

— 報 文 —

原料乳の異なったヨーグルトの成分組成とミネラル含量の変化

田中 智子 達 牧子 森内 安子 森下 敏子 茶山 健二*

Ingredient composition of yogurt which differed in materials milk, and
change of a mineral content

Satoko TANAKA, Makiko TSUJI, Yasuko MORIUCHI,
Toshiko MORISHITA, Kenji CHAYAMA,

要 旨

市販ヨーグルトの乳酸菌を利用して、発酵温度40℃ 5%加糖ヨーグルトを調製するときの脱脂粉乳調製用の水の種類と原料乳の違いによる成分組成とミネラル含量について検討した。

その結果、調製水による違いは、酸度、糖度、pH、硬さおよび官能検査での違いは見られなかった。しかし、ミネラルはボルビックで調製した場合のカルシウムが高かった。

原料乳による違いでは、酸度の上昇は脱脂粉乳、低脂肪乳、普通牛乳の順であった。カードの硬さは脱脂粉乳、低脂肪乳、普通牛乳の順で低くなった。また、いずれのミネラルも脱脂粉乳が高く、低脂肪乳、普通牛乳の順であった。さらに官能検査の結果、普通牛乳でなめらかさ、口当たり、総合評価において有意水準5%で好まれた。

キーワード：ヨーグルト yogurt, 原料乳 materials milk, 酸度 acidity,
ミネラル mineral, 官能検査 sensory test

1. はじめに

ヨーグルトは、生乳を原料として乳酸菌を作用させて作る発酵乳の一種で、さわやかな酸味と心地よい口当たりをもち、生活習慣病の予防に効果が確かめられ¹⁾特定保健用食品の認可をうけたものが多く、近年機能性食品として注目を浴びている食品の一つである。使用される乳酸菌は *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricu* と、*Streptococcus salivarius* subsp. *Thermophilus* が主であって、この2種の菌が混合使用されることが多い。これらの他に *Lactobacillus helveticus*, *Lactococcus lactis* subsp. *Lactis* などの乳酸菌が使用されることもあ

* 甲南大学理工学部 機能分子化学科

る。乳酸菌の役割は、乳糖を発酵して乳酸を生成することにより、製品に新鮮な酸味を与え、アセトアルデヒドなどの独特の揮発性風味成分を生成し、製品に独特の芳香を与え、製品を酸性にすることにより有害菌の増殖を抑えることなどが挙げられる²⁾。栄養的には消化吸収にすぐれビタミンやミネラルなかでもカルシウムに富み、また整腸効果や免疫力を高めるなどの生理作用があると言われている。

ヨーグルトの製造には市販乳酸菌を利用して作る方法と^{3,4)}市販ヨーグルト中の乳酸菌から作る方法がある⁵⁾。ヨーグルトの食味は原料乳の成分の違い、乳酸菌の種類、発酵時間などによって異なることが知られている⁶⁾。著者らは市販ヨーグルト中の乳酸菌に着目し、原料として脱脂粉乳を用い製造する方法について比較検討した結果、脱脂粉乳濃度は15%が適当であることがわかった⁷⁾。そこで今回、スキムミルク濃度を15%とした時の調製水の違いと原料乳の違いによる成分組成とミネラル含量の変化について検討した。

2. 実験方法

2.1. 試料

ヨーグルトの原料乳はスキムミルク（以下脱脂粉乳）、普通牛乳、低脂肪乳はコープのもので(株)森永製を用いた。脱脂粉乳を調製する水は水道水、アルカリイオン水（キリン）、ボルビックの3種類とした。乳酸菌は明治乳業(株)のブルガリアヨーグルトを種菌（以下種菌）として使用した。この種菌は毎回ヨーグルト作成の当日に購入した。ヨーグルト中の乳酸菌は *L.bulgaricus* と *S.thermophilus* と表示されていた。

2.2. ヨーグルトの調製

ヨーグルトの調製は前報⁷⁾に準じ、40℃の孵卵器内に静置6時間まで発酵させ、成分組成の経時変化を見るために1時間毎に取り出し、冷蔵庫内で24時間冷蔵したものをヨーグルト試料とした。

