



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	理化学特性と官能評価による飲用牛乳の食味評価
Author(s)	藤川, 咲子; 川村, 周三
Citation	農業機械学会誌, 75(1), 37-44 https://doi.org/10.11357/jsam.75.37
Issue Date	2013
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/71032
Rights	© 2013 農業機械学会
Type	journal article
File Information	75_37.pdf



理化学特性と官能評価による飲用牛乳の食味評価*

藤川咲子^{*1}・川村周三^{*2†}

要 旨

市販流通している牛乳 66 銘柄、延べ 84 点の理化学特性の測定と官能評価を東京と札幌の 2 地域で行い、牛乳の成分や調整加工処理が牛乳の食味に与える影響を検討した。乳脂肪は色調 L*値と有意な相関 ($r=0.90$, $p<0.001$) が認められ、乳脂肪が低い牛乳は暗い色と評価される傾向が示された。官能評価の結果、牛乳の総合的なおいしさに関して、乳脂肪の低い牛乳を色調と香りが悪くてコクがなくおいしくないと判断することが示唆された。また、パネルは間接加熱による UHT 殺菌牛乳をおいしいと評価することが認められた。

[キーワード] 乳脂肪, 色調 L*値, 均質化, 識別能力, 主成分分析

Taste Evaluation of Drinking Milk by Physicochemical Properties and Sensory Determinations*

Sakiko FUJIKAWA^{*1}, Shuso KAWAMURA^{*2†}

Abstract

The objective of this study was to examine the effects of physicochemical properties and processing treatments on taste evaluation of milk. We investigated milk quality and eating quality of 66 brands of milk samples (a total number of 84 milk samples) by assessment tests of physicochemical properties and sensory evaluation held in Tokyo and Sapporo. Milk fat content had a significant correlation with color L* value ($r=0.90$, $p<0.001$), and milk with a low fat content was relatively dark-colored. Sensory evaluation showed that milk body, sweetness, appearance and aroma had great influences on overall flavor of milk. Low fat milk was evaluated as have a poor taste because of its lack of body and sweetness and its bad appearance and bad aroma. UHT milk processed by an indirect heating method had a high taste evaluation.

[Keywords] milk fat, color L* value, homogenization, discrimination ability, principal component analysis (PCA)

I 緒 言

日本における牛乳の 1 人 1 年あたりの消費量は 1994 年度の 41.6kg をピークに翌年以降から現在に至るまで減少傾向で推移している (農林水産省, 2011)。飲用牛乳の需要の減少には、人口の減少や少子高齢化が進む一方で、飲料も含めた食の多様化が進み、牛乳と競合する多様な飲料がコンビニエンスストアや自動販売機で安く手軽に入手できることも大きな要因とされる (本田, 2011)。

そこで、生産者団体 (農協や酪農組合) からは牛乳の消費拡大を望む声がある。一方、近年の消費者の食品に対する志向の多様化により、消費者のニーズに合わせ乳成分や加工方法等が異なる様々な牛乳が市販されている。

原料乳である生乳の成分や乳質は牛乳の風味に大きく影響する。それら生乳の成分や乳質は、乳牛の品種や個体、飼料、飼養地域など様々な要因により変動する。さらに、牛乳の加工処理により成分が変化し、それらが風味に影響を及ぼすなど、牛乳のおいしさに影響する要因

* 2008 年 3 月 第 67 回農業機械学会年次大会 (宮崎) にて講演

*1 学生会員, 北海道大学大学院農学院 (〒060-8589 札幌市北区北 9 条西 9 丁目 TEL 011-706-2558)
Graduate School of Agricultural Science, Hokkaido University, Kita 9, Nishi 9, Kita-ku, Sapporo, Hokkaido 060-8589, Japan

*2 会員, 北海道大学大学院農学研究院 (〒060-8589 札幌市北区北 9 条西 9 丁目 TEL 011-706-2558)
Graduate School of Agricultural Science, Hokkaido University, Kita 9, Nishi 9, Kita-ku, Sapporo, Hokkaido 060-8589, Japan

† Corresponding author : shuso@bpe.agr.hokudai.ac.jp

は数多く挙げられる。

岩附ら (1999a; 2000a; 2000b; 2001) は、殺菌方法や均質化の際の圧力などの製造条件が牛乳の官能特性に及ぼす影響について報告している。ところが、これらの報告の供試試料の原料乳にはある地域で生産された同一の生乳が用いられており、現在一般に国内で市販されている牛乳に関する報告は少なく (磯崎ら, 1991; 荒井ら, 2006), 50 点以上の多種多様な市販牛乳に関する報告も少ない。

「消費者がどのような牛乳を美味しいと感じるか」また「消費者はどのような牛乳を好むのか」に関するデータを明らかにすることが牛乳の消費拡大に役立つと考えられる。すなわち、消費者の牛乳に対する嗜好を明らかにし、その上で消費者が好む牛乳を生産することが重要である。

そこで本研究では、市販流通している多種多様な牛乳を用いて消費者の牛乳に対する嗜好を明らかにすることを目的とし、牛乳の理化学特性の測定および、東京と札幌の 2 地域において官能評価を実施した。

II 実 験 方 法

1. 供試牛乳

市販流通している 66 銘柄 (商品名) を供試試料として 2007 年 8 月から 9 月および 2008 年 9 月に官能評価および理化学特性の測定を行った (そのうちの 13 銘柄は両年で共通であった)。そのうち、2007 年は、東京で 18 点を供試し、さらに同一の試料 18 点を札幌で供試し官能評価を行った。また、2008 年は札幌のみで試験を行い試料数は 48 点であった。官能評価に供試した牛乳は延べ 84 点であった。66 銘柄の乳業メーカーは 24 社であった。また、試料の産地 (乳牛の飼養地域) は製品容器の記載情報によると、北海道が 48 点、東北が 8 点、関東が 27 点、不明が 1 点であった。

