

山羊乳の成分と風味に及ぼす給与飼料の影響

中西良孝*・徳留ひとみ**・萬田正治*・河原 聡***・山内 清***

(家畜管理学研究室)

2000年10月1日 受理

Effects of the Ration on Composition and Flavour of Goats' Milk

Yoshitaka NAKANISHI*, Hitomi TOKUDOME**, Masaharu MANDA*,
Satoshi KAWAHARA*** and Kiyoshi YAMAUCHI**

緒 言

わが国における山羊は第二次世界大戦後、政府により自給食糧資源(乳用家畜)として奨励されたため、1950年代には飼育頭数が約67万頭に達したものの、1961年に制定された農業基本法により農業生産構造は大きく変容し、その後、商品生産を目的とした牛、豚、鶏がわが国畜産の主流となり、自給的性格が強かった山羊は激減し、1997年現在ではわずか28,500頭となっている¹⁾。

しかしながら、最近、山羊が小格かつ温順で取り扱い易く、飼料を畦草や作物残渣で代替出来、少量の飼料資源で飼育可能なことや健康食品としての山羊乳への関心の高まりから、山羊が再評価されつつある⁶⁾。山羊乳を飲用した場合の健康上の利点としては、牛乳と比べて脂肪球が小さく、胃内で形成されるカードが柔らかく、消化吸収され易いことから、牛乳アレルギー症患者の約75%が山羊乳では消化不良を示さないことが挙げられる⁸⁾。

一方、山羊乳は周辺の匂いを吸収する性質が強く、山羊の体臭、舎内の糞尿臭あるいは飼料の匂いが山羊乳に吸着され易い⁵⁾ため、世代によっては山羊乳の風味の受け止め方が異なり、最近の若年層には敬遠されがちである。このように、山羊乳には前述した健康上の利点があるものの、今後、飲用乳の消費拡大を図るためには風味の問題は看過出来ないものと思われる。

山羊乳の風味に対しては、直接的には乳成分組成が関与しており、間接的には品種、飼育環境、飼料などが影響を及ぼすものと考えられているものの、風味の変動要因については十分に解明されていない¹²⁾。Bakkeら¹⁾、Skjevdal¹²⁾、Mowlem⁸⁾および Jaubertら³⁾は山羊乳

* 家畜管理学研究室

** 現：マルイ農業協同組合

*** 宮崎大学農学部応用生物科学科食品機能化学講座

の風味に關与する要因として遊離脂肪酸，低級脂肪酸，体細胞数あるいは乳期などを挙げている。また，山羊乳は牛乳と比べて短鎖および中鎖脂肪酸（とくに，カプリン酸）の多いことが特徴である⁷⁾ことから，風味の変動に対してはこれら脂肪酸の關与が示唆される。一方，反芻動物では，飼料の不飽和（長鎖）脂肪酸は第1胃内微生物によって水素添加されるためその含量は低く，乳中脂肪酸組成に及ぼす飼料の影響は小さいとされている⁴⁾。このように，山羊乳成分の中では脂肪分，とくに脂肪酸が風味に影響を及ぼすと考えられるが，給与飼料との關連については一致した見解が得られておらず，給与飼料の内容を変えることによって成分や風味がどのように変化するかあるいは風味の制御が可能かどうかを追究する必要がある。

本研究は山羊乳の消費拡大を図るための基礎的知見を得ることを目的として，山羊に2種類の異なる飼料を給与した場合の乳中の一般成分と脂肪酸への影響を検討するとともに，官能検査により給与飼料と風味との關係を追究したものである。

材料と方法

1. 供試動物

供試山羊は日本サーネン種成雌1頭（2産，体重38kg）とアメリカン・アルパイン種成雌1頭（初産，体重38kg）の計2頭であり，いずれも泌乳ピークに達した後の個体であった。供試山羊を鹿児島大学農学部附属農場動物飼育棟内の代謝ケージで個別飼育した。

2. 供試飼料

供試山羊には市販のルーサンハイキューブ単味あるいは稲ワラと肉用牛繁殖用配合飼料を重量比で1：1に混合したものを給与した。ルーサンハイキューブおよび稲ワラの化学成分を常法により分析し，肉用牛繁殖用配合飼料の化学成分については包装紙に添付された成分表示票を引用した。飼料の給与量については，NRC飼養標準¹⁰⁾に基づき，体重に対する維持および産乳に要する養分量を満たすように設定した。

