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[†]

岩附慧二*・今野隆道*・溝田泰達*・外山一吉*・住 正宏**・富田 守*

Sensory Characteristics of UHT Milk Processed by Indirect and Direct Heating Methods (Studies on the Sensory Characteristics and Physicochemical Properties of UHT Processed Milk Part IV)

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

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

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

Sensory evaluation by an expert panel and by a housewife panel was conducted to determine sensory characteristics of UHT milk processed at 140°C for 2 seconds by the indirect and direct heating methods. The effect of UHT processing on the physicochemical properties of milk was the greatest for plate-type pasteurization and less for infusion and injection in that order. Appropriate indicators for the heating degree were denaturation rate of whey proteins, rennetability and lactulose content. An evaluation of the sensory attributes and the principal component analysis of these attributes revealed that UHT milk processed by plate-type pasteurization provided thickness of body. Of the three types of UHT milk in the evaluation, this type was judged to be most unique in character. UHT milk processed by injection and infusion was judged to be thin in body and acceptable in other sensory attributes. The housewife panel judged the plate-type processed milk to have the best palatability.

(Received May 10, 2000 ; Accepted Aug. 1, 2000)

これまでに著者らは、牛乳の官能特性に影響を及ぼす各種要因のうち、殺菌条件の影響について検討を行い、低温保持殺菌牛乳 (LTLT)、高温短時間殺菌牛乳 (HTST) および超高温瞬間殺菌牛乳 (UHT) などの幅広い殺菌温度帯の牛乳の官能特性および香気特性について報告をする¹⁾²⁾と共に、殺菌温度の異なる UHT 牛乳の官能特性についても報告を行った³⁾。

現在、わが国で市販されている牛乳の 93% 以上は、

120~150°C で 2~3 秒間殺菌する UHT 殺菌法で製造されている⁴⁾。この UHT 殺菌法には、加熱方式により直接加熱法と間接加熱法の 2 つのタイプがある⁵⁾⁶⁾。直接加熱法には、殺菌対象液に水蒸気を噴射して加熱するスチームインジェクション法 (steam injection) と、逆に、飽和水蒸気中に殺菌対象液を噴霧して加熱するスチームインフュージョン法 (steam infusion) がある。また、間接加熱法では、熱交換の方法によってプレート式熱交換

[†] 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) (前報, 文献 1))

* 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)

法とチューブラ式熱交換法があるが、牛乳の殺菌では処理量および操作性等からプレート式熱交換法が UHT 殺菌法の主流となっている。

本研究では、これら UHT 殺菌方法の違いが UHT 牛乳の官能特性に及ぼす影響を検討することを目的に、温度および時間などの殺菌条件を同一にして、間接加熱法としてのプレート式殺菌法、直接加熱法としてのインジェクション殺菌法およびインフュージョン殺菌法により UHT 牛乳をそれぞれ調製し、専門パネルおよび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、その結果を報告する。

実験方法

1. 実験試料

当工場に集乳した新鮮な同一の生乳を用いて、間接加熱法であるプレート式殺菌法、ならびに、直接加熱法であるインジェクション殺菌法およびインフュージョン殺菌法により、それぞれプレート殺菌乳 (Plate)、インジェクション殺菌乳 (Injection) およびインフュージョン殺菌乳 (Infusion) の各超高温瞬間殺菌牛乳 (UHT 牛乳) を調製した。これらの各 UHT 牛乳は、プレート式殺菌機 MAU、スチームインジェクションおよびスチームインフュージョン兼用殺菌機 MDU (いずれも森永エンジニアリング(株)200 l/h) によって 140℃で2秒間の殺菌を行った後、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。実験に用いたこれらの各 UHT 殺菌装置のフローダイヤグラムおよび温度・時間曲線の概略を Fig. 1, Fig. 2 にそれぞれ示した。なお、調製した UHT 牛乳の組成は乳脂肪分 3.9%、無脂乳固形分 8.8% であった。

2. 殺菌による牛乳の物理化学的性状への影響

官能評価に用いたプレート殺菌乳、インジェクション殺菌乳およびインフュージョン殺菌乳の各 UHT 牛乳が殺菌の全工程で受けた加熱の程度を明らかにするため、前報の方法¹⁾に従って乳清蛋白質変性率、ヒドロキシメチルフルフラール (HMF) 量、レンネタビリティ、ラクトフェリン量およびラクチュロース量の測定を行った。