供試試料の容器に記載された「種別名称」は、牛乳 (成分無調整, 61 点), 成分調整牛乳 (11 点), 低脂肪牛乳 (11 点), 加工乳 (1 点) の 4 種類であった。また、殺菌方法は Ultra high temperature (UHT) 殺菌 (UHT 殺菌のうち間接加熱が 72 点 (以下, UHT 間接加熱殺菌), 直接加熱が 3 点 (以下, UHT 直接加熱殺菌), High temperature short time (HTST) 殺菌 (4 点), High temperature long time (HTLT) 殺菌 (1 点), Low temperature long time (LTLT) 殺菌 (4 点) の 4 種類であった。さらに、全試料のうち 1 点のみがノンホモジナイズド牛乳であり、その他の試料はホモジナイズド牛乳であった。

2. 理化学特性

(1) 乳成分

Milkoscan4000 (Foss Electric 社製) を用いて乳脂肪、乳糖、乳タンパク質の測定を行った。

(2) 色調

官能評価後の試料の色調を、色彩色差計 (MINOLTA

社製 CR-200b) を用い、国際照明委員会の公認表示法である $L^*a^*b^*$ 表色系に則り、牛乳の L^* (明度), a^* (赤緑軸), b^* (黄青軸) の値を求めた。また、 $L^*a^*b^*$ 値を用いて後述する基準牛乳と各試料の色差 (ΔE) を次式により算出した。

$$\Delta E = \sqrt{\Delta a^2 + \Delta b^2 + \Delta L^2}$$

ここで、

Δa : 基準牛乳の a^* 値との差

Δb : 基準牛乳の b^* 値との差

ΔL : 基準牛乳の L^* 値との差

3. 官能評価

旧食糧庁の「米の食味試験実施要領」(食糧庁, 1966) を参考とし、牛乳の官能評価用に改変した。この官能評価の方法は、基準牛乳 (1 点) を設け合計 4 点 (基準 1 点 + 評価試料 3 点) の試料を 1 組としパネルに提示し、その基準牛乳に対してその他の試料を相対的に比較する多重相対比較法である。本研究では、基準牛乳として生乳生産地が北海道十勝地方の牛乳で UHT 間接加熱殺菌したホモジナイズド牛乳を用いた。基準牛乳の生産地である北海道十勝地方は酪農畑作地帯であり、生乳生産量が多い。基準牛乳は十勝地方一円から集乳し、一つの工場加工処理した牛乳である。その理化学特性はほぼ同じであった。

試料はプラスチック製の透明容器 (内容量 50 mL) に 7 割程度入れ、ステンレス製の直径約 25 cm の皿に赤、黄、青、緑の印を付けた白い紙を敷き、その上に基準牛乳を含めた 4 点の試料を載せパネルに供試した (図 1)。試料の配置順はラテン方角法により決定した。また、官能評価直前の試料の温度は 9~11℃ の範囲であった。

評価項目は、色調 (牛乳としての白さ)、香り (牛乳としての香り)、コク (牛乳としてのコク)、甘味、塩味 (塩からさ)、酸味 (酸っぱさ)、総合評価 (おいしさ) の 7 項目とし、基準牛乳に対して相対的に色調、香り、総合評価が良い (+) 悪い (-)、コクがある (+) ない (-)、甘味、塩味、酸味が強い (+) 弱い (-) を判定した。評価点は基準牛乳を 0 として、それぞれ ± 3 の 7 段階尺度とした。

官能評価は、1 日に 2 回午前 11 時と午後 3 時から実施した。官能評価は 4 点で 1 組の試料を続けて 2 組評価し、これを 1 回とした。すなわち、1 回の官能評価では基準牛乳を除いて 6 点の試料を供試した。

(1) パネル (試飲者) の牛乳に対する識別能力と地域間差

牛乳の味に対するパネルの識別能力および東京と札幌におけるパネルの地域間差の有無を確認するため、同一の牛乳 (既述した基準牛乳) に砂糖、食塩、乳酸をそれぞれ添加したものを用いて官能評価を行った。砂糖、食塩、乳酸の添加量は多くのパネルが添加物の味を感じない (味の違いを有意に識別できない) 量と、多くのパネルが添加物の味を感じる (味の違いを有意に識別できる)



図 1 官能評価の供試試料

Fig. 1 An example of sensory test sample

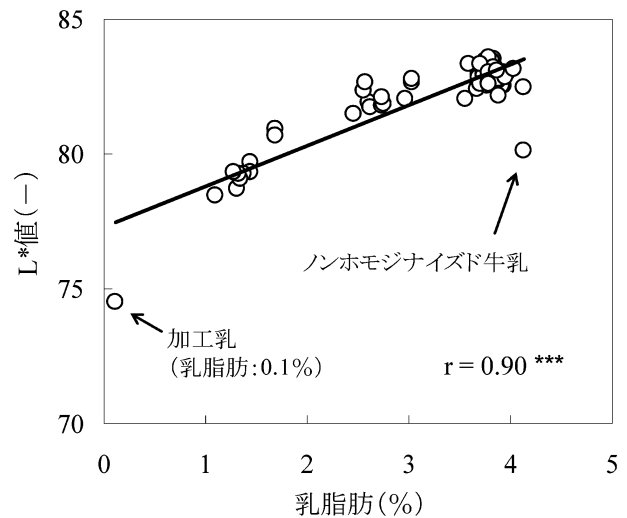


図 2 乳脂肪と色調 L*値との関係

Fig. 2 Relationship between milk fat content and color L* value of milk

表 1 基準牛乳およびその他の試料の種類ごとにおける理化学特性測定値と標準偏差
Table 1 Measurement values of physicochemical properties and standard deviation of reference milk and other samples of each milk category

