技術論文

間接および直接加熱法による UHT 殺菌牛乳の 10℃ 保存における 物理化学的性状および官能特性の変化

鈴木泰輔^{1*}, 秋山正行¹, 松井洋明², 溝田泰達¹, 住 正宏³, 岩附慧二⁴

¹ 森永乳業株式会社食品総合研究所

² 森永乳業株式会社東京工場

³ 森永乳業株式会社応用技術センター

⁴ 森永乳業株式会社

Changes in Physicochemical Properties and Sensory Characteristics of UHT Milk Pasteurized by Indirect and Direct Heating Methods during Storage at 10℃

Taisuke Suzuki^{1*}, Masayuki Akiyama¹, Hiroaki Matsui², Yasumichi Mizota¹,
Masahiro Sumi³ and Keiji Iwatsuki⁴

¹ Food Research & Development Institute, Morinaga Milk Industry Co., Ltd., 5-1-83, Higashihara, Zama, Kanagawa 252-8583

² Tokyo Plant, Morinaga Milk Industry Co., Ltd., 1-29-1, Okudo, Katsushika Ward, Tokyo 124-8577

³ Analytical Research Center, Morinaga Milk Industry Co., Ltd., 5-1-83, Higashihara, Zama, Kanagawa 252-8583

⁴ Morinaga Milk Industry Co., Ltd., 5-1-83, Higashihara, Zama, Kanagawa 252-8583

Changes in physicochemical properties and sensory characteristics of indirect (plate type, PLT) and direct (injection type, INJ) ultra-high-temperature (UHT) pasteurized milk during storage at 10℃ were examined. The physicochemical analyses of whey protein denaturation, rennetability (RNT), furosine, and lactulose, which are indicators of heating degree in milk, showed that INJ milk pasteurized at 150℃ for 2.4 s was less affected by heating than PLT milk pasteurized at 140℃ for 2 s. RNTs of both milks decreased with storage time, however, the change of INJ milk was smaller than that of PLT milk. The dissolved oxygen (DO) content of both milks decreased slightly with storage time, however, the DO content of INJ milk was much smaller than that of PLT milk during storage. Principal component analysis of sensory attribute scores by an analytical panel showed that both milks increased thickness with storage time, and INJ milk was fresher and thicker than PLT milk. In an evaluation of palatability, the sensory score of INJ milk hardly changed with storage time, whereas, that of PLT milk decreased. In conclusion, it was suggested that the direct heating method (INJ) is more suitable than the indirect heating method (PLT) for the manufacture of UHT long life milk of stable quality during 10℃ storage.

(Received Sep. 30, 2013; Accepted Jan. 28, 2014)

Keywords : direct heating, indirect heating, UHT pasteurized milk, storage, sensory characteristics

キーワード : 間接加熱法, 直接加熱法, UHT 殺菌牛乳, 保存変化, 官能特性

牛乳は、食品衛生法に基づく厚生省令である「乳及び乳製品の成分規格等に関する省令（乳等省令）」により、搾乳したままの牛の乳（生乳）を、成分無調整で加熱殺菌したものであり、組成は乳脂肪分 3.0% 以上、および無脂乳固形分 8.0% 以上と定められている。

牛乳の風味は、生乳の組成や鮮度などの乳質の他に、均質化や加熱殺菌などの製造条件や製造後の温度、日数、容器などの保管条件によっても影響を受ける。

これまで著者らは、殺菌温度、殺菌条件、殺菌方法、および均質圧力が牛乳の物理化学的性状や官能特性に及ぼす

影響について報告した^{1)~5)}。殺菌方法の違い、すなわち間接加熱法（プレート式、PLT）と直接加熱法（インジェクション式、INJ；インフュージョン式、INF）による超高温瞬間（Ultra High Temperature, UHT）殺菌牛乳においては、PLT 殺菌牛乳は、同じ殺菌条件（140℃ 2 秒間）下の INJ 殺菌牛乳と INF 殺菌牛乳に比べて加熱殺菌による影響を大きく受けていた。また、PLT 殺菌牛乳は官能特性においては濃厚感とコクが強く、一般消費者は INJ 殺菌牛乳や INF 殺菌牛乳よりも PLT 殺菌牛乳の方を好む傾向がみられた³⁾。しかしながら、殺菌方法の異なる UHT 殺菌 LL 牛