2.3. 測定項目

1) 糖度・pHの測定

糖度とpHの測定は前報⁷⁾に準じた。

2) 硬さの測定

カードの硬さは、(株)山電製 RE3305S を用い最大荷重を測定した。条件はプランジャー3を使用し、試料台スピード 0.5mm/sec で 10mm 押した時の最大荷重を求めた。測定は製造したフードカップのまま試料とした。測定値の解析は破断強度解析ソフト(株)山電製 BAS-3305-LE を用いて行った。

3) 官能検査

調製水と原料乳の異なったヨーグルトについて、色調、酸味、甘味、なめらかさ、酸臭、硬さ、口当たり、総合評価の8項目について順位法による官能検査を行なった。パネルは食物栄養科2年生女子20人とした。

4) ミネラルの測定

ミネラル測定に使用する全てのガラス器具は水洗後、約4モル硝酸槽で12時間以上浸漬し、水で3回洗浄し、乾燥させずに直ちに使用した。試料のヨーグルトは発酵後5時間のものとした。

ヨーグルト2gを精秤し、硝酸と過塩素酸による湿式灰化を行い、0.1M硝酸溶液で25mlとしたものを試料溶液とした。さらにヨーグルトを用いず同様の灰化処理を行ったものを試料ブランク溶液とした。また、CaとMgの測定には内標準物質をLaとして1000ppm含む溶液とし、Kの場合には内標準物質をNaとして200ppmとなるように加え測定溶液とした。

各ミネラルの標準液は和光純薬(株)原子吸光用標準溶液(1000ppm)を、硝酸、過塩素酸は、和光純薬(株)精密分析用を用いた。測定に用いた原子吸光分光光度計、炎光分光光度計は日立製作所製ゼーマン偏光原子吸光光度計Z-5310型で行った。

