圧力により減少すること¹⁴⁾や、乳清蛋白質の変性率とレンネッタビ

リティーの増加が比例関係にあり、これは β -ラクトグロブリンと κ -カゼインの加熱による複合体形成が関与しているとの報告もある¹⁵⁾。これら乳清蛋白質変性率やレンネッタビリティーは殺菌温度だけではなく、間接加熱法及び直接加熱法などの殺菌方法や殺菌後の経過日数、保存温度などによっても変化するため¹³⁾¹⁶⁾¹⁷⁾、牛乳の加熱の程度を推測するには、これらの点について留意する必要があると思われる。また、ラクチュロースについても、AKALIN¹⁸⁾ は LTLT で 1.2、HTST 1.5、UHT（直接加熱法）7.6~12.6、UHT（間接加熱法）33.7~45.2（いずれも単位は mg/100 ml）と報告している。

これらの変化は、単に加熱の程度を推測するだけではなく、沈殿の生成やゲル化などの牛乳の物性にも大きな影響を与えていることも報告されている¹⁶⁾¹⁹⁾²⁰⁾。

2. 殺菌牛乳のおいしさに関する総合評価

各殺菌牛乳のおいしさについて専門家パネル 28 名により総合評価を行い、おいしい、どちらとも言えない、おいしくないとしたパネルの割合を Fig. 1 に示した。ここで、おいしいとするパネルの割合は、7 段階評価のうち非常においしい、かなりおいしい、ややおいしいとしたパネルの合計人数の全体数に対する割合を示し、おいしくないとする割合も同様の意味を示す。図からも明らかのように UHT130 はおいしいとする人が 70%、おいしくないが 21%、どちらとも言えないが 9% で最も好まれた。次いで、UHT 140 がおいしいとする人が 61% と好まれたが、おいしくない及びどちらとも言えないも UHT 130 に比較して増加した。HTST と LTLT のおいしさの評価は大差ではないが、僅かに HTST が LTLT よりも好まれる傾向にあった。

これらの結果は、わが国で販売されている牛乳の大部

Table 1 Effect of heat treatment on the physicochemical properties of pasteurized milks and UHT processed milks

	Whey protein denaturation (%)	HMF (μ M)	Rennetability (s)	Lactoferrin (mg/100 g)	Lactulose (mg/100 g)
Raw milk	0	8.2	196	21.0	ND**
LTLT	10	10.0	263	12.0	ND**
HTST	12	8.0	240	12.2	ND**
UHT 130	76	11.1	820	ND*	9.8
UHT 140	79	12.8	1151	ND*	24.6

ND* : <4 mg/100 g, ND** : <5 mg/100 g

UHT 130 : milk pasteurized at 130℃ for 2 seconds

UHT 140 : milk pasteurized at 140℃ for 2 seconds

Each value is an average of four measurements.

分が UHT 120 及び UHT 130 であることから、風味への慣れが嗜好性に影響する 1 要因であることを示唆していると思われた。

3. 殺菌牛乳の風味の属性評価

牛乳の官能特性に重要と考えられる 13 の属性及びおいしさについて、専門家パネルにより +3 点から -3 点の 7 段階で評価を行い平均評点を求めた結果を Fig. 2

に示した。

UHT 130 及び UHT 140 はミルク臭、甘味、ミルク味、脂肪感、コクが強いと評価され、いわゆる濃厚感が強い牛乳という評価傾向が認められた。また、全体の匂いの好み、後味の好みも好ましいと評価され、結果として風味の総合評価ではおいしいとされる傾向が認められた。一方、HTST 及び LTLT は UHT とは逆にミルク臭、甘

Fig. 1 Evaluation of palatability of pasteurized milks and UHT processed milks by a panel of experts

good not distinguishable poor

Fig. 2 Average score of the sensory attributes of pasteurized milks and UHT processed milks by a panel of experts

LTLT HTST UHT 130 UHT 140

味、ミルク味、脂肪感、コクが少ないと評価され、さっぱり感が強い牛乳という評価傾向が認められた。また、全体の匂いの好み、後味の好みは嫌われる傾向にあり、結果として風味の総合評価ではおいしくないとする傾向にあった。

4. 殺菌牛乳の属性評価間の相関及び重回帰分析

殺菌牛乳の風味の属性評価間の相関を検討した結果を Table 2 に、また、牛乳のおいしさの評価と各属性評価との重回帰分析を行った結果を Table 3 にそれぞれ示した。