	試料数	乳脂肪 (%)	乳糖 (%)	乳タンパク質 (%)	色調		
					L*値 (-)	a*値 (-)	b*値 (-)
基準牛乳	1	3.8	4.5	3.2	83.0	-4.4	5.2
牛乳	60	3.8±0.1	4.4±0.0	3.2±0.1	82.9±0.5	-4.4±0.4	5.3±1.3
調整牛乳	11	2.7±0.2	4.6±0.5	3.3±0.3	82.1±0.4	-4.7±0.3	4.7±0.9
低脂肪牛乳	11	1.4±0.2	4.5±0.1	3.3±0.1	79.5±0.8	-5.3±0.2	3.6±0.9
加工乳	1	0.1	5.0	3.6	74.5	-6.4	2.4
全試料	84	3.3±0.9	4.5±0.2	3.2±0.1	82.2±1.5	-4.6±0.5	4.9±1.3

基準牛乳以外の試料は種類別名称ごとに示した。基準牛乳、加工乳は測定値を示した。
牛乳、調整牛乳、低脂肪牛乳はそれぞれの試料の測定値の平均±標準偏差を示した。

量 (古川 1994; 笹野, 1998) を考慮し、また事前に行った予備試験を参考にし、それぞれ 2 段階ずつとした。添加量はそれぞれ砂糖 0.1% (w/w, 以下同様), 0.3%, 食塩 0.05%, 0.1%, 乳酸 0.05%, 0.1% とした。官能評価は東京と札幌で各 1 回, 計 2 回行い, 各回のパネルは 54 名であった。

(2) 市販牛乳の食味評価

延べ 84 点の市販牛乳を供試試料とし, 官能評価を合計で 8 日, 延べ 14 回行った。各回のパネル人数は 48~52 名であり, 延べパネル人数は 722 名であった。パネルは男女がほぼ同数となるように, 18 歳から 65 歳までで年代が偏ることがないように集めた。パネルには事前に牛乳の官能評価を行うことを伝え, 日常的に牛乳を飲む人を選び, 牛乳を摂取すると体に変調をきたす人は除外した。

4. 統計解析

エクセル統計 2006 を用いて, 分散分析 (Fisher の最小有意差法による多重比較), 単相関分析, 主成分分析 (Principal Component Analysis (PCA)) を行った。

III 結果および考察

1. 乳成分と色調

表 1 に, 基準牛乳およびその他の試料の種類別ごとに理化学特性測定値と標準偏差とを示した。

乳脂肪は色調の L*値, a*値, b*値すべての値と高い正の相関が認められた。とくに, 乳脂肪含量が高い試料ほど L*値, a*値が高い傾向が示された。これは, 牛乳の色は牛乳中に含まれるカゼイン粒子や脂肪球により光が乱反射して白色を呈するものであり, また, 脂肪中に存在するカロチノイドにより黄色を呈する (野口, 1998) ことによると考えられる。また, いずれの殺菌方法でも, 殺菌方法の違いが色調に与える影響はないことが認められた。一方, 均質化処理を行っていないノンホモジナイズド牛乳の L*値は乳脂肪含量が高いにもかかわらず低かった。

図 2 には, 全試料の乳脂肪と色調 L*値との関係を示した。図 2 において他の試料から外れた 2 点の試料は, ノンホモジナイズド牛乳と加工乳 (乳脂肪 0.1%) であっ

表 2 砂糖, 食塩, 乳酸を添加した牛乳の官能評価結果
Table 2 Results of sensory test of milk samples with addition of sugar, salt and lactic acid

	添加量	色調	香り	コク**	甘味**	塩味**	酸味**	総合評価**
牛乳	砂糖 0.1%	-0.01	-0.17	0.18	0.02	0.00	-0.07	0.03
	砂糖 0.3%	0.12	-0.06	0.22	0.70**	-0.10	-0.13	0.46**
	食塩 0.05%	0.09	-0.24*	0.06	-0.12	0.18	0.06	-0.27*
	食塩 0.1%	0.15	-0.22	0.03	-0.14	0.85**	0.35**	-0.71**
	乳酸 0.05%	0.09	-0.10	-0.30*	-0.35*	-0.13	0.05	-0.27*
	乳酸 0.1%	0.05	-0.25*	-0.65**	-0.75**	0.16	0.37**	-0.92**

評価項目右の ** は分散分析の結果, その評価項目において危険率 1% で有意な差があることを示す。
数値右の *, ** は母平均の差の検定により危険率 5% または 1% で基準牛乳 (無添加の牛乳) に対し
各試料に有意な差があることを示す。

た。

ノンホモジナイズド牛乳の色調は基準牛乳に比べ, L* 値と a* 値が低く, b* 値が高かった。均質化をする際の圧力が高いほど脂肪球は細分化され, 平均粒子径は小さくなる (岩附ら, 2001)。牛乳の光の乱反射は 578nm の波長で約 70% を, 254nm の波長では 9% を反射するといわれ, 牛乳の可視光の反射光量は均質化処理により増加し, ホモジナイズド乳ではノンホモジナイズド乳に比べ光が透過しにくいとされる (中江, 1988)。すなわち, 均質化処理により脂肪球の平均粒子径が小さくなることで, 乱反射による反射光量が増し, L* 値と a* 値が高く, b* 値が低くなるとが推察された。

