

## 山羊の乳脂の脂肪酸組成に及ぼす尿素—糖蜜飼料の影響

宮 辺 豊 紀, 今 出 保

## EFFECT OF UREA-MOLASSES FEED ON THE COMPOSITION OF FATTY ACIDS IN GOAT'S MILK FAT

Toyoki MIYABE and Tamotzu IMADE

This investigation was to study the effect of urea-molasses feed (UMF) on the gross milk composition, milk fat constants, and the fatty acid components of milk fat.

Nine Saanen goats were used in this experiment.

(1) The total solids, fat, and protein contents of milk were fairly increased and in particular, the protein content being more pronounced when goats were fed UMF; the fundamental ration was concentrate, rice straw, and raw grass. The protein was higher in whey protein than in casein percentages. Feeding raw grass to goats increased the contents of the total solids and fat in milk, the protein content being consistent. Iodine value and saponification value were not affected markedly by UMF intake but the former was increased, whereas the latter was reduced by raw grass intake.

(2) In the case of the intake of UMF, the presence of raw grass in ration caused a great difference in composition of fatty acids in milk fat. The C 18:0 acid remarkably was reduced by the intake of UMF, regardless of the presence of raw grass. The C 8:0 and C 16:0 acids also increased and both of the C 18:1 and C 18:2 acids decreased. On the other hand, the major effect of non-raw grass was to occur a marked increase of C 12:0 acid. When goats were not fed the UMF, a marked depression of C 4:0 ~ C 12:0 acids occurred, even in the presence of raw grass, showing the reduced percentages with the low carbon numbers. The C 18:0 acid remarkably increased and the C 18:1 was consistent.

本研究は、尿素—糖蜜飼料 (Urea-molasses feed, UMF) が乳組成分、脂肪恒数および乳脂の脂肪酸組成に及ぼす影響について調べたものである。

ザーネン種山羊9頭を使用した。

(1) 山羊に UMF を給与 (基礎飼料は濃厚飼料、稲藁および生草) すると、乳の全固形分、乳脂および蛋白質含量を増加し、特に蛋白質含量の増加が顕著であった。蛋白質のうち、カゼインよりもホエー蛋白質の百分率を増加した。これに生草を与えないと、蛋白質含量の変化はなかったが、全固形分含量および乳脂含量が減少した。また、UMF の給与による沃素価とけん化価への影響は余りなかったが、生草を与えると、沃素価は高くなり、けん化価はやや低くなった。

(2) UMF を給与 (基礎飼料は濃厚飼料、稲藁および生草) する場合、生草の有無は乳脂の脂肪酸組成に大きな相異を生じた。C<sub>18</sub> 酸は生草の有無に拘わらず著しく減少したが、生草を給与すると、C<sub>4</sub> 酸および C<sub>6</sub> 酸を著しく増加し、C<sub>8</sub> ~ C<sub>16</sub> 酸も増加した。また、C<sub>18</sub> および C<sub>18</sub> 酸は共に減少した。一方、生草を与えないと、C<sub>12</sub> 酸が著しく増加した。UMF を給与しない場合は、生草を与えても、C<sub>4</sub> ~ C<sub>12</sub> 酸が著しく減少し、低級飽和酸の炭素数が減るにつれて、漸次、減少した。C<sub>18</sub> 酸は著しく増加し、C<sub>18</sub> 酸の変化は認められなかった。

緒 言

乳脂の脂肪酸組成は飼料に加えられた油脂の影響をうけ易いという報告は多い。例えば肝油を給与すると、オレイン酸 (C<sub>18</sub>) を増加, 低級脂肪酸の量が減少する。綿実油の給与は, C<sub>8</sub> ~ C<sub>14</sub> 酸を減少させ, ステアリン酸を増加させる<sup>(1)</sup>。またやし油ややし油粕を与えるとラウリン酸 (C<sub>12</sub>) が増加する<sup>(2)</sup>。緑草を給与すると C<sub>16</sub> 酸が増加し<sup>(3)</sup>, 春期牧場へだすと, 不飽和酸が増加し, 酪酸 (C<sub>4</sub>) やステアリン酸 (C<sub>18</sub>) が減少する<sup>(4)</sup> という報告がある。その他, 泌乳期<sup>(5)</sup>, 夏季<sup>(6)</sup> の影響や糖の多いてん菜<sup>(3)</sup> の影響などの報告もある。しかし尿素や糖蜜飼料については, 家畜の飼料価値の報告はあるが, 乳脂の脂肪酸組成に及ぼす影響の報告はみられない。