3. 試験設計

泌乳試験については，山羊の乳成分や風味に及ぼす給与飼料の効果を検討する目的で，2種類の飼料（ルーサンハイキューブおよび稲ワラ+配合飼料）につき，2頭の山羊を交互に割り当て，予備飼育期間1週間，本試験期間1週間を1期とする1998年8月1～14日および同年8月17～30日の2期間反転飼養試験を行った。同様の試験を同年11月1～14日および11月16～30日に反復した。

4. 調査方法

反転試験の各期の最終日に山羊乳の試料を採取し，よく攪拌した後，一部を50mlポリ容器に入れて-20℃の冷凍庫で凍結保存した。山羊乳の水分含量については磁製ルツボに試料を入れ，99±1℃で5時間乾燥させて恒量を測定する直接法，灰分含量についてはこれをさ

らに電気炉に入れて550℃で6時間熱し、恒量を測定する電気炉法、脂肪、蛋白質、乳糖、全固形分および無脂固形分含量についてはミルコスキャンを用いて測定した⁹⁾。さらに、乳脂肪中の飽和脂肪酸(C₄~C₁₈)および不飽和脂肪酸(C₁₈₌₁~C₁₈₌₃)の各組成をガスクロマトグラフィー法により分析した²⁾。

山羊乳の官能評価については、各個体から搾った乳汁を二重ガーゼで濾した後、沸騰しないように加熱殺菌し、常温にまで冷ましたものを用いて行った。山羊乳の匂い、濃さおよび総合評価の3項目について、9段階の評点法による調査を行った。パネラーは年代別の4世代(20才以下, 20~30才, 30~40才および50~60才)につき、男女各3名の計24名とした。

5. 統計解析

得られたデータのうち、一般乳成分含量および脂肪酸モル組成についてはt検定、官能検査の評点についてはWilcoxonの符号化順位検定により飼料間差を検定した。

結果と考察

1. 供試飼料の化学成分

供試飼料の乾物当たりの粗蛋白質、粗脂肪、粗繊維、粗灰分および可溶無窒素物含量を第1表に示した。稲ワラと配合飼料をこみにした場合、ルーサンハイキューブと比べ、粗蛋白質含量は低かったが、可溶無窒素物含量は高かった。また、粗繊維含量については、ルーサンハイキューブよりも稲ワラ+配合飼料で若干低かった。

第1表. 供試飼料の化学成分

飼料	粗蛋白質	粗脂肪	粗繊維	粗灰分	可溶無窒素物
	-DM%-				
ルーサンハイキューブ	15.3	2.3	23.7	13.4	45.3
稲ワラ	4.0	1.3	31.7	16.7	46.3
配合飼料*	16.3	2.9	11.3	11.3	58.2
稲ワラ+配合飼料	10.1	2.1	21.5	14.0	52.3

*市販の肉用牛繁殖用配合飼料包装紙に添付された成分表示票より作成。

2. 山羊乳の一般成分および脂肪酸モル組成

山羊にルーサンハイキューブあるいは稲ワラ+配合飼料を給与した場合の一般乳成分を第2表に示した。乳脂肪分と乳糖については、稲ワラ+配合飼料と比べ、ルーサンハイキューブで若干高い値を示した。これに対して、蛋白質と無脂固形分については、ルーサンハイキューブと比べ、稲ワラ+配合飼料で若干高い値を示した。しかし、いずれの成分も両飼料間で有意差は認められなかった。

山羊乳の脂肪酸モル組成は第3表に示すとおりである。飽和脂肪酸の場合、低級脂肪酸である酪酸、カプロン酸およびカプリル酸は両飼料間で有意差は認められなかった。中鎖脂肪

酸であるカプリン酸およびラウリン酸は稲ワラ+配合飼料と比べ、ルーサンハイキューブで有意に高い値を示した。長鎖脂肪酸のパルミチン酸は稲ワラ+配合飼料と比べてルーサンハイキューブで有意に高く、ステアリン酸については、稲ワラ+配合飼料で有意に高かった。不飽和脂肪酸の場合、オレイン酸およびリノール酸はルーサンハイキューブと比べて稲ワラ+配合飼料で有意に高かったが、リノレン酸はルーサンハイキューブで有意に高い値を示した。このように、飽和脂肪酸および不飽和脂肪酸の一部で両飼料間に差が見られた。菅野⁴⁾は反芻動物の乳中脂肪酸組成に及ぼす飼料の影響は小さいとしているが、本研究の結果からは山羊乳の脂肪酸の一部は給与飼料の影響を受けることが示唆された。