さらに, 乳脂肪含量が基準牛乳に近い試料ほど基準牛乳との色差が小さくなる傾向が認められた。一方, 乳脂肪含量が基準牛乳とほぼ同じノンホモジナイズド牛乳は基準牛乳との色差が 7.59 であり, 基準牛乳の色調と比較して大きな差が認められた。

以上のことから, 牛乳の色調は乳脂肪含量および均質化処理の有無によって変化するという従来からの知見が確認された。

2. 官能評価

(1) パネルの牛乳に対する識別能力と地域間差

表 2 に, 牛乳に砂糖, 食塩, 乳酸を添加した試料の官能評価値を示した。

a. 色調と香り 分散分析を行った結果, 色調, 香りともに試料全体として有意差は認められなかった。供試した試料は同一の牛乳に, 砂糖, 食塩, 乳酸をそれぞれ加えたものである。これらの添加物とその添加割合は牛乳の色調や香りに影響を与えるものではないことから, この結果はパネルの色調や香りに対する判断が的確であることを示していると考えられた。

b. コクと甘味 コクの評価では, 乳酸を加えた試料はコクがないと評価される傾向が明らかであった。甘味の評価では, とくに砂糖 0.3% を加えた試料を有意に甘いと識別する一方で, 乳酸 0.1% を加えた試料を有意に甘くないと識別する傾向が認められた。すなわち, パネルは牛乳中にわずかな酸味を感じることで, 甘味が弱くコクがない牛乳と評価する可能性が示唆された。

c. 塩味と酸味 塩味の評価では, 食塩 0.1% を加えた試料を有意に塩からいと識別した。酸味の評価においては, 乳酸 0.1% または食塩 0.1% を加えた試料を有意に酸味があると評価しており, 乳酸を加えたもののみを的確に識別することができなかった。すなわち, パネルはわずかな塩からさを酸っぱさと混同して評価する可能性があることが示唆された。

d. 総合評価 牛乳の総合的なおいしさを示す総合評価では, 砂糖 0.3% を加えた試料をおいしい牛乳, 一方で食塩または乳酸をそれぞれ加えた試料をおいしくない牛乳と評価した。とくに食塩と乳酸の添加量が増えると総合評価は大きく低下する傾向が認められた。

以上の結果から, パネルは塩味と酸味とを混合する可能性があるものの, 牛乳の風味に対しほぼ的確な判断をすることが示された。また, パネルは牛乳のおいしさに関して, わずかに甘いものはおいしいと判断し, わずかな塩からさや酸っぱさが加わるとおいしくないと判断することがわかった。

また, 分散分析の結果, すべての評価項目において東京と札幌のパネル間の有意な差は認められなかった。すなわち, 牛乳の官能評価における東京と札幌のパネルの牛乳の風味に対する判断や, 牛乳のおいしさの評価に対する傾向に, 地域間差はないことが認められた。

(2) 市販牛乳の食味評価

東京と札幌のパネルの牛乳の官能評価における牛乳の風味の判断や, おいしさの評価に地域間差は認められなかった。そこで, 以下では東京と札幌で行った官能評価値を合わせて結果の検討を行う。

表 3, 表 4 に牛乳の官能評価結果を種類別名称ごとおよび加工処理ごと (殺菌方法, 均質化の有無) にそれぞれ示した。なお, 基準牛乳の評価値はすべて 0 である。また表 5 に, 理化学特性測定値間および理化学特性測定値と官能評価値間との相関係数を示した。さらに, 表 6 に官能評価の各評価項目間の相関係数を示した。

a. 色調 乳脂肪含量が 1.5% 以下の牛乳 (低脂肪牛乳および加工乳) は, 有意に色調の評価が悪かった。一方, 乳脂肪が高く, 乳糖と乳タンパク質が低い試料は L* 値と a* 値が高く, 官能評価の色調評価が高い傾向が認め

表 3 市販牛乳の種類別の官能評価結果
Table 3 Results of sensory test of each milk category

種類別名称	試料数	色調**	香り**	コク**	甘味**	塩味	酸味	総合評価**
牛乳	61	0.10±0.23	-0.24±0.28	0.01±0.21	0.01±0.18	0.03±0.11	0.00±0.09	-0.05±0.20
調整牛乳	11	0.03±0.16	-0.19±0.18	-0.04±0.19	0.12±0.45	0.00±0.09	0.01±0.07	-0.03±0.19
低脂肪牛乳	11	-0.55±0.19	-0.50±0.25	-0.45±0.16	-0.34±0.16	-0.02±0.10	-0.03±0.09	-0.47±0.11
加工乳	1	-1.18	-0.88	-0.72	-0.28	0.14	0.28	-1.02

評価項目右の**は分散分析の結果、その評価項目において危険率1%で有意な差があることを示す。

牛乳、調整牛乳、低脂肪牛乳はそれぞれの試料の官能評価値の平均±標準偏差、加工乳は官能評価値を示した。

表 4 市販牛乳の加工処理別の官能評価結果
Table 4 Results of sensory test of each processing treatment