著者らは, 山羊を用い尿素-糖蜜飼料の乳組成分および乳脂の脂肪酸組成に及ぼす影響について実験を行ったので報告する。

実 験 方 法

I 試験区および飼料の配合

試験区は3区に分け, 試験山羊はザーネン種9頭を用いた。Table. 1 は, 試験区と1日当りの飼料の給与量を示す。試験山羊は3月15日から4月15日の期間に分娩したものを使用した。産次(回)は, 試験区Iが2, 3, 5, 試験区IIは2, 3, 2, 試験区IIIは4, 2, 3であった。採乳は第1回が6月17日, 第2回が7月21日(34日後), 第3回が8月26日(70日後)であった。Table. 2 は尿素-糖蜜飼料(Urea-molasses feed, 以下UMFと略す)の成分を示す<sup>(7)</sup>。この液体飼料はモレア(Morea)と称し, アメリカ合衆国のP. Anderson氏により創製されたものである。岩田ら<sup>(8)</sup>によると, 乳牛に対して1日当り, 500gが制限給与の適量であるとされている。配合濃厚飼料の組成分は, 粗蛋白質13.0%, 粗脂肪1.5%, 粗繊維10.0%, 粗灰分10.0%である。綿羊の場合, 1日の濃厚飼料の給与量は225-540gの範囲である<sup>(9)</sup>が, 泌乳中であるので, 850gを給与した。試験区I(無草, 糖蜜区)では生草を

Table 1. Feed and the divisions of examination (per a day)

Divisions	Feeds	Goat No.	UMF (g)	Assorted feed (kg)	Rice straw (kg)	Grass (kg)	Mineral salts (Koen)
I.	Non-grass plus UMF	1, 2, 3	160	0.85	1.5	—	Free intake
II.	Grass plus UMF	4, 5, 6	80	0.85	0.3	1.2	Free intake
III.	Grass plus non-UMF	7, 8, 9	—	0.85	—	Free intake	Free intake

Note: UMF(Urea-molasses feed)

Table 2. The constituent of urea-molasses feed

Moisture	35.05 %	Reducing sugar	21.03 %
Ethanol	3.89	Urea	7.91
Total sugar	43.95	Mineral	6.21
Total nitrogen	5.23	Phosphoric acid	0.82
Crude protein	32.69	Non-volatile acid	4.23
Protein with the exception of urea)	9.63	Volatile acid	0.43
Methionine	0.023		

This contains Fe, Al, Mn, Zn, Cu, Mo, I, Co, Ni, and B as mineral constituents.

After H. Iwata et al<sup>(7)</sup>

与えず, 試験区 II (有草, 糖蜜区) では, UMF を半量に, 稲藁を5分の1に減らし, 生草を与えた。試験区 III (有草・無糖蜜区) では, UMF と稲藁を与えず自由採草とした。

## II 乳組成成分の分析

(1) 固形分: アルミ秤量缶に精製珪砂 (塩酸と苛性ソーダで浸出し, 100°C 以上で充分乾燥したもの) 15g とガラス棒を入れて 99°±1°C の乾燥器で1時間乾燥し, 常法により恒量を求めた。(2) 脂肪: ゲルベル法によった。(3) 蛋白質・カゼイン: 蛋白質はケルダール法, カゼインは脱脂乳10 ml を100 ml フラスコに採り, 水80 ml を加え, 40°C の湯浴中に浸し, 10% 酢酸0.9 ml を混和し, 10分間保ったのち, 1 N 酢酸ソーダ1 ml を加え, pH 4.6 としてカゼインを凝固させ, 濾過して, 濾液中の非カゼイン態窒素を定量し, 全窒素より差引いた値をカゼイン態窒素とした。

## III 乳脂の精製

搾乳した夕乳と朝乳を混和し, 遠心脱脂したのち, クリーム分を一昼夜, 冷蔵庫に入れて固化させ, その30 g を300 ml 容共栓三角フラスコに採り, メタノール: 石油エーテル: エーテルの1:5:5の溶媒300 ml に加え, 充分攪拌して一昼夜, 暗所に静置した。これを濾過後, 濾液に少量の無水芒硝を加え, 30分間放置して脱水した。次に濾過して芒硝を除き, ロータリーエバポレータにかけて溶媒を除去した。蒸溜は湯浴の温度40-50°C, サッカーで減圧, 回転2.5 rpm, 所要時間30分でメタノールの臭気が消失した。精製した乳脂は褐色瓶に入れ, 窒素を充填して, 冷暗所で低温保存した。