第2表. 山羊乳の一般成分に及ぼす給与飼料の影響

項 目	飼 料	
	ルーサンハイキューブ	稲ワラ+配合飼料
	- % -	
水 分	87.6	87.0
乳脂肪分	3.2	2.5
蛋白質	3.5	4.2
乳 糖	4.0	2.6
無機質	0.8	1.0
全固形分	12.4	13.0
無脂固形分	9.2	10.5

第3表. 山羊乳の脂肪酸モル組成に及ぼす給与飼料の影響

脂 肪 酸 名	炭素数	飼 料	
		ルーサンハイキューブ	稲ワラ+配合飼料
		- % -	
酪 酸	C ₄	18.2	17.4
カプロン酸	C ₆	5.5	4.5
カプリル酸	C ₈	3.7	3.0
カプリン酸	C ₁₀	10.6 ^a	7.8 ^b
ラウリン酸	C ₁₂	3.7 ^a	2.5 ^b
ミリスチン酸	C ₁₄	8.8	8.7
パルミチン酸	C ₁₆	31.4 ^a	22.2 ^b
ステアリン酸	C ₁₈	3.4 ^a	7.9 ^b
オレイン酸	C ₁₈₌₁	12.2 ^a	23.5 ^b
リノール酸	C ₁₈₌₂	1.4 ^a	2.3 ^b
リノレン酸	C ₁₈₌₃	1.1 ^a	0.2 ^b

同一行内の異肩文字間で有意差 (^{a,b}P<0.05)

3. 山羊乳の官能評価

パネラーによる山羊乳の官能検査の結果を第4表に示した。匂いについては、稲ワラ+配合飼料よりもルーサンハイキューブで評点が有意に高かったものの、総合評価については稲ワラ+配合飼料で有意に高くなった。したがって、総合評価には匂いはさほど影響しないものと思われた。パネラーの感想として、ルーサンハイキューブを給与した山羊乳では匂いが少ないものの、わずかな塩気があるため、飲み難く、稲ワラ+配合飼料を給与した山羊乳では甘くてクリーミーである等が多かった。また、この官能検査について男女間や世代間に大きな差は認められなかった。

第4表. 山羊乳の官能評価に及ぼす給与飼料の影響

飼 料	項 目		
	匂 い	味の濃さ	総合評価
	— 評点* —		
ルーサンハイキューブ	6.8 ^a	5.8	4.0 ^c
稲ワラ+配合飼料	4.5 ^b	5.5	5.5 ^d

*匂い (1 : 不快, 5 : 普通, 9 : 無臭)

味の濃さ (1 : 希薄, 5 : 普通, 9 : 濃厚)

総合評価 (1 : 不味い, 5 : 普通, 9 : 美味しい)

同一列内の異肩文字間で有意差 (^{a,b}P<0.01, ^{c,d}P<0.05)

以上の結果より、稲ワラ+配合飼料を給与した場合よりもルーサンハイキューブを給与した山羊乳において揮発性脂肪酸であるカプリン酸の割合が高かったものの、匂いは少ないということが明らかとなった。Mowlem⁷⁾によれば、山羊乳の特徴的な匂いは搾乳直後の脂肪分解の結果生じるカプロン酸やカプリル酸などの低級脂肪酸に由来するとされている。また、Bakkeら¹⁾、Skjevdal¹²⁾ および Jaubertら³⁾ は山羊乳中の遊離脂肪酸が風味に関与すると指摘している。ルーサンハイキューブを給与した山羊乳の揮発性脂肪酸は脂肪のトリグリセリドやリン脂質とエステル結合しており、カプリン酸の分析値は高かったものの、遊離脂肪酸が少なかったため、匂いが少なかったものと推察された。本研究では、乳中の遊離脂肪酸含量を測定しなかったため、風味に対する遊離脂肪酸の関与の程度を明らかにすることが出来なかった。したがって、今後、供試頭数を増やしてカプロン酸、カプリル酸、カプリン酸などの揮発性脂肪酸、遊離脂肪酸あるいは両者のいずれが風味に対してより大きく影響を及ぼすかを検討する必要があるものと思われた。

謝 辞

本研究を遂行するに当たり、有益なご助言をいただいた鹿児島大学農学部生物資源化学科食品機能化学講座の青木孝良教授に深謝する。

摘 要

本研究は最近、健康面から再評価されつつある山羊乳に着目し、今後、より一層の山羊乳の消費拡大を図ることを目的として、ルーサンハイキューブあるいは稲ワラ+配合飼料を山羊に給与した場合の乳成分と風味を比較検討したものである。