これらの結果より、牛乳のおいしさには全体の匂いの好み、後味の好み、新鮮感が影響していることが明らかになった。更に、好みに関する属性、コク及び新鮮感を除いた属性について検討したところ、Table 3 に示したように粉っぽさや後味の残りが少なく、ミルク味の強いことがおいしいと評価される傾向が認められた。また、Fig. 2 において UHT の特徴として認められたコクの強さは、Table 2 から明らかなように脂肪感、ミルク味、粘性、甘味と相関が高く、ミルクに関する味、食感がコクに影響しているものと考えられた。

5. 殺菌牛乳の属性評価の主成分分析

好みに関する属性評価項目及びコクに関する項目を除いた 10 項目の属性評価結果をもとに主成分分析を行い、2 つの因子に評価項目を集約し因子負荷量を求めた結果

を Table 4 に示した。2 因子の累積寄与率は 56.8% であった。第一因子はミルク臭、甘味、ミルク味、粘性、脂肪感と相関が高く、牛乳のいわゆる濃厚感、さっぱり感を示しているものと考えられ、第二因子は新鮮感、粉っぽさ、加熱臭、塩味と相関が高く、牛乳の匂い、香り、味などの風味のくせ、あるいは、ナチュラル感に関する因子であると考えられた。

また、これら 2 因子を軸としたグラフ上に各殺菌牛乳の主成分得点を算出しプロットした結果を Fig. 3 に示した。図からも明らかなように UHT 130 及び UHT 140 は濃厚感が強く、風味にくせが少なく、比較的ナチュラル感のある牛乳として、また、HTST 及び LTLT はさっぱり感が強く、風味にややくせがある牛乳として位置づけられた。

6. 市販牛乳のおいしさ及び各属性評価

一般消費者である主婦パネル 150 名により、市販の LTLT、UHT 120 及び UHT 140 の牛乳のおいしさについて総合評価を行なった結果を Fig. 4 に示した。ここで評価結果の割合は Fig. 1 の専門家パネルの場合と同様の意味を示す。その結果、市販牛乳のおいしさは、これまでの専門家パネルの評価と同様の傾向を示し、UHT 120 が最も好まれ、次いで、大差では無いが UHT 140、LTLT の順に好まれた。

また、これら市販牛乳の 7 の属性及びおいしさについて

Table 2 Correlation coefficients of sensory attributes of pasteurized milks and UHT processed milks

	Sensory attributes													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1 Palatability	1.00	0.19	-0.28	0.80	0.71	0.31	-0.25	0.40	0.13	0.34	-0.43	0.44	-0.15	0.75
2 Milk flavor	0.19	1.00	0.33	0.04	0.09	0.37	0.19	0.56	0.49	0.47	-0.01	0.57	0.31	-0.07
3 Cooked flavor	-0.28	0.33	1.00	-0.36	-0.44	0.05	0.38	0.08	0.27	0.13	0.33	0.13	0.33	-0.32
4 Odor	0.80	0.04	-0.36	1.00	0.65	0.24	-0.22	0.31	-0.01	0.18	-0.33	0.27	-0.14	0.71
5 Freshness	0.71	0.09	-0.44	0.65	1.00	0.30	-0.20	0.31	-0.02	0.17	-0.44	0.35	-0.32	0.62
6 Sweetness	0.31	0.37	0.05	0.24	0.30	1.00	-0.04	0.59	0.38	0.47	-0.13	0.59	0.29	0.14
7 Saltiness	-0.25	0.19	0.38	-0.22	-0.20	-0.04	1.00	-0.02	0.12	0.05	0.25	0.02	0.17	-0.34
8 Milk taste	0.40	0.56	0.08	0.31	0.31	0.59	-0.02	1.00	0.46	0.63	-0.07	0.72	0.30	0.19
9 Viscosity	0.13	0.49	0.27	-0.01	-0.02	0.38	0.12	0.46	1.00	0.65	0.14	0.60	0.35	-0.02
10 Fattiness	0.34	0.47	0.13	0.18	0.17	0.47	0.05	0.63	0.65	1.00	-0.05	0.75	0.32	0.14
11 Chalkiness	-0.43	-0.01	0.33	-0.33	-0.44	-0.13	0.25	-0.07	0.14	-0.05	1.00	-0.11	0.15	-0.38
12 Body	0.44	0.57	0.13	0.27	0.35	0.59	0.02	0.72	0.60	0.75	-0.11	1.00	0.28	0.23
13 Aftertaste	-0.15	0.31	0.33	-0.14	-0.32	0.29	0.17	0.30	0.35	0.32	0.15	0.28	1.00	-0.33
14 Preference of aftertaste	0.75	-0.07	-0.32	0.71	0.62	0.14	-0.34	0.19	-0.02	0.14	-0.38	0.23	-0.33	1.00