## IV 乳脂の分析

(1) 沃素価: 試料0.5 g を精秤し, 四塩化炭素10 ml を加えて溶解したのち, 25 ml のウイス液を加えて溶解したのち, 10% ヨウ化カリ溶液を加え, 0.1 N チオ硫酸ソーダ溶液で滴定し, 溶液が淡黄色になったとき, デンブソ溶液数滴を加えて完全無色とする常法によった。(2) 鹼化価: 試料1.5~2 g を300 ml 容フラスコに精秤し, これに0.5 N 苛性カリアルコール溶液を25 ml 加え, 還流冷却器をつけて, 30分間加熱した。内容物が寒天状に固まらないうちに, 内壁を洗浄後, 冷却器をはずし, 次いでフェノールフタレイン溶液数滴を加え, 過剰の苛性カリアルコールを0.5 N 塩酸で滴定し, 1分間着色しない時点を終了点とした。(3) ライヘルト・マイスル価: 試料5 g を精秤して300 ml 容の蒸溜フラスコに入れ, 20 ml のグリセリンカセイソーダ溶液を加え, 鹼化液が透明になるまで加熱振盪した。次に内容物を80°C に冷却し, 約80°C の水130 ml を加え, 石鹼を溶解後, 希硫酸5 ml を加えて蒸溜装置で加熱した。流出液が110 ml となったのち, 15°C に受器を冷却して濾過した。濾液100 ml にフェノールフタレイン溶液数滴を加えて, 0.1 N 苛性カリアルコール溶液で滴定した。盲検値を差引いた。

## V ガスクロマトグラフィーによる乳脂の脂肪酸分析<sup>(10)</sup>

精製乳脂1 g に0.0025 N 苛性カリメタノール10 ml を加え, 丸底フラスコに逆流冷却器をつけ, 窒素ガスを通じながら, 80°C の湯浴上で1時間半, 還流加熱を行って, 脂肪酸メチルエステルを調製した。次にこのエステルに20 ml のエーテルを加えて, 50 ml 容の分液ロート中に流し込み, エステルを抽出した。さらに, 半飽和食塩水10 ml で1回, 飽和食塩水10 ml で2回洗浄した。洗浄後は下層液を棄て, 残ったエーテル層に少量の無水芒硝を加え, 30分間放置して脱水した。脱水後, 濾過して芒硝を濾別し, エーテル層を45°C 以下で蒸溜してエーテルを除去した。エーテルは多少残った方が低級エステルの損失を防ぐことができる。このエステルを褐色瓶に入れ, 窒素充填して低温で保存し, ガスクロマトグラフィーの試料に供し, 日立 K-53 型で分析した。ガスクロマトグラフィーの条件として, 空焼き時間を終了したジメチレンクリコールサクシナートカラム (担体: アナクロム ABS, 粒度: 80-90 ムッシュ, 含浸率: 18 Wt%) を設置し, カラムの長さ2 m, 恒温温度は140-220°C の昇温 (昇温率: 2°C/分), 試料室温度300°C, キャリヤーガスN<sub>2</sub>, ガス圧力0.8 kg/cm<sup>2</sup>, 感度10×10<sup>2</sup> mV, チャート紙駆使速度10 mm, 試料注入量1~2 μl の各条件に固定した。1回の条件で低級酸から高級酸の全脂肪酸メチルエステルを分離するため, 昇温方法を採用した。補償カラムは採用しなかったため, 昇温によるベースラインの上昇を別に求めて, それをベースラインとした。ピーク面で計算した。同じ条件下で脂肪酸メチルエステル混合標準物質 (重量百分率既知のもの) のピーク面積を測定し, 重量百分率により, 重量面積換算係数を求めた。その係数を各試料のピーク面積に乗じて, 各重