加工処理	試料数	色調**	香り**	コク**	甘味**	塩味	酸味	総合評価**
UHT 間接加熱殺菌	72	-0.04±0.32	-0.22±0.26	-0.05±0.26	-0.01±0.27	0.03±0.11	0.01±0.09	-0.10±0.26
UHT 直接加熱殺菌	3	0.26±0.11	-0.50±0.15	-0.21±0.27	-0.16±0.22	0.04±0.05	0.13±0.05	-0.25±0.18
HTST 殺菌	4	0.24±0.26	-0.67±0.20	-0.31±0.18	-0.28±0.18	-0.04±0.12	-0.05±0.05	-0.37±0.19
LTLT 殺菌	4	-0.09±0.50	-0.68±0.13	-0.09±0.15	0.06±0.12	-0.01±0.03	-0.07±0.05	-0.16±0.20
HTLT 殺菌	1	0.17	-0.02	0.13	0.19	0.10	0.10	0.15
ホモジナイズド牛乳	83	-0.01±-0.26	-0.26±0.28	-0.06±0.26	-0.02±0.27	0.02±0.10	0.00±0.09	-0.11±0.26
ノンホモジナイズド牛乳	1	-0.80	-0.72	0.02	-0.08	-0.06	-0.04	-0.32

評価項目右の**は分散分析の結果、その評価項目において危険率1%で有意な差があることを示す。

HTLT 殺菌およびノンホモジナイズド牛乳は試料数が1点であることから、官能評価値を示した。その他については、官能評価値の平均値±標準偏差を示した。

表 5 理化学特性測定値間および理化学特性測定値と官能評価値間の相関係数
Table 5 Correlation coefficients of physicochemical properties and sensory determinations

	色調			乳脂肪 (%)	乳糖 (%)	乳タンパク質 (%)
	L*値 (-)	a*値 (-)	b*値 (-)			
a*値 (-)	0.74***					
b*値 (-)	0.35***	0.29**				
乳脂肪 (%)	0.90***	0.70***	0.52***			
乳糖 (%)	-0.33**	-0.36***	0.04	-0.33**		
乳タンパク質 (%)	-0.38***	-0.40***	0.21	-0.30**	0.89***	
色調 (-)	0.80***	0.64***	0.06	0.72***	-0.29**	-0.38***
香り (-)	0.51***	0.24*	0.07	0.36***	-0.11	-0.12
コク (-)	0.66***	0.32**	0.38***	0.66***	0.02	0.09
甘味 (-)	0.41***	0.18	0.30**	0.41***	0.47***	0.47***
塩味 (-)	0.11	-0.07	0.06	0.11	0.20	0.16
酸味 (-)	-0.01	-0.05	0.06	-0.03	0.25*	0.20
総合評価 (-)	0.67***	0.41***	0.28*	0.62***	0.04	0.06

*危険率5%: $r > 0.216$, **危険率1%: $r > 0.281$, ***危険率0.1%: $r > 0.355$ (n=83)

表 6 官能評価の各評価項目間の相関係数
Table 6 Correlation coefficients of sensory determinations

	色調 (-)	香り (-)	コク (-)	甘味 (-)	塩味 (-)	酸味 (-)
香り (-)	0.32**					
コク (-)	0.44***	0.56***				
甘味 (-)	0.26*	0.35**	0.79***			
塩味 (-)	0.08	0.21	0.33**	0.31**		
酸味 (-)	-0.07	0.28*	0.16	0.18	0.43***	
総合評価 (-)	0.56***	0.57***	0.84***	0.74***	0.20	0.08

*危険率5%: $r > 0.215$, **危険率1%: $r > 0.280$, ***危険率0.1%: $r > 0.353$ (n=84)

られた。牛乳中の乳タンパク質(カゼイン)のコロイド粒子と脂肪球に光が反射することで牛乳は白色を呈するとされる(野口, 1998)。そのため、乳脂肪を除去することで牛乳の色調に影響する脂肪球の数が減少し、基準牛乳に比べ暗く見え、パネルはこの色調の違いから、乳脂肪の低い牛乳の色が悪いと評価することが示唆された。以上のことから、パネルは乳脂肪が低いことにより、L*値とa*値が低い試料、すなわち暗く緑がかった牛乳の色調が悪いと評価することが認められた。

また、均質化処理の有無により牛乳の色調に有意な差が認められた。均質化された牛乳は牛乳の色に関与する乳脂肪球の大きさが一定になる。一方で均質化されていない牛乳は脂肪球の大きさが一定ではないことが、牛乳

の色調に大きな差が認められた原因と考えられる。したがって、均質化の有無が牛乳の色調に影響を与え、パネルはホモジナイズド牛乳に比べノンホモジナイズド牛乳の色を悪いと評価する傾向が認められた。

b. 香り 試料全体として香りに危険率 1% で有意な差が認められ、基準牛乳に対して香りが悪いと評価される牛乳が多かった。香りの評価が低かった試料は、全体的な傾向として、成分調整牛乳または低脂肪牛乳、UHT 殺菌法ではない殺菌法で殺菌した牛乳、北海道の生乳を関東へ輸送し、関東で加工した牛乳であった。

香りは、乳脂肪および L^* 値と非常に高い相関が認められた。牛乳の香りに影響する要因として、異常風味など乳質の影響 (笹野, 1998) の他に、殺菌や均質化の加工処理が挙げられる。そのため、低脂肪乳など成分の調整加工処理が行われた試料は、処理の際に香りの変化が起こったと考えられる。阿久澤ら (1995) は生乳特有の芳香の 1 つである乳臭さ (生乳乳様香) に対する加熱の影響を調べ、高温で殺菌するほど生乳乳様香の強度が低くなることを示した。