^{1,3,4} 〒252-8583 神奈川県座間市東原 5-1-83, ² 〒124-8577 東京都葛飾区奥戸 1-29-1

*連絡先 (Corresponding author), tai-suzuki@morinagamilk.co.jp

乳の 10℃ における長期保存中の品質変化については、これまで報告が成されていない。

本研究では、間接加熱法 (PLT) および直接加熱法 (INJ) による UHT 殺菌牛乳の 10℃ 保存における長期間の品質変化を、理化学的分析および官能評価により明らかにすることを目的とした。その結果、加熱殺菌法の異なる UHT 殺菌牛乳が、その保存時において異なる品質変化を示す知見が得られたので報告する。

実 験 方 法

1. 実験試料

原料とした生乳は、森永乳業株式会社の工場に集乳した新鮮な同一品を用いた。その生乳を、LL 牛乳の殺菌方法として実績の多い、間接加熱法であるプレート式 (PLT) 殺菌機ならびに直接加熱法であるインジェクション式 (INJ) 殺菌機 (いずれも能力 200 L/H, 森永エンジニアリング株式会社, 東京) により超高温瞬間 (UHT) 殺菌を行った。殺菌条件は、長期保存可能な無菌性の試料を作製するために一般的に用いられている殺菌条件である⁶⁾、PLT 式 140℃ 2 秒間または INJ 式 150℃ 2.4 秒間とした。殺菌後、冷却し、均質機 (三丸機械工業株式会社, 静岡) によりトータル圧力 25 MPa, 2 段目圧力 5 MPa の条件で均質処理を行った。なお、作製した UHT 殺菌牛乳の組成は、乳脂肪分 3.9%, 無脂乳固形分 8.9% であった。各種 UHT 殺菌牛乳は、AB9 充填機 (日本テトラパック株式会社, 東京) で、テトラブリックアセプティック 200 mL (TBA200) 紙容器に無菌的に充填し、保存試料とした。紙容器の材質構成は内側から、無添加低密度ポリエチレン、原紙、無添加低密度ポリエチレン、アルミニウム、接着性樹脂、無添加低密度ポリエチレンのものをを用いた。

2. 理化学分析

(1) 乳清タンパク質変性率⁷⁾

試料 22 g を 37℃ で 30 分間保持し、食塩 8 g を添加した後、ろ紙 (No. 2, アドバンテック東洋株式会社, 東京) でろ過し、ろ液 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、U-2000 形ダブルビーム分光光度計 (株式会社日立製作所, 東京) 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。

(2) レンネッタビリティ (RNT)⁴⁾

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 (NaCl 含有 HA-LA Rennet Powder, Chr. Hansen A/S, デンマーク) を 2 mL 添加し、37℃ における凝固発生時間 (秒) を目視により測定した。

(3) 粘度

振動式粘度計 CJV5000 (株式会社エー・アンド・デイ, 東京) を 100 mL ビーカー内の試料にセットして 10℃ で測

定した。測定を開始し、30 秒後の安定した値をその牛乳の粘度とした。振動式粘度計の振動数は 30 Hz, 振幅は 50 mV に設定した。

(4) 白色度

白色度の測定には、色差計 SZ-Σ 80 (日本電色工業株式会社, 東京) を用いた。表色系としては $L^*a^*b^*$ 系を用い、白色度は次式により求めた。

$$\text{白色度 (W)} = 100 - \{(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}\}^{1/2}$$