3. 結果及び考察

3.1. 調製水の違いによるヨーグルトの成分変化について

脱脂粉乳を調製する水は3種類を用いた。発酵温度40℃、種菌(ブルガリアヨーグルト)濃度5%、脱脂粉乳濃度は前報⁷⁾で有意に好まれた15%とした。

酸度と糖度の経時変化を図1、図2に示した。ヨーグルトの酸度は、0.8%~1%が良いと

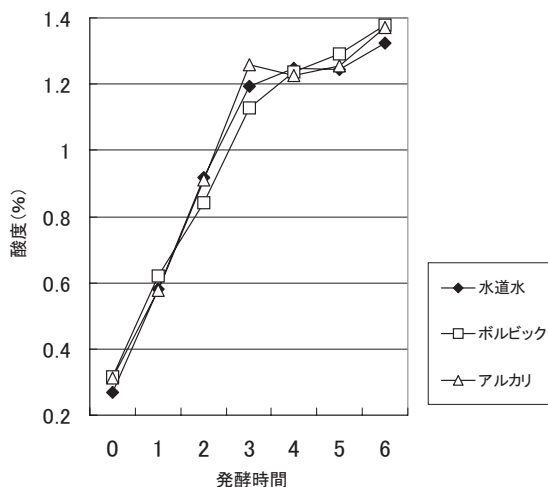


図1 調製水の違いによる酸度の変化

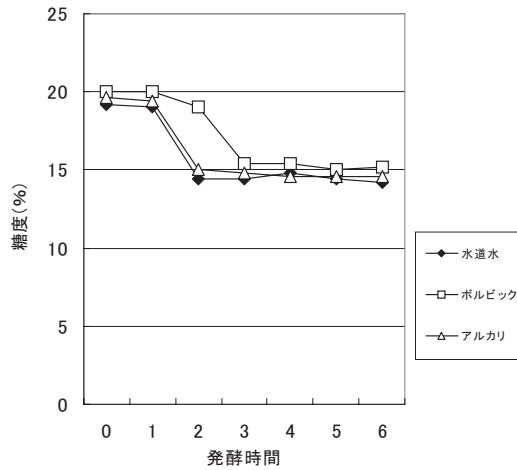


図2 調整水の違いによる糖度の変化

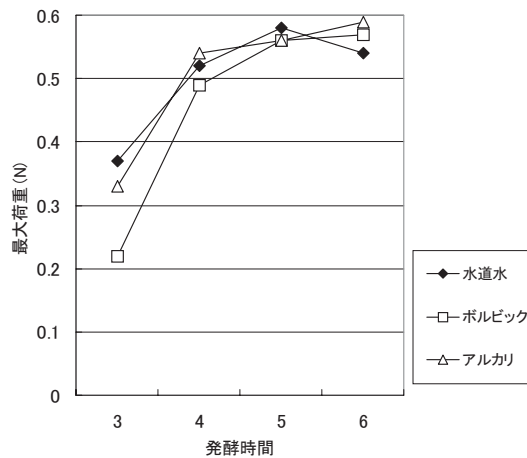


図3 調製水の違いによる硬さの変化

されているが、図1より発酵2時間で水道水0.91%、ボルビック0.84%、アルカリイオン水0.91%となり、いずれも最適酸度の範囲に入っていたがカードの形成は3時間で認められた。その時の酸度はそれぞれ、1.19%、1.13%、1.26%となり最適酸度をやや上回っていたが、いずれの発酵時間でも調製水による酸度の違いは認められなかった。糖度は、ボルビックで調製したヨーグルトがいずれの発酵時間でもやや高かったが、水道水とアルカリイオン水の糖度の違いはなかった。pHの変化でも、いずれも発酵前pH6.2~6.3が発酵3時間後にpH4.3~4.4となり、6時間後も調製水による違いは見られなかった。

最大荷重で求めた硬さの変化を図3に示した。発酵3時間のボルビックで調製したヨーグルトの最大荷重が0.2Nで他の0.3Nに比べ少し低かったが、4時間以降違いはほとんどみられな

表1 調製水の異なったヨーグルトのミネラル含量 (mg/100g)

	(n=6)			
	Zn	Fe	Cu	Mn
水道水	0.61±0.17	0.25±0.15	0.15±0.11	N.D.
アルカリイオン水	0.95±0.01	0.25±0.04	0.21±0.1	N.D.
ボルビック	0.97±0.36	0.23±0.13	0.2±0.03	N.D.

	Na	K	Ca	Mg
	水道水	71.7±35	265±23	123±13
アルカリイオン水	84.7±35.4	255±13	149±37	16.5±0.52
ボルビック	65.7±37.3	261±6	265±23	17.7±0.37

かった。

3.2. 調製水の違いによるヨーグルトのミネラル含量と官能検査

調製水の違いによるヨーグルトのミネラル含量を表1に示した。ミネラルは官能検査に用いた発酵5時間のもを測定した。ミネラル含量はZnとCuは水道水で調製したヨーグルトが少なく、FeとKおよびMgの差は認められなかった。また、Mnはいずれも検出されなかった。しかし、Caは硬度の高いボルビックを用いたときが他のヨーグルトに比べ約2倍と高かった。官能検査は発酵5時間のものについて順位法により行った。検定はクレーマーの簡易検定表による統計処理の結果、総合評価はいずれも調製水による違いは認められなかった。ヨーグルトを調製する水は、Caの摂取を目的とするならばボルビックを用いるのが良いと思うが官能検査に差がなかったため、次に水道水を用いた原料乳の違いについて検討した。

3.3. 原料乳の異なるヨーグルトの成分変化について

種菌濃度は5%で一定とし、脱脂粉乳の調製には水道水を用いた。低脂肪乳、普通牛乳の3種類を原料乳としてヨーグルトを調製した時の酸度、糖度の経時変化を図4と5に示した。

酸度は、脱脂粉乳、低脂肪乳、普通牛乳それぞれ3時間後に1.19%、1.01%、0.89%と最適酸度となり、その後時間の経過とともに上昇した。酸度の上昇は脱脂粉乳、低脂肪、普通牛乳の順で5時間では1.24%、1.09%、0.93%となり脱脂粉乳が普通牛乳より酸度が上昇するという熊崎らの報告⁸⁾と一致した。