3. 官能評価

専門パネルによる官能評価については、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 16 名の合計 29 名を選出し実施した。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 $8 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 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 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 7.5.2J for Windows (エス・ビー・エス・株、日本) を用いて統計処理を行った。有意差検定は分散分析の Tukey の多重比較によった。

また、主婦パネルによる官能評価は、一般消費者である 30 代~50 代の主婦 55 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実施した。評価はおいしさについて、+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。

なお、調査に用いた属性評価用語は、本報告の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)。

実験結果および考察

1. UHT 牛乳の物理化学的性状に及ぼす殺菌方法の影響

官能評価に用いた各 UHT 牛乳が殺菌で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ついて試験し、その結果を Table 1 に示した。各 UHT 牛乳の殺菌温度と時間はいずれも 140℃で2秒間と同一であるが、この結果は UHT 殺菌方法の違いによる熱履歴、すなわち、殺菌の全工程で受けた加熱の程度の差を示している。

これらの結果、生乳に比較して乳清蛋白質変性率、レンネタビリティ、ラクチュロース量に対する殺菌の影響は、インジェクション殺菌乳、インフュージョン殺菌乳、プレート殺菌乳の順に大きくなり、これら 3 種類の物理化学値は UHT 殺菌法の違いによる加熱の程度を推測する指標となり得ることが明らかになった。また、ラクトフェリン量は加熱により大きく変化した。今回評価を行った各 UHT 牛乳ではいずれも ND となり、UHT 牛乳間で加熱の程度を比較することは困難であった。

これまでに著者らが報告した結果¹⁾³⁾とも考え合わせると、牛乳が殺菌の全工程で受けた加熱の程度を推測する指標としては、(1)LTLT 法から UHT 法までの幅広い

(1-a)Plate

(1-b)Injection

(1-c)Infusion

- ①Balance tank ②Regeneration section ③Preheating section
 ④Holding tank ⑤Heating section ⑥Steam injection heater
 ⑦Infusion vessel ⑧Expansion vessel ⑨Holding tube ⑩Condenser
 ⑪Cooling section ⑫Homogenizer ⑬Centrifugal pump ⑭Rotary pump
 ⑮Vacuum pump ⑯Hot water ⑰Steam ⑱Cold water
 ⑲Back pressure valve

Fig. 1 Flow diagrams of various UHT processing plants

殺菌温度帯の場合には、乳清蛋白質変性率およびレンネットビリティーが適当である、(2) 130℃以上のUHT殺菌条件ではラクチュロース量も指標にできる、(3) LTLT法およびHTST法などの比較的低温での殺菌条

件ではラクトフェリン量も可能性がある、ことが示された。同一の殺菌温度および時間であれば、直接加熱法よりも間接加熱法の方が加熱による影響が大きいのは、Fig. 2に示した温度・時間曲線からも明らかのように、

Fig. 2 Theoretical temperature/time curves for various UHT processing plants

殺菌の全工程から受ける熱履歴の違いによるものである。また、UHT 殺菌後、無菌充填を行う、市販のいわゆるロングライフミルク（LL 牛乳）の実際の製造において、一般的に、プレート殺菌乳およびインフュージョン殺菌乳では約 140°C 前後の殺菌が行われているのに対して、インジェクション殺菌乳では約 150°C 前後の殺菌と殺菌温度が高く設定されている⁷⁾⁸⁾⁹⁾。このことは、今回の試験で Table 1 に示したように、同じ殺菌温度の直接加熱法であってもインフュージョン殺菌乳に比較してインジェクション殺菌乳の方が加熱による影響が小さかったことから説明できるものと考えられる。

2. UHT 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 の属性について、専門パネルにより +3 点から -3 点の 7 段階で各 UHT 牛乳の評価を行い平均評点を求めた結果を Fig. 3 に示した。

その結果、プレート殺菌乳はミルク臭、加熱臭、ミル

Fig. 3 Average scores of the sensory attributes of various UHT processed milks

■, Injection; □, Infusion; ▨, Plate

*: Significantly different from the Plate, $p < 0.05$

ク味、粘性、コクなどが強く、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。それに対して、インジェクション殺菌乳およびインフュージョン殺菌乳では、ミルク臭、加熱臭、塩味、ミルク味、粘性が弱く、さっぱりとした牛乳という評価傾向であり、また、匂いおよび後味の好みでは、好まれない傾向であった。既報¹³⁾で、LTLT、HTST、UHT の各種殺菌牛乳において殺菌時に受けた加熱の程度が高いほど濃厚感が強くなることを報告したが、本実験においても、プレート殺菌乳、

Table 1 Physicochemical properties of various UHT processed milks

	Whey protein denaturation (%)	HMF (μ M)	Rennetability (s)	Lactoferrin (mg/100 g)	Lactulose (mg/100 g)
Raw milk	0	15.0	155	23.0	ND**
Injection	48	14.0	631	ND*	7.4
Infusion	61	14.8	733	ND*	11.6
Plate	85	18.9	1252	ND*	22.8

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

Each value is an average of three measurements.