ルーサンハイキューブと比べて稲ワラ+配合飼料の粗蛋白質含量は低かったが、可溶無窒素物含量は高かった。乳脂肪分と乳糖については、稲ワラ+配合飼料と比べ、ルーサンハイキューブで若干高い値を示した。これに対して、蛋白質と無脂固形分については、ルーサンハイキューブと比べ、稲ワラ+配合飼料で若干高い値を示した。しかし、いずれの成分も両飼料間で有意差は認められなかった。酪酸、カプロン酸およびカプリル酸は両飼料間で有意差は認められなかったが、カプリン酸およびラウリン酸は稲ワラ+配合飼料と比べ、ルーサンハイキューブで有意に高い値を示した。また、パルミチン酸は稲ワラ+配合飼料と比べてルーサンハイキューブで有意に高く、ステアリン酸については、稲ワラ+配合飼料で有意に高かった。オレイン酸およびリノール酸はルーサンハイキューブと比べて稲ワラ+配合飼料で有意に高かったが、リノレン酸はルーサンハイキューブで有意に高い値を示した。匂いについては、稲ワラ+配合飼料よりもルーサンハイキューブで少なかったものの、総合評価については稲ワラ+配合飼料の方が高かった。

以上から、ルーサンハイキューブを給与した山羊乳については、稲ワラ+配合飼料を給与したものと比べてカプリン酸の割合が高かったものの、匂いは少ないことが示された。

文 献

- 1) Bakke, H., Steine, T. and A. Eggum. 1977. Flavour score and content of free fatty acids in goat milk. *Acta Agric. Scand.*, 27: 245-249.
- 2) 藤川琢馬・浜島守男・安田耕作. 1971. 短鎖脂肪酸を含むグリセリドのガスクロマトグラフィーによる脂肪酸組成分析法. *油化学*, 20: 138-143.
- 3) Jaubert, G., Bodin, J.P. and A. Jaubert. 1996. Flavour of goat farm bulk milk. *Proc. VI Internatinal Conference on Goats, Beijing, China*, 1: 66-69.
- 4) 菅野長右エ門. 1992. 「ミルク総合辞典」. 山内邦男・横山健吉編. 朝倉書店. 東京. 41-46.
- 5) 萬田正治. 2000. 「新特産シリーズ ヤギ 取り入れ方と飼い方・乳肉毛皮の利用と除草の効果」. 農山漁村文化協会. 東京. 118-119.
- 6) 萬田正治. 1999. 山羊を見直すー全国山羊サミット(1)ー全国山羊サミットの概要. *畜産の研究*, 53: 31-36.
- 7) 増田哲也. 1992. 「ミルク総合辞典」. 山内邦男・横山健吉編. 朝倉書店. 東京. 67-68.

- 8) Mowlem, A. 1987. 「動物大百科第10巻 家畜」. Broom, D.M. 編. 正田陽一監修. 澤崎 徹他共訳. 平凡社. 東京. 78-87.
- 9) 中野 覚. 1992. 「ミルク総合辞典」. 山内邦男・横山健吉編. 朝倉書店. 東京. 467-472.
- 10) National Research Council. 1981. "Nutrient Requirement of Goats". National Academy Press. Washington, D.C. 10-20.
- 11) 農林水産省統計情報部. 1999. 「畜産統計」. 農林統計協会. 東京. 243.
- 12) Skjevdal, T. 1979. Flavour of goat's milk: a review of studies on the sources of its variations. *Livest. Prod. Sci.*, 6: 397-405.

Summary

Recently a great attention has been paid to goat milk as one of healthy foods, i.e. prevention against cow milk allergy. The present study was carried out to compare milk composition and flavour of goats fed lucerne hay cube (LHC) or rice straw plus concentrates (RS+C) in expectation of future larger consumption of market milk. Two goats, Japanese Saanen and American-Alpine breeds, were used for switch-back trials.

The LHC ration contained less crude protein and more nitrogen-free extract comparing RS+C. Milk fat and lactose contents of goats fed LHC were slightly higher than those fed RS+C, whereas milk protein and SNF contents were slightly lower. However, the differences were not statistically significant. Although butyric, caproic and caprylic acids in goat milk did not differ between LHC and RS+C, capric and lauric acids in goat milk from LHC were significantly more than those from RS+C. Goat milk from LHC had significantly more palmitic acid and less stearic acid than RS+C. The content of oleic and linoleic acids in goat milk from RS+C was significantly higher compared with LHC, but linolenic acid was significantly more abundant in goat milk from LHC. The sensory test revealed that the flavour of goat milk was weaker in LHC than RS+C but total score was higher in RS+C.

In conclusion, it was shown that feeding LHC had less influence on flavour of goat milk than RS+C despite its higher content of capric acid.