以上のことから、成分無調整の試料に比べ成分を調整した試料や、UHT 殺菌法ではない殺菌法で殺菌されている試料は、処理過程において牛乳としての香りが弱くなり、その結果香りが悪いと評価されることが示唆された。

c. コク、甘味 試料全体としてコクに危険率 1% で有意な差が認められ、基準牛乳に対して有意にコクがないと評価された試料はすべて乳脂肪含量 1.5% 以下の低脂肪牛乳または加工乳であった。したがって、パネルが感じる牛乳のコクは乳脂肪が大きく影響していると考えられる。また、UHT 殺菌牛乳のうち直接加熱によるものの評価が悪い傾向が認められた。

甘味では、試料全体として危険率 1% で有意な差が認められた。基準牛乳に対して甘味があると評価された試料は、乳糖含量が基準牛乳より高く、そのため甘味があると評価されたと考えられる。また、有意に甘味が弱いと評価された試料は、全て低脂肪牛乳であり、パネルが感じる牛乳の甘味には、乳脂肪も影響することが示唆された。

官能評価におけるコクの評価は、 L^* 値と b^* 値、乳脂肪と高い正の相関が認められた。また甘味の評価は、 L^* 値と乳脂肪、さらに乳糖と乳タンパク質との高い正の相関が認められた。したがって、乳糖や乳タンパク質、さらに乳脂肪が牛乳のコクと甘味に大きな影響を与えることが示唆された。

また、官能評価におけるコクと甘味の項目間には、高い相関が認められた。すなわち、甘味の評価が高いものは、コクの評価も高い傾向が認められた。

d. 総合評価 総合評価の結果を図 3 に示した。試料全体として総合評価に危険率 1% で有意な差が認められた。基準牛乳に対して有意に総合評価が良いとされた試

料は 1 点であった。この試料は、乳糖含量が 6.07% と他の試料より約 1.5% 高く、甘味、コクの各評価項目において有意に甘味がある、コクがあると評価された。牛乳の成分のうち乳糖は牛乳の甘味に寄与するとされる (米田, 1996)。また、パネルの識別能力を確認する官能評価において、砂糖を加えた甘味のある牛乳がおいしいと評価される傾向にあったことから、パネルは基準牛乳と比較し、乳糖由来であると考えられる甘味が強い牛乳の総合評価を高く評価する傾向が示唆された。一方で、低脂肪牛乳および HTST 殺菌牛乳の総合評価が悪いと評価される傾向が認められた。

また、総合評価は色調、香り、コク、甘味の評価項目と有意に相関が高いことが示された ($p < 0.001$)。

以上の結果から、パネルは牛乳の総合評価 (おいしさ) を判断する際には、色調が悪く、香りが悪く、コクがなく、甘味の弱い牛乳をおいしくないと判断することが示唆された。そのためパネルが牛乳の食味をブラインドテストした場合 (牛乳の銘柄産地を知らされないで飲んだ場合)、パネルは低脂肪牛乳を色調と香りが悪く、コクと甘味がないためにおいしくない牛乳と判断した。また、コクと甘味の評価が高いもののほど総合評価も高い傾向が認められた。