量面積に換算し、各試料の重量面積の和に対する個々の脂肪酸エステルの重量面積の割合を脂肪酸含有率とした。

実験結果

I 乳の組成分

Table. 3 および 4 に化学的組成分と乳脂の化学恒数の値を示す。試験山羊 9 頭 (延べ 27 試料) の試料乳すべて、68% アルコールテスト陽性を示した。試験区 I (無草・UMF区) では全固形分含量が僅かに減少し (2.8%), 試験区 II (有草・UMF区) では僅かに増加 (3.7%), 試験区 III (有草・無UMF区) では僅かに減少した (3.1%)。すなわち、UMF, 濃厚飼料, 稲藁のみでは全固形分含量は減少し、生草を与えて初めて増加することが認められた。濃厚飼料と生草のみでは全固形分含量は減少した。カッコ中の値は試験開始後、70日後の増減率を示した。脂肪含量は、試験区 I が 10.4% 減、試験区 II が 8.3% 増、試験区 III が 17.5% 減、蛋白質含量はそれぞれ 1.7% 増、13.8% 増、6.5% 増であった。すなわち、UMF, 濃厚飼料, 稲藁に生草を与えないと、蛋白質含量の変化は殆んどないが、脂肪含量は僅かに減少し、これに生草を与えると、UMF を半量に減らしても (Table.1 参照) 脂肪含量が増加し、蛋白質含量が著しく増加することが認められた。濃厚飼料と生草のみでは、脂肪含量の減少が目立ち、蛋白質含量はすこし増加する程度であった。すなわち、UMF の給与は乳の蛋白質含量の増加に寄与することが認められた。またカゼイン数 (蛋白質中のカゼインの百分率) は、3つのどの試験区でも 1.8—4.4% 減少した。なかでも試験区 II の生草、UMF, 濃厚飼料, 稲藁の各飼料が全部揃った区が最も減少した。つまり、UMF の給与によって蛋白質含量が増加するが、カゼインの割合は減少して、ホエー蛋白質を増加することが認められた。

Table 3. Effect of urea-molasses feed (UMF) on the gross composition of goat's milk

Days after giving feed	Goat No.	Total solids (%)			Fat (%)			Protein (%)			Casein (%)			Casein number (% Casein/Protein)		
		0	34	70	0	34	70	0	34	70	0	34	70	0	34	70
		I. Non-grass plus UMF	1.	11.91	11.60	11.01	3.10	3.15	2.75	2.38	3.41	3.48	1.75	2.80	2.75	73.5
	2.	10.43	8.50	9.06	2.50	1.55	2.31	3.52	2.39	2.45	2.95	1.79	1.84	83.8	74.9	75.1
	3.	7.92	9.32	9.36	2.50	2.00	2.20	2.52	2.49	2.64	1.90	1.73	1.84	75.4	69.5	69.7
II. Grass plus UMF	4.	12.93	13.41	12.72	3.86	4.60	3.50	3.35	3.43	4.06	2.68	2.56	3.03	80.0	74.6	74.5
	5.	12.80	12.13	13.42	4.20	3.53	4.70	3.24	3.22	3.29	2.53	2.47	2.48	78.1	76.7	75.1
	6.	13.27	13.32	14.29	3.85	4.61	4.70	3.73	3.69	4.39	3.06	3.05	3.50	82.0	82.7	79.7
III. Grass plus non-UMF	7.	11.41	12.13	10.60	3.20	3.29	2.50	2.74	3.30	3.05	2.13	2.59	2.33	77.7	78.5	76.4
	8.	13.60	10.10	9.30	3.20	2.40	2.05	2.63	2.42	2.64	1.98	1.74	1.90	75.3	71.9	71.9
	9.	11.12	11.06	11.49	3.00	2.62	3.20	3.16	3.62	3.38	2.55	2.75	2.64	80.7	76.0	78.1
I	Ave.	10.09	9.81	9.81	2.70	2.23	2.42	2.81	2.76	2.86	2.20	2.11	2.14	77.6	75.5	74.6
	%	100	97.2	97.2	100	82.6	89.6	100	98.3	101.7	100	95.8	97.4	100	97.3	96.1
II	Ave.	13.0	12.95	13.48	3.97	4.25	4.30	3.44	3.45	3.91	2.76	2.69	3.00	80.0	78.0	76.4
	%	100	99.6	103.7	100	107.8	108.3	100	100.3	113.8	100	97.5	108.7	100	97.5	95.6
III	Ave.	12.04	11.10	10.46	3.13	2.77	2.58	2.84	3.11	3.02	2.22	2.36	2.29	77.9	75.5	76.5
	%	100	92.2	86.9	100	88.5	82.5	100	109.5	106.5	100	106.3	103.2	100	96.9	98.2

II 乳脂の化学恒数

沃素価とは脂質 100 g に吸収される沃素の g 数を表わしたもので、脂肪の不飽和脂肪酸の大小を測定するものである。乳脂は他の動物脂肪と違って、不飽和酸が少ないのが特徴で、泌乳期が進むにつれて増加するものである。試験区 I (無草・UMF区) の沃素価はすこし低くなったが、試験区 II (有草・UMF区), 試験区 III (有草・無UMF区) では高くなった。すなわち、UMF の給与が沃素価に及ぼす影響はなかったが、生草を与えると、沃素価が高くなる