インフュージョン殺菌乳, インジェクション殺菌乳の各 UHT 牛乳において加熱の程度により同様の傾向があることが認められた.

3. UHT 牛乳の属性評価間の相関

専門パネルによる各 UHT 牛乳の風味の属性評価間の相関について検討した結果を Table 2 に示した. この結果, プレート殺菌乳に特徴的なコクの強さはミルク味, 脂肪感, 粘性と相関が比較的高く, ミルクに関する味や食感がコクに影響しているものと考えられた. また, これまでの報告¹⁾³⁾で牛乳のおいしさの評価に重要であることが明らかになっている匂いの好みと後味の好みは互いに相関が高いことが分かった.

4. UHT 牛乳の属性評価の主成分分析

各 UHT 牛乳の風味的な特徴を客観的に評価するため, 好みに関する属性評価項目および他の多くの属性と関連がある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, 固有値が 1 以上の 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 3 に示した. 2 因子の累積寄与率は 50.97% 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た. また, 第二因子は加熱臭, 新鮮感, 塩味, 粉っぽさと相関が高く, 牛乳の匂い, 香り, 味などの風味のくせ, ナチュラル感に関する因子であると考慮された.

この 2 因子を軸としたグラフ上に各 UHT 牛乳の主成分得点を算出しプロットした結果を Fig. 4 に示した. 図からも明らかなように, 今回検討を行った 3 種類の UHT 牛乳の比較では, プレート殺菌乳は濃厚感が強く, くせのある牛乳として, また, インジェクション殺菌乳およびインフュージョン殺菌乳はさっぱり感が強く, くせの少ない牛乳と位置づけられた.

Table 3 Factor loading of sensory attributes of various UHT processed milks

Attribute	Factor loading	
	Factor 1	Factor 2
Milk flavor	0.675	0.405
Cooked flavor	0.071	0.753
Freshness	0.349	-0.583
Sweetness	0.702	-0.280
Saltiness	0.055	0.556
Milk taste	0.848	-0.120
Viscosity	0.625	0.153
Fattiness	0.813	-0.024
Chalkiness	-0.162	0.615
Aftertaste	0.467	0.358
Eigenvalue	3.094	2.002
Cumulative proportion (%)	30.944	50.968

Table 2 Correlation coefficients of sensory attributes of various UHT processed milks

	Sensory attributes												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1 Milk flavor	1.00	0.37	0.03	0.09	0.35	0.24	0.49	0.26	0.41	0.05	0.40	0.41	-0.14
2 Cooked flavor	0.37	1.00	-0.25	-0.33	-0.12	0.33	0.03	-0.01	0.03	0.24	0.06	0.15	0.34
3 Odor	0.03	-0.25	1.00	0.57	0.28	0.11	0.35	0.20	0.25	-0.15	0.35	-0.04	0.69
4 Freshness	0.09	-0.33	0.57	1.00	0.29	-0.09	0.31	0.07	0.22	-0.30	0.23	-0.09	0.51
5 Sweetness	0.35	-0.12	0.28	0.29	1.00	-0.16	0.60	0.26	0.40	-0.20	0.46	0.24	0.18
6 Saltiness	0.24	0.33	0.11	-0.09	-0.16	1.00	0.03	0.08	0.03	0.17	0.17	0.01	-0.05
7 Milk taste	0.49	0.03	0.35	0.31	0.60	0.03	1.00	0.38	0.66	-0.21	0.69	0.21	0.25
8 Viscosity	0.26	-0.01	0.20	0.07	0.26	0.08	0.38	1.00	0.58	0.12	0.53	0.31	0.13
9 Fattiness	0.41	0.03	0.25	0.22	0.40	0.03	0.66	0.58	1.00	-0.14	0.66	0.24	0.17
10 Chalkiness	0.05	0.24	-0.15	-0.30	-0.20	0.17	-0.21	0.12	-0.14	1.00	-0.15	0.12	-0.26
11 Body	0.40	0.06	0.35	0.23	0.46	0.17	0.69	0.53	0.66	-0.15	1.00	0.30	0.15
12 Aftertaste	0.41	0.15	-0.04	-0.09	0.24	0.01	0.21	0.31	0.24	0.12	0.30	1.00	-0.44
13 Preference of aftertaste	-0.14	0.34	0.69	0.51	0.18	-0.05	0.25	0.13	0.17	-0.26	0.15	-0.44	1.00