Table 3 Multiple regression equation of the palatability of pasteurized milks and UHT processed milks

Y=Palatability X_1 : Odor X_2 : Preference of aftertaste X_3 : Body X_4 : Freshness X_5 : Milk flavor
 X_6 : Chalkiness X_7 : Fattiness X_8 : Saltiness X_9 : Cooked flavor X_{10} : Milk taste
 X_{11} : Aftertaste X_{12} : Sweetness

3-1. All attributes

	R*	Adjusted R Square	Cumulative proportion (%)
1 $Y=0.095+0.855 X_1$	0.766	0.585	58.7
2 $Y=0.154+0.543 X_1+0.424 X_2$	0.831	0.689	69.1
3 $Y=0.047+0.478 X_1+0.411 X_2+0.254 X_3$	0.860	0.737	74.0
4 $Y=-0.032+0.397 X_1+0.352 X_2+0.230 X_3+0.201 X_4$	0.871	0.754	75.8
5 $Y=-0.054+0.396 X_1+0.367 X_2+0.171 X_3+0.201 X_4+0.103 X_5$	0.873	0.758	76.3
6 $Y=-0.119+0.394 X_1+0.350 X_2+0.174 X_3+0.180 X_4+0.103 X_5-0.084 X_6$	0.876	0.762	76.7
7 $Y=-0.112+0.387 X_1+0.354 X_2+0.100 X_3+0.187 X_4+0.093 X_5-0.089 X_6+0.114 X_7$	0.878	0.765	77.1

3-2. Omitting the attributes "preference of aftertaste", odor, body and freshness

1 $Y=-0.098+0.480 X_{10}$	0.403	0.160	16.3
2 $Y=-0.456+0.466 X_{10}-0.427 X_6$	0.554	0.302	30.7
3 $Y=-0.288+0.562 X_{10}-0.374 X_6-0.289 X_{11}$	0.608	0.363	37.0
4 $Y=-0.223+0.416 X_{10}-0.373 X_6-0.320 X_{11}+0.237 X_7$	0.626	0.383	39.2
5 $Y=-0.227+0.408 X_{10}-0.333 X_6-0.290 X_{11}+0.245 X_7-0.172 X_8$	0.642	0.401	41.2
6 $Y=-0.225+0.412 X_{10}-0.304 X_6-0.263 X_{11}+0.248 X_7-0.132 X_8-0.131 X_9$	0.650	0.410	42.3
7 $Y=-0.234+0.364 X_{10}-0.299 X_6-0.272 X_{11}+0.231 X_7-0.127 X_8-0.129 X_9+0.115 X_{12}$	0.654	0.413	42.8

R*: Multiple correlation coefficient

Table 4 Factor loading of sensory attributes of pasteurized milks and UHT processed milks

Attribute	Factor loading	
	Factor 1	Factor 2
Milk flavor	0.751	0.026
Cooked flavor	0.370	0.685
Freshness	0.100	-0.823
Sweetness	0.678	-0.335
Saltiness	0.197	0.536
Milk taste	0.799	-0.310
Viscosity	0.770	0.093
Fattiness	0.805	-0.169
Chalkiness	0.053	0.677
Aftertaste	0.553	0.374
Eigenvalue	3.397	2.279
Cumulative proportion (%)	33.965	56.756

Fig. 3 Graphical representation of principal component analysis of pasteurized milks and UHT processed milks

Fig. 4 Evaluation of palatability of commercial milks by a panel of housewives

good not distinguishable poor

UHT 120 : milk pasteurized at 120°C for 2 seconds

UHT 140 : milk pasteurized at 140°C for 2 seconds

Fig. 5 Average score of the sensory attributes of commercial milks

LTLT UHT 120 UHT 140

て+3点から-3点の7段階で評価を行い平均評点を求めた結果を Fig. 5 に示した。図からも明らかなように主婦パネルによる評価においても専門家パネルの評価と同様に UHT 140 がミルク臭、甘味、ミルク味が強く、最も濃厚感があり、最もさっぱりしているのが LTLT となった。