Table 4. Effect of urea-molasses feed (UMF) on the fat constants of goat's milk fat

Days after giving feed	Goat No.	Iodine value			Reichert-Meissl value			Saponification value		
		0	34	70	0	34	70	0	34	70
I Non-grass plus UMF	1.	31.9	33.8	29.4	16.6	16.3	11.8	210.7	205.5	213.5
	2.	30.4	26.7	26.0	20.8	17.3	4.7	219.7	202.4	204.4
	3.	22.7	31.6	22.9	17.3	15.8	14.2	225.6	195.6	196.4
II Grass plus UMF	4.	29.7	31.1	28.0	17.5	17.1	22.8	226.4	199.1	204.5
	5.	30.1	32.7	29.3	19.8	16.7	21.4	198.8	201.2	214.1
	6.	19.6	29.5	32.8	13.8	18.0	20.7	206.4	186.7	208.6
III Grass plus non-UMF	7.	28.1	28.9	27.5	26.0	18.5	20.6	206.5	195.5	214.0
	8.	28.8	36.8	30.7	20.5	13.7	19.7	194.3	197.0	205.8
	9.	30.3	36.2	35.3	21.5	15.7	21.1	205.6	197.0	207.1
I	Ave.	28.3	30.7	26.1	18.2	16.5	10.2	218.7	201.2	204.8
	%	100	108.5	92.2	100	90.7	56.0	100	92.0	98.6
II	Ave.	26.5	31.1	30.0	17.0	17.3	21.6	210.5	195.7	209.1
	%	100	117.4	113.2	100	101.8	127.1	100	93.0	99.3
III	Ave.	29.1	34.0	31.2	22.7	16.0	20.5	202.1	196.5	209.0
	%	100	116.7	107.1	100	70.5	68.2	100	97.2	103.4

ことが認められた。つまり不飽和酸含量を増加させた。

ライヘルト・マイスル値は揮発性水溶性脂肪酸(主に酪酸)を中和するに要する0.1Nのアルカリ溶液のml数である。本実験の結果、試験区I(無草・UMF区)では、ライヘルト・マイスル値が約44%減となって、著しく低くなり、次いで試験区III(有草・無UMF区)が約32%減、試験区II(有草・UMF区)は約27%だけ増加した。すなわち、生草とUMFの両者を一緒に給与するとライヘルト・マイスル値が高くなり、揮発性水溶性脂肪酸を増加し、生草とUMFのいずれかを欠くと低下した。けん化値とは、脂質1gをけん化するに要する苛性カリのmg数である。高級脂肪酸が多いもの程、けん化値は低くなる。試験区I(無草・UMF区)では、けん化値はやや低くなり、試験区II(有草・UMF区)と試験区III(有草・無UMF区)では余り変化はみられなかった。つまり、生草を給与しない場合は、UMFを与えると高級脂肪酸含量が増加することが認められた。