糖度は、発酵前19.6%、16.8%、17%が発酵5時間後には、それぞれ14.8%、12%、11.2%になり、いずれも発酵1時間から2時間にかけ著しい糖度の低下が見られ2時間以降は平衡状態を示した。脱脂粉乳の糖度は特に高く、低脂肪、普通牛乳の順であった。脱脂粉乳で酸度が上昇する理由として、乳糖の多いことやタンパク質量の多いことを熊崎らは報告⁷⁾しており、今回も炭水化物（乳糖）やタンパク質量に比例して酸度は上昇していた。pHはそれぞれ発酵前に6.3、6.2、6.3であったものが5時間後は4.3、4.1、4.0と低下し、原料乳による違いは見られなかった。

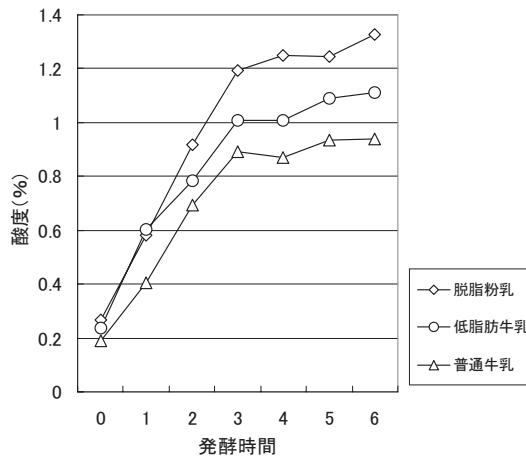


図4 原料乳の違いによる酸度の変化

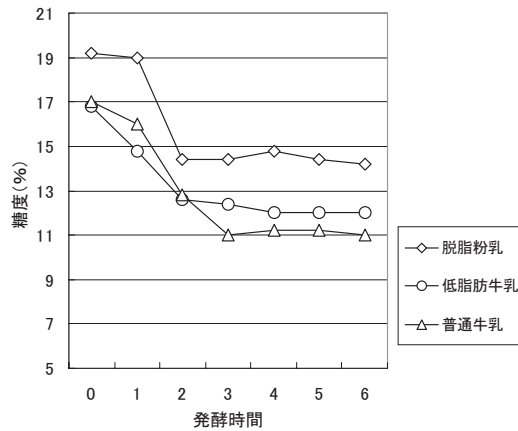


図5 原料乳の違いによる糖度の変化

硬さの結果を図6に示した。最大荷重は発酵後3時間後で脱脂粉乳0.37N，低脂肪乳0.16N，普通牛乳0.13Nとなり，発酵5時間後それぞれ0.58N，0.22N，0.19Nであった。脱脂粉乳で顕著な硬さの上昇が見られた。タンパク質量が多いほうがカードは硬くなると言われているが⁷⁾，今回の結果もタンパク質の含有の違いによるものと推定される。発酵3時間でカードが形成され始め5時間まで最大荷重は増えていったが，6時間でいずれのヨーグルトもわずかに低下傾向が見られた。

酸度と糖度および硬さについては原料乳の違いにより明らかな違いが見られ，乳糖が多い順に酸度と糖度は低くなり，タンパク質が多いほどカードの最大荷重は高くなった。

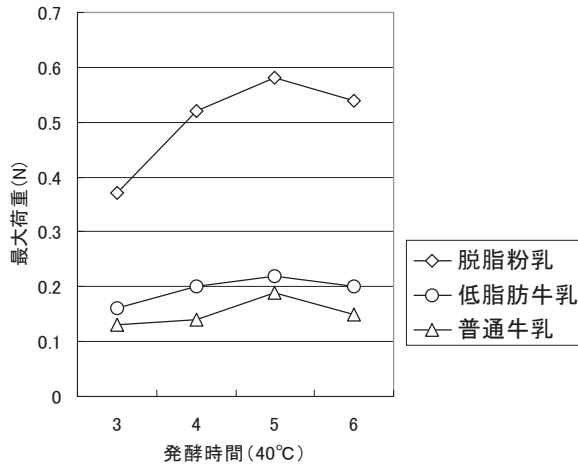


図6 原料乳の違いによる硬さの変化

3.4. 原料乳の違いによるヨーグルトのミネラル含量と官能検査

原料乳の違いによるミネラル量については表2に示した。脱脂粉乳は前回好まれたスキムミルク15%とし調製水は水道水で行った。いずれのミネラル含量も脱脂粉乳が高かったが、なかでもCaで高く、低脂肪乳、普通牛乳の順であった。原料乳によりミネラル含量は違いが見られ脂肪含量の少ないほうがミネラルは高かった。