この値が大きくなるほど白色に近づくことを示している。

(5) 溶存酸素

微量酸素分析計 RO-102 (飯島電子工業株式会社, 愛知) を用いて 10℃ で測定した。

(6) フロシン⁸⁾

試料 1 mL を予め塩酸 5 mL の入ったスクリュウキャップ付き (テフロンパッキン入り) 試験管に採取し、直ちにかくはんして加熱ブロックに装着後 110℃ で 10 時間処理した。加熱終了後、メンブランフィルター (0.45 μm) でろ過した。ろ液 2 mL を濃縮管に分取し、減圧下で濃縮乾固した。この乾燥物を水 2 mL で溶解し、フロシン測定用内部標準物質として 100 μg/mL 濃度のクロシンメチルエステル塩酸塩水溶液 1 mL を加えた。その後、メンブランフィルター (0.45 μm) でろ過し、ろ液を高速液体クロマトグラフィー (HPLC) 注入用の試料とした。試験溶液 10 μL を HPLC に注入し測定した。測定条件として、カラムは Mightysil RP-18 150-4.6 (5 μm), 移動相は 15 mM のドデシル硫酸ナトリウム含有する 0.1 M リン酸緩衝液 (pH 6.0) とアセトニトリル混合液 (2.5:1), 流速を 1.0 mL/min, 検出波長を 280 nm とした。得られたフロシンおよびフロシン測定用内部標準物質のピーク面積からフロシン濃度を求めた。加熱により発生するメイラード反応の中間生成物のラクチュロシルリジン, フルクトシルリジンを含むタンパク質を酸加水分解することでフロシンが生じる。熱履歴が大きい程、生成量が多くなるので、熱の影響を知るための指標とした。

(7) ラクチュロース

試料 5 g を水で 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 10000 の限外濾過膜 (日本ミリポア株式会社, 東京) でろ過し、ろ液を試験溶液とした。その試験溶液を、HPLC (アルギニンポストカラム) 法⁹⁾ により測定した。

3. 官能評価

各殺菌法により得られた UHT 殺菌牛乳について、前報³⁾ と同様に、基本味識別テスト¹⁰⁾ において優秀な成績を収めた (味覚能力に優れている) 森永乳業株式会社研究情報センターに所属する 20~30 歳代の専門家パネル 23 名 (男性パネリスト 11 名, 女性パネリスト 12 名) を対象に、

Table 1 Physicochemical properties of raw milk and UHT milk pasteurized by indirect (plate) and direct (injection) heating methods

	Raw milk	Injection	Plate
Whey protein denaturation (%)	0	58.6	91.5
Rennetability (s)	175	900	1320
Viscosity (mPa·s)	3.8	3.7	3.8
Degree of whiteness	82	85.8	85.8
Dissolved oxygen content (mg/L)	8.6	2.5	10
Furosine (μg/mL)	1.7	13.5	37.6
Lactulose (mg/100g)	3.7	11.9	25.6

分析型官能評価を行った。保存開始時 (0 day), 10℃ 保存 30 日後 (30 days) および 60 日後 (60 days) の試料を 80 mL ずつ無地無着色のプラスチック製容器に分注し, 品温 $8 \pm 2^\circ\text{C}$ で, 試飲順序がランダムになるように供試し, 官能検査室 (個室ブース) においてブラインドで評価した。評価方法は, 評価項目として総合評価 (おいしさ), 属性評価用語 11 語²⁾ の順でパネルに提示し, 0 点 (どちらともいえない) を中心に, 総合評価では +3 点 (非常においしい) から -3 点 (非常においしくない), 属性評価では +3 点 (非常に強い) から -3 点 (非常に弱い) の 7 段階による絶対評価を行い, 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, 調査に用いた評価項目 (用語) は, 図と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), 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)。全ての評価項目について, 試料を口に含んで評価を行った。

官能評価スコアの分散分析, Tukey の HSD 多重比較検定, および主成分分析には, SPSS 7.5.2J for Windows (エス・ピー・エス・エス株式会社, 東京) を用いた。

実験結果および考察

1. 保存開始時の各種 UHT 殺菌牛乳の理化学的特性

原料生乳, 保存試料として使用した INJ 殺菌牛乳および PLT 殺菌牛乳の保存開始時 (0 day) の理化学的特性を Table 1 に示した。加熱の程度を表す指標²⁾である乳清タンパク質変性率とレンネタビリティは, 生乳, INJ 殺菌牛乳, PLT 殺菌牛乳の順に大きくなっていった。またフロシンとラクチュロース量も同様に増加していた。前報³⁾では, 同じ殺菌条件 (140°C 2 秒間) 下において, 加熱殺菌の影響は PLT 殺菌牛乳が最も大きく, 次いで INF, INJ の順であることを報告した。同様に, 本研究においても加熱による影響は INJ 殺菌牛乳 (殺菌条件: 150°C 2.4 秒間) と比較して, PLT 殺菌牛乳 (140°C 2 秒間) の方が大きかった。