### III 乳脂の脂肪酸組成

試験区I(無草・UMF区)では、低級飽和酸(C<sub>4</sub>~C<sub>10</sub>)を減少した。なかでも、水溶性飽和酸(C<sub>4</sub>~C<sub>6</sub>)をそれぞれ54%、41%減少した。ライヘルト・マイスル値(主にC<sub>4</sub>酸の含量を示す)も約44%減となっているので、値が相対比している。ラウリン酸(C<sub>12</sub>)は37%増、ミリスチン酸(C<sub>14</sub>)はやや増加し、含量の最も多いパルミチン酸(C<sub>16</sub>)(全脂肪酸の26.5%)は余り変化はなく、ステアリン酸(C<sub>18</sub>)は約35%減で著しく減少した。つまり、C<sub>4</sub>酸、C<sub>6</sub>酸およびC<sub>18</sub>酸が著しく減少し、C<sub>12</sub>酸とC<sub>14</sub>酸が著しく増加した。微量含まれるプロピオン酸(C<sub>3</sub>)はUMFの給与によって消失した。不飽和酸では、オレイン酸(C<sub>18</sub><sup>1</sup>)(全脂肪酸中24.8%)は余り変化はなく、ヘキサデセン酸(C<sub>16</sub><sup>1</sup>)とリノール酸(C<sub>18</sub><sup>2</sup>)は増加した。ドデセン酸(C<sub>12</sub><sup>1</sup>)とテトラデセン酸(C<sub>14</sub><sup>1</sup>)は増加した。その他の微量不飽和酸のうち、ヘキセン酸(C<sub>6</sub><sup>1</sup>)とオクテン酸(C<sub>8</sub><sup>1</sup>)がUMFの給与によって新しく僅かに現われた。また、試験区I(無草・UMF区)で沃素値が低くなったのは、C<sub>18</sub><sup>1</sup>酸の減少によること、また、けん化値が低くなったのは、C<sub>18</sub><sup>1</sup>酸およびC<sub>18</sub><sup>2</sup>酸の増加によるものと推察された。試験区II(有草・UMF区)では、C<sub>4</sub>酸およびC<sub>6</sub>酸をそれぞれ84%、67%増加した。生草を与えなかった試験区Iでは、これらの酸は著しく減少したが、試験区IIでは、著しく増加した。すなわち、UMFと生草を併用すると、C<sub>4</sub>酸とC<sub>6</sub>酸が増加することが認められた。C<sub>8</sub>~C<sub>16</sub>酸はやや増加し、C<sub>18</sub>酸はやや減少した。不飽和酸では、C<sub>18</sub><sup>1</sup>酸(全脂肪酸の33.5%)は約27%減少し、C<sub>14</sub><sup>1</sup>酸とC<sub>16</sub><sup>1</sup>酸も減少した。含量は少いが、C<sub>12</sub><sup>1</sup>酸は増加、C<sub>14</sub><sup>1</sup>酸は減少した。また微量に含まれるC<sub>6</sub><sup>1</sup>酸とC<sub>8</sub><sup>1</sup>酸は、UMFの給与によって、

Table 5. Effect of urea-molasses feed (UMF) on the fatty acid composition of goat's milk fat Division I (Non-grass plus UMF)

Fatty acids	Days after giving feed					
	0		34		70	
	Ave.	(%)	Ave.	(%)	Ave.	(%)
Saturated						
C 3:0 (Propanoic)	0.11	(100)				
C 4:0 (Butyric)	0.92	(100)	0.57	(62.0)	0.42	(45.7)
C 6:0 (Caproic)	2.13	(100)	1.51	(70.9)	1.25	(58.7)
C 8:0 (Caprylic)	2.70	(100)	2.28	(84.4)	2.22	(82.2)
C 10:0 (Capric)	9.25	(100)	7.65	(82.7)	8.27	(89.4)
C 12:0 (Lauric)	3.62	(100)	4.02	(111.0)	4.96	(137.0)
C 14:0 (Myristic)	10.93	(100)	11.53	(105.5)	12.88	(113.8)
C 16:0 (Palmitic)	26.45	(100)	25.08	(94.8)	25.57	(96.7)
C 18:0 (Stearic)	11.23	(100)	9.42	(83.9)	7.28	(64.8)
Unsaturated						
C 6:1 (Hexenoic)					0.23	
C 8:1 (Octenoic)			0.13		0.14	
C 10:1 (Decenoic)	0.19	(100)	0.15	(78.9)	0.12	(63.2)
C 12:1 (Dodecenoic)	0.73	(100)	0.68	(93.2)	1.55	(212.3)
C 14:1 (Tetradecenoic)	0.30	(100)	0.48	(160.0)	0.69	(230.0)
C 16:1 (Hexadecenoic)	3.59	(100)	4.68	(130.4)	5.28	(147.1)
C 18:1 (Oleic)	24.76	(100)	28.90	(116.7)	24.48	(90.8)
C 18:2 (Linoleic)	3.17	(100)	2.94	(92.7)	4.69	(147.9)

Division II (Grass plus UMF)