官能検査は発酵5時間のものについて、原料乳の異なる各試料について順位法による官能検

表2 原料乳の異なるヨーグルトのミネラル含量 (mg/100g)
(n=6)

	Zn	Fe	Cu	Mn
普通牛乳	0.60±0.24	0.21±0.02	0.01±0.01	N.D.
低脂肪乳	0.50±0.09	0.38±0.03	0.03±0.05	N.D.
脱脂乳	0.61±0.17	0.25±0.15	0.15±0.11	N.D.
	Na	K	Ca	Mg
普通牛乳	54.9±8.2	159±1	70.2±11.3	9.76±0.09
低脂肪乳	57.8±8.49	183±1	86.4±5.3	12.0±0.30
脱脂乳	71.7±35	265±23	123±13	17.6±1.06

表3 原料乳の異なるヨーグルトの嗜好結果

	順位法 (n=20)		
	脱脂粉乳	低脂肪牛乳	普通牛乳
色調	33	39	36
酸味	39	33	36
甘味	48	35	25*
なめらかさ	48	34	26*
酸臭	44	32	32
硬さ	41	30*	36
口当たり	52*	32	24*
総合評価	50*	33	25*

* p<0.05

査結果を表3に示した。原料乳の違いにより食味が異なることが知られているが、クレーマーの簡易検定表による統計処理の結果、普通牛乳が有意水準5%で甘味、なめらかさ、口当たり、総合評価が好まれ、口当たり、総合評価では脱脂粉乳で調製したものが有意に好まれなかった。乳脂肪は普通牛乳3.6%、低脂肪乳1.5%、脱脂粉乳0.5%以下であったことから好まれた要因は乳脂肪含量によるなめらかさと口当たりによるものと推察される。

4. まとめ

市販ヨーグルトの乳酸菌を利用して、発酵温度40℃で5%加糖ヨーグルトを製造する際、原料乳の違いによる成分組成とミネラル含量の変化について検討し、次のような結果を得た。

- (1) 脂粉乳を用い調製水による違いを検討したところ、酸度と糖度、pH、硬さでの違いは見られなかった。ミネラルでは硬度の高いボルビックで調製したCaが高かったが官能検査による差は認められなかった。
- (2) 原料乳による違いでは、酸度の上昇は脱脂粉乳、低脂肪乳、普通牛乳の順であった。糖度は脱脂粉乳、低脂肪乳、普通牛乳の順で低くなり、カードの硬さはタンパク質量に比例して高かった。
- (3) 原料乳の違いでは、いずれのミネラルも脱脂粉乳が高く、低脂肪乳、普通牛乳の順であった。
- (4) 原料乳による違いでは官能検査の結果、普通牛乳の甘み、なめらかさ、口当たり、総合評価において有意水準5%で好まれ、この要因は乳脂肪によるものと考えられる。

引用文献

- 1) 細野明義：生活習慣病の予防に効果的な乳酸菌の働き，食の科学 p20-28(2002)
- 2) 鷹尾 亨編：牛乳乳製品の実際の知識，p.110-114 東洋経済新報社（1999）
- 3) ベターホーム出版：ベターホームの手作り食品，p.151 ベターホーム出版局（1986）
- 4) 家科教育研究：手づくり食品入門，p.48-49 大月書店（1991）
- 5) 吉田企世子編：食品加工実習実験書，p.87 医歯薬出版（1994）
- 6) 山内邦男，横山健吉：ミルク総合事典，236-242，朝倉書店（1992）
- 7) 田中智子，達 牧子：脱脂粉乳使用によるヨーグルト製造の検討，神戸女子短期大学論攷46，53-60（2000）
- 8) 熊崎稔子，成田公子：2種の牛乳から調製したヨーグルトの性状と食味，日本調理科学会誌，30，2，142-145（1997）