一方, INJ 殺菌牛乳の溶存酸素量は, 生乳や PLT 殺菌牛

Fig. 1 Changes of rennetability of indirect (plate) and direct (injection) UHT pasteurized milk during storage at 10°C

乳と比較して 3~4 分の 1 程度であった。これは, INJ 殺菌機システムのエクспанションベッセルによる減圧工程の影響と考えられる。

粘度および白色度については, INJ 殺菌牛乳と PLT 殺菌牛乳間で大きな差はなかった。生乳に比べて INJ 殺菌牛乳と PLT 殺菌牛乳の白色度が僅かに大きくなったのは, タンパク質の一部の熱変性による凝固や, 均質化により脂肪球サイズが小さくなり, 光の乱反射が増加したためと考えられる¹¹⁾。

2. 保存中のレンネタビリティの変化

INJ 殺菌牛乳と PLT 殺菌牛乳の 10°C 保存におけるレンネタビリティ (RNT) の経時変化を Fig. 1 に示した。RNT は殺菌温度だけでなく, 殺菌方法や殺菌後の経過日数, 保存温度, またカゼインやカルシウムの濃度によっても変わることが知られている^{12)~14)}。PLT 殺菌牛乳と INJ 殺菌牛乳はともに, 保存期間が長くなるにつれて RNT が減少する傾向がみられた。保存開始時には, その殺菌時の加熱の程度から, PLT 殺菌牛乳の RNT は INJ 殺菌牛乳に比べて大きく, INJ 殺菌牛乳は保存 30 日後には生乳に近

い RNT (Table 1) となったが, PLT 殺菌牛乳は 90 日保存後に生乳に近い RNT を示した.

Fig. 2 Changes of dissolved oxygen content of indirect and direct UHT pasteurized milk during storage at 10°C

3. 保存中の溶存酸素変化

INJ 殺菌牛乳と PLT 殺菌牛乳の 10°C 保存における溶存酸素量の経時変化を Fig. 2 に示した. PLT 殺菌牛乳と INJ 殺菌牛乳の溶存酸素量は, 保存経過に伴い同様に減少した. これは, TBA 容器がガスバリア性のアルミニウム層を含む容器であり, 容器外部からの酸素透過が遮断されていることから, 保存中に内容物である牛乳が溶存酸素により酸化されているためであると考えられる.

4. 保存中の官能特性の変化

INJ 殺菌牛乳と PLT 殺菌牛乳の 10°C 保存における官能属性評価の経時変化を Fig. 3 および Fig. 4 に示した. 専門家パネル 23 名により, 牛乳の官能特性にとって重要と考えられる 11 項目についての属性評価を行った. 各項目は, +3 点 (非常に強い) から -3 点 (非常に弱い) までの 7 段階評価を行い, その平均評点を Fig. 3 および Fig. 4 に示した. その結果, INJ 殺菌牛乳と PLT 殺菌牛乳はともに, 保存により「新鮮感」は弱くなり, 「ミルク臭」, 「甘味」, 「ミルク味」, 「脂肪感」, および「粉っぽさ」は強くなる傾向がみられた. また, 「後味」は, INJ 殺菌牛乳は弱くなり, 一方で PLT 殺菌牛乳は強くなる傾向がみられた.

両殺菌牛乳の保存時の官能特性変化を全般的に把握するために 11 項目の官能属性評価スコアを用いて主成分分析

Fig. 3 Average scores ($n=23$) of the sensory attributes of indirect plate UHT pasteurized milk stored for various periods at 10°C

□, 0 day ; ■, 30 days ; ▨, 60 days

Fig. 4 Average scores ($n=23$) of the sensory attributes of direct injection UHT pasteurized milk stored for various periods at 10°C

□, 0 day ; ■, 30 days ; ▒, 60 days

Table 2 Principal component (PC) loading of sensory attributes of indirect (plate) and direct (injection) UHT pasteurized milk stored for various periods at 10°C

Attribute	PC loading		
	PC 1	PC 2	PC 3
Milk flavor	0.66	0.03	0.40
Cooked flavor	0.26	0.80	-0.12
Freshness	0.01	-0.81	0.28
Sweetness	0.56	-0.22	0.43
Saltiness	0.02	0.41	0.54
Milk taste	0.72	-0.36	0.18
Viscosity	0.72	0.21	-0.18
Fattiness	0.75	-0.10	-0.33
Chalkiness	-0.08	0.44	0.56
Body	0.74	-0.14	-0.24
Aftertaste	0.42	0.52	-0.06
Eigenvalue	3.15	2.17	1.28
Proportion (%)	28.60	19.80	11.60
Cumulative proportion (%)	28.60	48.40	60.00