Fatty acids	Days after giving feed					
	0		34		70	
	Ave.	(%)	Ave.	(%)	Ave.	(%)
Saturated						
C 3:0 (Propanoic)			0.04			
C 4:0 (Butyric)	0.38	(100)	0.64	(168.4)	0.70	(184.2)
C 6:0 (Caproic)	1.29	(100)	1.47	(114.0)	2.15	(166.7)
C 8:0 (Caprylic)	2.26	(100)	1.94	(85.6)	2.71	(119.9)
C 10:0 (Capric)	7.46	(100)	6.22	(83.4)	9.18	(123.1)
C 12:0 (Lauric)	3.49	(100)	2.70	(77.4)	3.85	(110.3)
C 14:0 (Myristic)	9.02	(100)	8.67	(96.1)	11.28	(125.1)
C 16:0 (Palmitic)	24.10	(100)	23.01	(95.5)	29.22	(121.2)
C 18:0 (Stearic)	9.36	(100)	14.83	(158.4)	7.43	(79.4)
Unsaturated						
C 6:1 (Hexenoic)					0.38	
C 8:1 (Octenoic)	0.06	(100)	0.10	(166.7)	0.22	(366.7)
C 10:1 (Decenoic)	0.19	(100)	0.19	(100.0)	0.18	(94.7)
C 12:1 (Dodecenoic)	0.56	(100)	1.08	(192.9)	0.78	(139.3)
C 14:1 (Tetradecenoic)	0.34	(100)	0.47	(138.2)	0.18	(52.9)
C 16:1 (Hexadecenoic)	2.76	(100)	3.97	(143.8)	3.66	(132.6)
C 18:1 (Oleic)	33.46	(100)	30.65	(91.6)	24.50	(73.2)
C 18:2 (Linoleic)	5.29	(100)	4.06	(76.7)	3.61	(68.2)

## Division III (Grass plus non-UMF)

Fatty acids	Days after giving feed					
	0		34		70	
	Ave.	(%)	Ave.	(%)	Ave.	(%)
Saturated						
C 3:0 (Propanoic)	0.80	(100)	0.77	(96.3)	0.04	(5.0)
C 4:0 (Butyric)	2.11	(100)	1.62	(76.8)	0.85	(40.3)
C 6:0 (Caproic)	2.24	(100)	1.92	(85.7)	1.68	(75.0)
C 8:0 (Caprylic)	2.64	(100)	2.10	(79.5)	2.10	(79.5)
C 10:0 (Capric)	7.43	(100)	6.75	(90.8)	6.86	(92.3)
C 12:0 (Lauric)	3.60	(100)	3.13	(86.9)	2.81	(78.1)
C 14:0 (Myristic)	9.12	(100)	8.92	(97.8)	9.03	(99.0)
C 16:0 (Palmitic)	25.89	(100)	24.07	(93.0)	25.40	(98.1)
C 18:0 (Stearic)	6.09	(100)	11.91	(195.5)	11.15	(183.1)
Unsaturated						
C 6:1 (Hexenoic)					0.51	
C 8:1 (Octenoic)						
C 10:1 (Decenoic)	0.16	(100)	0.16	(100.0)	0.52	(325.0)
C 12:1 (Dodecenoic)	0.78	(100)	0.67	(85.9)	0.63	(80.8)
C 14:1 (Tetradecenoic)	0.54	(100)	0.83	(153.7)	0.52	(96.3)
C 16:1 (Hexadecenoic)	3.40	(100)	3.38	(99.4)	2.96	(87.1)
C 18:1 (Oleic)	29.74	(100)	30.50	(102.6)	32.52	(109.3)
C 18:2 (Linoleic)	5.49	(100)	3.72	(67.8)	2.71	(49.4)

These figures were calculated from weight, %.

試験区 I と同様に,  $C_8^+$  酸が現われ,  $C_8^-$  酸は増加した。

以上要するに, 試験区 I と II を比較してみると, UMF を給与した場合, 生草の有無は乳脂の脂肪酸組成に大きな相違を生じた。飽和酸では,  $C_{18}$  酸は生草の有無に関係なく著しく減少し, UMF, 濃厚飼料および稲藁の他に, 生草を与えると,  $C_4$  酸と  $C_6$  酸が著しく増加し(無生草は著減),  $C_8$  酸~ $C_{16}$  酸までは, かなり増加した(無生草は  $C_{12}$  酸を著増,  $C_{18}$  酸を著減)。不飽和酸では生草を与えることによって,  $C_{15}^-$  酸と  $C_{18}^-$  酸が減少した。試験区 III (有草・無 UMF 区) では, 飽和酸のうち,  $C_4$  酸を約 60% 減少,  $C_6$  ~  $C_{12}$  酸までは 8~25% 減少し, 低級飽和酸になるにつれて減少率が大きであった。 $C_{18}$  酸は 1.8 倍も増加した。 $C_{16}$  酸の変化は余り認められなかった。微量飽和酸である  $C_3$  酸は減少した。また, 不飽和酸では,  $C_{15}^-$  酸(全脂肪酸の 29.7%) は余り変化は認められなかった。 $C_{15}^+$  酸は減少した。含量のすくない  $C_{12}^-$  酸はやや減少,  $C_{16}^-$  酸は増加した。 $C_8^+$  酸は含まれなかった。 $C_8^-$  酸は新しく現われた。つまり, UMF を給与しないと, 生草を与えても, 飽和酸では,  $C_{18}$  酸以外の飽和酸はすべて減少し, 不飽和酸では,  $C_{15}^-$  酸以外は減少した。