要 約

牛乳の官能特性に及ぼす殺菌条件の影響を検討することを目的に各種殺菌牛乳については専門家パネルにより、また、市販牛乳については主婦パネルにより官能評価を行なった。結果は以下の通りである。

(1) 殺菌による牛乳の物理化学的性状への影響は $HTST = LTLT < UHT\ 130 < UHT\ 140$ の順に大きくなった。この傾向は特に乳清蛋白質の変性率及びレンネットビリティーで明確に示された。

(2) おいしさの総合評価では UHT 130 が最も好まれ、次いで、UHT 140 が好まれた。HTST と LTLT は大差ではなかったが、僅かに HTST が好まれた。日常、最も多く飲用され風味に慣れていることが牛乳の好みに影響する一つの要因と推測された。

(3) 牛乳のおいしさには匂いの好み、後味の好み、新鮮感が重要であった。また、UHT は濃厚感が強く、風味にくせが少なく、ナチュラル感がある牛乳として位置づけられ、匂い、後味などの風味も好ましいと評価された。一方、HTST、LTLT はさっぱり感が強く、風味にややくせがある牛乳として位置づけられ、匂い、後味が嫌われる傾向にあった。

(4) 主婦パネルによる市販牛乳の風味評価の結果、UHT 120 が最も好まれ、次いで、UHT 140、LTLT の順に好まれた。属性評価の結果も専門家パネルと同様の傾向を示した。

文 献

- 1) DUNKLEY, W.L. : *Dairy Ind.*, **33**, 19 (1968).
- 2) DUNKLEY, W.L. : *Dairy Ind.*, **33**, 91 (1968).
- 3) DUNKLEY, W.L. : *Dairy Ind.*, **33**, 162 (1968).
- 4) SHIPE, W.F., BASSETTE, R., DEANE, D.D., DUNKLEY, W.L., HAMMOND, E.G., HARPER, W.J., KLEYN, D.H., MORGAN, M.E., NELSON, J.H. and SCANLAN, R.A. : *J. Dairy Sci.*, **61**, 855 (1978).
- 5) FORSS, D.A. : *J. Dairy Res.*, **46**, 691 (1979).
- 6) 片岡 啓・中江利孝 : 乳技協資料, **36**, 1 (1986).
- 7) 岩附慧二・松崎 勝 : 乳技協資料, **41**, 39 (1991).
- 8) TURNER, R. : *Aust. J. Dairy Technol.*, **18**, 103 (1963).
- 9) KEENEY, M. and BASSETTE, R. : *J. Dairy Sci.*, **42**, 945 (1959).
- 10) LAURELL, C.-B. : *Anal. Biochem.*, **15**, 45 (1966).
- 11) MIKAMI, H. and ISHIDA, Y. : *Bunseki Kagaku*, **32**, E207 (1983).
- 12) RENNER, E. : Proceedings International Conference on UHT Processing and Aseptic Packaging of Milk and Milk Products, November 27-29, p. 21 (1979).
- 13) SAMEL, R., WEAVER, R.W.V. and GAMMACK, D.B. : *J. Dairy Res.*, **38**, 323 (1971).
- 14) GHOSH, B.C., STEFFL, A., HINRICHS, J. and KESSLER, H.G. : *Milchwissenschaft*, **49**, 363

- (1994).
- 15) GHOSH, B.C., STEFFL, A. and KESSLER, H.G.: *Milchwissenschaft*, **51**, 28 (1996).
- 16) BURTON, H.: *Dairy Sci. Abstr.*, **31**, 287 (1969).
- 17) BURTON, H.: *J. Dairy Res.*, **51**, 341 (1984).
- 18) AKALIN, A.S. and GÖNÇ, S.: *Milchwissenschaft*, **52**, 377 (1997).
- 19) 湧口浩也・五十嵐稔・岩附慧二: ジャパンフードサイエンス, **26**, 49 (1987).
- 20) HILL, R.: *Food Technol.*, **42**, 92 (1988).
- (平成 11 年 2 月 3 日受付, 平成 11 年 4 月 21 日受理)
-