を行った。その結果、固有値 1 以上をもつ 3 つの主成分が抽出された。3 つの主成分の累積寄与率は 60.0% であった。その主成分負荷量を Table 2 に示した。

第 1 主成分は、「ミルク臭」、「甘味」、「ミルク味」、「粘性」、「脂肪感」、「コク」と正の相関が高く、牛乳のいわゆる濃厚感（正）、さっぱり感（負）を表しているものと考えられる。第 2 主成分は、「加熱臭」、「新鮮感」、「後味」との相関が高く、牛乳の新鮮感、ナチュラル感（負）を表す主成分であると考えられる。また、第 3 主成分は、「塩味」と「粉っぽさ」と正の相関が高く、牛乳の風味のクセに関する主成分であると考えられる。

3 つの主成分のうち、寄与率が高い第 1 主成分と第 2 主成分をそれぞれ横軸と縦軸としたグラフ上に各 UHT 殺菌牛乳の保存品の主成分スコアをプロットした結果を Fig. 5 に示した。第 1 主成分より、INJ 殺菌牛乳と PLT 殺菌牛乳はともに保存経過により濃厚感が増すが、INJ 殺菌牛乳の方が PLT 殺菌牛乳より濃厚感が強いことが示された。また第 2 主成分より、INJ 殺菌牛乳と PLT 殺菌牛乳はともに保存経過により新鮮感が減少するが、INJ 殺菌牛乳は PLT 殺菌牛乳より新鮮感が強いことが示された。

本研究では、専門家パネルによる官能評価調査時に総合評価（palatability）も参考として実施した。その結果、保

Fig. 5 Graphical representation of principal component analysis (PCA) of indirect (plate) and direct (injection) UHT pasteurized milk stored for various periods (0, 30, and 60 days) at 10°C

Each score plot is represented as an average of PCA scores ($n=23$).

存開始時の INJ 殺菌牛乳は PLT 殺菌牛乳よりも総合評価が高い傾向がみられた。一方で、保存経過に伴う総合評価スコアは、INJ 殺菌牛乳ではほとんど変化しなかったのに対し、PLT 殺菌牛乳では低下する傾向がみられた (Fig. 3, Fig. 4)。

Thomas ら¹⁵⁾ は、UHT 殺菌 LL 牛乳の保存開始時の溶存酸素量が、20°C で 150 日間保存中の香味および化学的变化に影響を及ぼすことを報告している。本研究でも同様に、PLT 殺菌牛乳と INJ 殺菌牛乳の保存開始時の溶存酸素量の違いが、各殺菌牛乳の 10°C 保存中の官能特性変化に影響を及ぼしたのと考えられる。

以上のことから、10°C 保存において、直接加熱 (INJ) 殺菌牛乳は、間接加熱 (PLT) 殺菌牛乳よりも新鮮感が強く、風味変化が小さいことが明らかとなった。

要 約

間接加熱法 (PLT) および直接加熱法 (INJ) による UHT 殺菌牛乳 (TBA 容器) の 10°C での長期保存における物理化学的性状および官能特性の変化を調査した。

各殺菌牛乳の殺菌直後の乳清タンパク質変性率、RNT、フロシン、およびラクチュロースの分析結果から、加熱殺菌による影響は 150°C 2.4 秒間の INJ 殺菌牛乳の方が、140°C 2 秒間の PLT 殺菌牛乳よりも小さいことが示され

た。

保存経過に伴い両殺菌牛乳の RNT は次第に減少したが、その程度は INJ 殺菌牛乳の方が PLT 殺菌牛乳に比べて小さかった。

溶存酸素量は、両殺菌牛乳とも保存経過に伴い同様に減少する傾向がみられたが、保存期間を通じて INJ 殺菌牛乳の溶存酸素量は PLT 殺菌牛乳と比べて極めて少なかった。