Fig. 4 Graphical representation of principal component analysis of various UHT processed milks

5. UHT 牛乳のおいしさに関する評価

各 UHT 牛乳のおいしさについて、一般消費者である主婦パネル 55 名による評価を行い、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求めた結果を Fig. 5 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人数合計の全体数 (55 名) に対する割合を示し、おいしくないとする割合も同様の方法による評価である。図からも明らかなように、いずれの UHT 牛乳も比較的高い評価であったが、プレート殺菌乳ではおいしいとする人が 84%、おいしくないが 5%、どちらとも言えないが 11% と非常に好まれた。次いで、インジェクション殺菌乳でおいしいとする人は 67%、インフュージョン殺菌乳は 54% であり、3 種類の UHT 牛乳の中ではプレート殺菌乳の方が好まれる傾向にあった。

これまでに著者らは、牛乳のおいしさには匂いの好みや後味の好み、ミルク味およびコクの強さが重要であることを報告¹³⁾したが、本研究においても専門パネルによる風味の属性評価結果および主婦パネルによるおいしさの評価結果からもこのことが推測された。また、わが国で販売されている牛乳の大部分がプレート式殺菌法によって製造されていることより、日常飲みなれていることも、嗜好に影響を与える 1 つの要因であることが示唆された。

Fig. 5 Sensory evaluation of palatability of various UHT processed milks by a housewife panel

□, Good ; ■, Neither Good nor Poor ;
◼, Poor

要 約

UHT 殺菌法の違いによる牛乳の官能特性への影響を検討することを目的に、間接加熱法および直接加熱法により UHT 牛乳を調製し、専門パネルおよび主婦パネルによる官能評価を行った。

(1) UHT 殺菌法の違いによる牛乳の物理化学的性状への影響は、インジェクション殺菌法<インフュージョン殺菌法<プレート式殺菌法の順に大きくなった。加熱の程度を推測する指標としては乳清蛋白質変性率およびレンネットビリティーが適当であったが、今回の UHT 殺菌ではラクチュロース量も指標になり得る可能性があった。

(2) 風味の属性評価およびこれらの主成分分析の結果、プレート殺菌乳は、ミルク臭、加熱臭、ミルク味、粘性、コクが強く、いわゆる濃厚感のある牛乳として、また、3 種類の UHT 牛乳の中ではくせがある牛乳として評価された。インジェクション殺菌乳およびインフュージョン殺菌乳は、これとは逆に、塩味、ミルク味、粘性が少なくてさっぱり感が強く、くせの少ない牛乳と位置づけられた。

(3) 主婦パネルによるおいしさの評価ではプレート殺菌乳が最も好まれた。これまでの報告と同様に UHT 牛乳においても、おいしさには匂いの好みや後味の好み、ミルク味、コクが重要であることが明らかとなり、また、日常飲みなれていることも嗜好に影響を与える 1 つの要因であると考えられた。

文 献

- 1) 岩附慧二・溝田泰達・住 正宏・外山一吉・富田 守：食科工，46，535 (1999)。

- 2) 岩附慧二・溝田泰達・久保田哲夫・西村 修・増田秀樹・外山一吉・富田 守：食科工，**46**，587 (1999).
 - 3) 岩附慧二・溝田泰達・住 正宏・外山一吉・富田守：食科工，**47**，538 (2000)
 - 4) 社団法人日本乳製品協会：日本乳業年鑑，資料編，p. 34 (1999).
 - 5) BURTON, H. : *Dairy Sci. Abstr.*, **31**, 287 (1969)
 - 6) International Dairy Federation : IDF Document 133, new monograph on UHT milk, p. 80 (1981).
 - 7) BURTON, H. : *Dairy Ind.*, **30**, 542 (1965).
 - 8) BURTON, H. : *Dairy Ind.*, **30**, 611 (1965).
 - 9) BURTON, H. : *Dairy Ind.*, **30**, 872 (1965).
- (平成 12 年 5 月 10 日受付，平成 12 年 8 月 1 日受理)
-