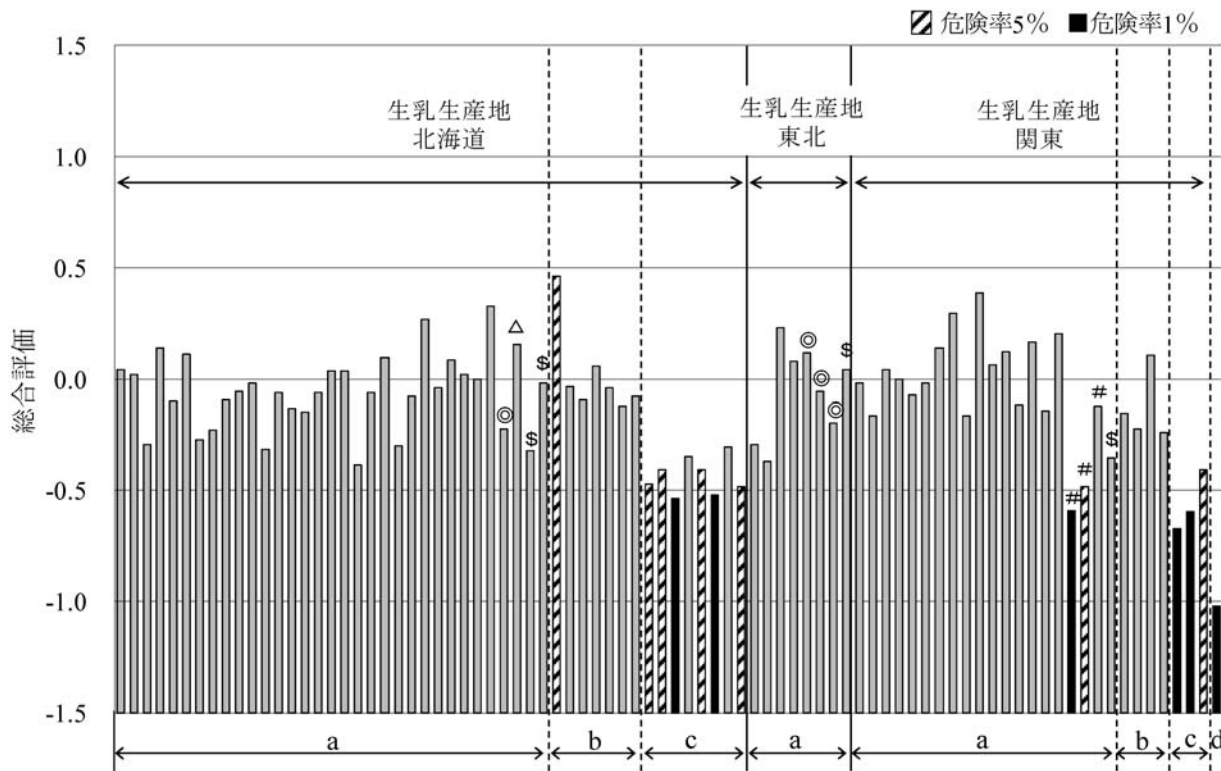
3. 殺菌方法の違いが官能評価に及ぼす影響

官能評価の各評価項目の評価値をもとに、それらの相関行列による PCA を行った (井上, 2009)。殺菌方法が官能評価に及ぼす影響を検討するため、全供試試料のうち成分無調整牛乳かつホモジナイズド牛乳の 60 点を用いた。60 点の試料の殺菌方法は、UHT 間接加熱殺菌、UHT 直接加熱殺菌、HTST 殺菌、LTLT 殺菌であり、HTLT 殺菌については試料数が 1 点のみであることから今回の検討からは除いた。

分析に用いた変数は官能評価の各評価項目とした。その際、総合評価はその他の評価項目を総合して評価したものであり、他の評価項目との相関が強いと考えられることからこれを除き、残りの 6 項目を用いて PCA を行った。

PCA によって得られた主成分ともとの変量との相関を表す主成分負荷量を計算した結果を表 7 に示した。その結果、第 1 主成分 (PC1) は香り、コクと強い相関が認められ、第 2 主成分 (PC2) では甘味と強い相関が認められた。したがって、PC1 については牛乳の香りやコクなどの牛乳の風味、PC2 については牛乳の甘味を表す因子であると考えられた。このとき PC1 の寄与率は 51.9%、PC2 の寄与率は 20.6% であり、累積寄与率は 72.5% であった。すなわち、PC1 と PC2 により官能評価全体の 7 割以上の情報を表現できることが確認された。

そこで、各殺菌方法による牛乳の特徴を評価するため、PC1 と PC2 の 2 因子を軸としたグラフ上に各試料の主成分得点を算出しプロットした結果を図 4 に示した。図 4 より、殺菌方法と牛乳の官能評価について全体的に以



図において a, b, c, d は以下の種類別の牛乳であることを示す。a: 牛乳, b: 成分調整牛乳, c: 低脂肪牛乳, d: 加工乳
また、図において棒の上の記号はそれぞれ以下に示した殺菌方法であることを示す。記号なし: UHT 間接加熱殺菌,
#: UHT 直接加熱殺菌, ⊙: HTST 殺菌, \$: LTLT 殺菌, △: HTLT 殺菌

図 3 官能評価の総合評価

Fig. 3 Overall flavor of sensory test

表 7 官能評価値による主成分分析の主成分負荷量
Table 7 Loading of principal component by principal component analysis of sensory determinations

評価項目	PC1	PC2
色調	-0.34	-0.50
香り	0.86	-0.49
コク	0.85	0.34
甘味	0.69	0.55
塩味	0.37	-0.05
酸味	0.40	-0.23

下のように判断した。UHT 間接加熱殺菌は、風味が強い牛乳が多く、LTLT 殺菌や HTST 殺菌は UHT 間接加熱殺菌と比べ風味が同等か、やや弱い牛乳であった。また、UHT 直接加熱殺菌については、その他の殺菌方法と比べ、風味が劣る傾向であった。一方、殺菌方法による甘味に対する寄与は認められず、殺菌方法が甘味に与える影響は少ないことが示唆された。以上のことから、牛乳の殺菌方法は消費者が感じる牛乳の風味に影響を与え、UHT 間接加熱殺菌された牛乳と比較し、その他の殺菌方法で処理された牛乳は風味が劣る傾向にあることが示唆された。

従来から、牛乳の香気成分や栄養成分に及ぼす加熱の影響についての研究は多くあり、熱負荷が高いほど、多

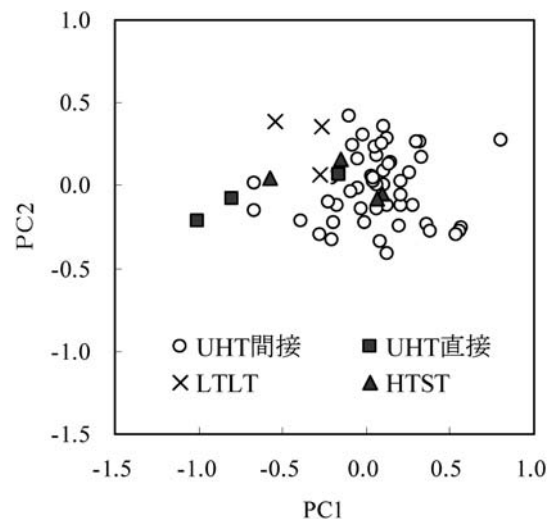


図 4 官能評価値による殺菌方法ごとの主成分得点散布図
Fig. 4 Scatter diagram of principal components score of each processed method by sensory determinations

くの成分が影響を受けることがわかっていく (青木, 1996)。また、UHT 殺菌の中でも間接加熱の方が直接加熱よりも、成分変化が大きいとされる (亀井, 1997)。さらに、加熱により生じた匂い (加熱臭) が最も強いのが

UHT 牛乳であるとの報告もある (岩附ら, 1999b)。そのため, 一般的に UHT 殺菌牛乳は加熱温度が高い (120~130℃) ために加熱臭や滅菌臭があり風味は良くないとされる。しかしそれらに反して, 本試験の結果では UHT 間接加熱殺菌牛乳と比較しその他の殺菌牛乳は風味が劣ると評価されることが認められた。