専門家パネルによる官能属性評価スコアを用いた主成分分析により、両殺菌牛乳ともに、保存経過により濃厚感が増し新鮮感が減少するが、INJ 殺菌牛乳の方が PLT 殺菌牛乳よりも濃厚感と新鮮感が強いことが示された。また、官能総合評価において、保存開始時の INJ 殺菌牛乳は、PLT 殺菌牛乳よりも評価スコアが高く、保存経過に伴い INJ 殺菌牛乳の評価スコアはほとんど変化しなかったのに対し、PLT 殺菌牛乳の評価スコアは低下する傾向がみられた。

以上より、直接加熱法 (INJ) による UHT 殺菌は、間接加熱法 (PLT) よりも品質の安定性に優れ、風味上も好ましい LL 牛乳の製造に適する可能性が示唆された。

文 献

- 1) 岩附慧二, 溝田泰達, 住 正宏, 外山一吉, 富田 守, UHT

- 牛乳の官能特性および物理化学的性状に関する研究（第1報）牛乳の官能特性に及ぼす殺菌条件の影響，日本食品科学工学会誌，**46**, 535-542 (1999).
- 2) 岩附慧二, 溝田泰達, 住 正宏, 外山一吉, 富田 守, UHT 牛乳の官能特性および物理化学的性状に関する研究（第3報）UHT 牛乳の官能特性に及ぼす殺菌温度の影響，日本食品科学工学会誌，**47**, 538-543 (2000).
 - 3) 岩附慧二, 今野隆道, 溝田泰達, 外山一吉, 住 正宏, 富田 守, UHT 牛乳の官能特性および物理化学的性状に関する研究（第4報）間接加熱法および直接加熱法により殺菌した UHT 牛乳の官能特性，日本食品科学工学会誌，**47**, 844-850 (2000).
 - 4) 岩附慧二, 松井洋明, 溝田泰達, 外山一吉, 住 正宏, 富田 守, UHT 牛乳の官能特性および物理化学的性状に関する研究（第5報）UHT 牛乳の物理化学的性状および官能特性に及ぼす均質圧力の影響，日本食品科学工学会誌，**48**, 126-133 (2001).
 - 5) 溝田泰達, 松井洋明, 池田三知男, 岩附慧二, 都甲 潔, 殺菌方法の異なる牛乳のセンサを用いた風味評価に関する研究，日本味と匂学会誌，**13**, 517-520 (2006).
 - 6) 日本テトラパック株式会社, ロングライフ製品, 5-8 (1998).
 - 7) Turner, R., Improvement in the turbidimetric estimation of whey protein nitrogen. *Aust. J. Dairy Technol.*, **18**, 103-105 (1963).
 - 8) 日本乳業技術協会編, 生乳機能性成分分析事業実施報告書 生乳使用割合特定法の開発 (2000).
 - 9) Mikami, H. and Ishida, Y., Post-column fluorometric detection of reducing sugars in high performance liquid chromatography using arginine. *Bunseki Kagaku*, **32**, E207-E210 (1983).
 - 10) 吉岡雄二郎, 森永乳業株式会社の品質保証体制, ソフト・ドリンク技術資料, **161**, 151-160 (2010).
 - 11) 友田宜孝, 中村亦夫, 吉弘芳郎, 生産研究, **4**, 366-369 (1952).
 - 12) Samel, R., Weaver, R.W.V. and Gammack, D.B., Changes on storage in milk processed by ultra-high-temperature sterilization. *J. Dairy Res.*, **38**, 323-332 (1971).
 - 13) Ghosh, B.C., Steffl, A. and Kessler, H.G., Rennetability of milk containing different heat-denatured whey protein. *Milch-wissenschaft*, **51**, 28-30 (1984).
 - 14) Burton, H., Reviews of the progress of Dairy Science : The bacteriological, chemical, biochemical and physical changes that occur in milk at temperatures of 100-150 degree C. *J. Dairy Res.*, **51**, 341-363 (1984).
 - 15) Thomas, E.L., Burton, H., Ford, J.E. and Perkin, A.G., The effect of oxygen content on flavour and chemical changes during aseptic storage of whole milk after ultra-high-temperature processing. *J. Dairy Res.*, **42**, 285-295 (1975).
- (平成 25 年 9 月 30 日受付, 平成 26 年 1 月 28 日受理)