わが国の牛乳は殺菌工程の能率と牛乳の保存性等の利点から, 殺菌温度が 120~130℃ で殺菌時間が数秒の UHT 殺菌により製造されたものが約 9 割と主流である。残りの 1 割弱は, HTST 殺菌 (72℃ 以上で 15 秒以上) や LTLT 殺菌 (62~65℃ で 30 分) により製造されている (城端, 1996; 日本酪農乳業協会データベース, 2011)。そのため, 日頃から UHT 殺菌牛乳を飲む機会が多いと推察される。したがって, パネルは UHT 間接加熱殺菌による加熱臭を牛乳の持つ風味と理解し, 銘柄や種類を知らずに飲んだブラインドテストでは, 多くのパネルが日頃飲み慣れている UHT 間接加熱殺菌牛乳の風味を良いと判断したと考えられる。一方で, 日頃飲み慣れていない殺菌方法の牛乳に違和感を示した可能性が高いことが示唆された。

IV 摘 要

市販流通している牛乳を用いて, 消費者の牛乳に対する嗜好を明らかにすることを目的とし, 牛乳の理化学特性の測定を行い, さらに東京と札幌の 2 地域において官能評価を実施した。その結果, 以下のことが明らかとなった。

- 1) 牛乳の官能評価における東京と札幌のパネルの牛乳の風味に対する判断や, 牛乳のおいしさの評価に対する傾向に地域間差は認められなかった。
- 2) 官能評価では牛乳の総合的なおいしさに関して, 乳脂肪の低い牛乳を色調と香りが悪くてコクがなくおいしくないと判断し, 乳脂肪が高く, 乳糖や乳タンパク質由来の甘味やコクがある牛乳をおいしいと判断することがわかった。
- 3) わが国での市販牛乳は, 間接加熱による UHT 殺菌牛乳が大部分であることから, 日頃飲みなれた UHT 間接殺菌牛乳をおいしいと判断し, 他の殺菌方法の牛乳をおいしくないと判断する可能性が示唆された。

謝 辞

本研究の官能評価実施において, 北海道地域農業研究所の協力を得た。ここに記して感謝の意を表す。

References

- 阿久澤良造, 松石昌典, 藤森光弘, 沖谷明紘, 1995. 牛乳の乳様香の加熱による変化. 日本畜産学会報, 66, 957-961.
- 青木孝良, 1996. 成分の変化. 上野川修一編, 乳の科学 (第 6 版). 朝倉書店, 東京, 46-55.
- 荒井勝己, 伊藤美枝子, 臼井沙織, 井桁千恵子, 2006. 牛乳についての意識調査および官能試験. 桐生短期大学紀要, 17, 195-201.
- 古川秀子, 1994. おいしさを測る—食品官能検査の実際— (初版). 幸書房, 東京, 5-18.
- 本田敏裕, 2011. 牛乳, 乳製品の需給動向と国産チーズ増産の課題. 農中総研 調査と情報, 23, 4-5.
- 井上裕光, 2009. 官能評価データ解析法. 日本官能評価学会編, 官能評価士テキスト (初版). 建帛社, 東京, 151-190.
- 磯崎良寛, 家守昭光, 城内 仁, 1991. 市販牛乳の風味及び嗜好性. 福岡県農業総合試験場研究報告, C-11, 1-4.
- 岩附慧二, 溝田泰達, 住 正宏, 外山一吉, 富田 守, 1999a. 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.
- 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, 1999b. Aroma Extract Dilution Analysis による殺菌牛乳の香気評価. 日本食品科学工学会誌, 46, 587-597.
- 岩附慧二, 溝田泰達, 住正宏, 外山一吉, 富田 守, 2000a. 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.
- 岩附慧二, 今野隆道, 溝田泰達, 外山一吉, 住 正宏, 富田 守, 2000b. 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.
- 岩附慧二, 松井洋明, 溝田泰達, 外山一吉, 住 正宏, 富田 守, 2001. 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.
- 亀井俊郎, 1997. インジェクション方式とインヒュージョン方式. 高野光男, 土戸哲明編, 熱殺菌のテクノロジー (初版). サイエンスフォーラム, 東京, 159-175.
- 中江利孝, 1988. 牛乳・乳製品—生産, 加工, 衛生, 流通の科学— (第 10 版). 養賢堂, 東京, 54.
- 日本酪農乳業協会データベース, 2011. 生乳の需給動向関連情報 (牛乳の殺菌温度別処理量の推移). <http://j-milk.jp/expertise/db/8d863s000006eaul.html>. Accessed Oct. 8, 2011.
- 野口洋介, 1998. 牛乳・乳製品の知識 (初版). 幸書房, 東京, 30-52.
- 農林水産省, 2011. 食料需給表 (平成 21 年度). 牛乳および乳製品. <http://www.maff.go.jp/j/zyukyu/fbs/index.html>. Accessed Sep. 2, 2011.
- 笹野 貢, 1998. 生乳の品質管理 (第 3 版). デーリイマン社, 札幌, 75-84.
- 城端克行, 1996. 市乳と乳飲料. 上野川修一編, 乳の科学 (第 6 版). 朝倉書店, 東京, 148-154.
- 食糧庁, 1966. 米の食味試験要綱および米の食味試験実施要領. 41 食糧第 3332 号.
- 米田義樹, 1996. 牛乳・乳製品の味と香り. 上野川修一編, 乳の科学 (第 6 版). 朝倉書店, 東京, 77-87.
- (受付: 2011 年 10 月 25 日・受理: 2012 年 11 月 12 日・質問期限: 2013 年 3 月 31 日)