## 考 察

試験山羊 9 頭(延べ 27 試料)の乳の全固形分含量は 7.92—13.60%, 蛋白質含量は 2.39—4.39%, 脂肪含量は 1.55—4.60% の範囲であった。片岡, 中江(1971)によると, わが国の山羊乳の全固形分含量 12.19%, 蛋白質含量 3.30%, 脂肪含量 3.72% である<sup>(11)</sup>。乳牛に粗飼料のすくない飼料を与えると, 乳量は殆んど変化せずに, 乳の脂肪率に有意の減少(0.5%)が起るが, 一定しているわけではなく, 泌乳期の初期に著しく, 濃厚飼料の糖質の種類に左右される<sup>(12,13)</sup>。また無脂固形分含量は, 粗飼料をすこしか給与しなくても著しく影響されない<sup>(12)</sup>。

乳脂肪の乳腺細胞での合成に利用されるグリセリンは, 主としてグルコースに由来する。この経路はグルコースのトリオースへの分解を経るもので, 中間の先駆物質は  $\alpha$ -グリセロリン酸と考えられている。<sup>14</sup>C-グルコースでの実験によると, 乳脂グリセロールの約半分が血中グルコースに由来し, 灌流実験ではさらに多く 70% である<sup>(14,15)</sup>。つまり, 糖分解によってできるグリセロリン酸が乳脂肪の合成に果たす役割は大きい。本実験では, UMF の給与による乳

脂含量の増加を期待したが、乳脂含量は僅かしか増加しなかった。一方、蛋白質含量が試験開始後、70日後に13.8%も顕著に増加した。低蛋白質飼料を給与すると、乳蛋白質含量を幾分、低下するという報告はあるが、飼料中の蛋白質が乳蛋白質含量に影響することは殆んどないとされている<sup>(12)</sup>。本実験では、飼料中の蛋白質は不足していないので、UMFの給与が乳蛋白質含量を増加させたものと推察された。本実験に使用したUMFの成分はTable. 2に示した通りである。岩田の著書<sup>(16)</sup>によると、尿素は約46%の窒素を含み、熱量はないが、大豆粕の約7倍の蛋白質に相当する。反芻胃の第一胃内のバクテリアおよびプロトゾアによって同化されて、微生物蛋白質となり、次いで胃腸で消化されて、アミノ酸となって吸収される。低蛋白質飼料に尿素を加えると、セルロースの消化がよくなることが認められている。尿素の消化率は羊で89%、牛で94%であり、プロトゾアの蛋白質の消化率は86%で、良質蛋白質やメチオンなどと混ぜるとよいと記載してある。中村<sup>(17)</sup>によると、糖蜜のエネルギー源としての価値を求めた結果、糖蜜の給与量を増加すると、利用エネルギーが減少し、MEの損失も大となり、生産に対する正味有効率が低くなるという。乳牛では乳組成分や風味が劣化するので、乳牛や肉牛の飼料に対して約10%までの添加が適当であることが認められている<sup>(18)</sup>。著者ら<sup>(19,20,21,22)</sup>の実験では、UMFを飼料に混ぜて、アルコール不安定乳をだす乳牛に給与すると、乳中の塩類均衡が正常化して、アルコール陽性から陰性へ転化することを認めている。

本実験の結果、UMFの給与は乳の蛋白質含量を増加させ、カゼインよりもホエー蛋白質を増加させることが認められた。乳蛋白質は乳腺細胞で合成される際に、グルコースはアミノ酸に変わり得るが、動脈血中の遊離アミノ酸は、合成される乳蛋白質の約2倍あり、ペプチド量は必要量の10%程度しかない<sup>(23)</sup>。つまり、遊離アミノ酸は前駆物質としての可能性はあるが、ペプチドは前駆物質としてあまりにも量がすくな過ぎる。また血清蛋白を乳蛋白合成の前駆物質と考えるのにも無理があるとされる<sup>(14,24)</sup>。Gerristen<sup>(25)</sup>によると、乳の抗体蛋白質の74%、乳の血清アルブミンの77%が直接、血液より移行するという。乳の $\gamma$ -グロブリンの93—98%が血清由来であることも証明されている。乳のアルブミン( $\alpha$ -ラクトアルブミンでない)やグロブリン( $\beta$ -ラクトグロブリンでない)は血清由来であるとされている。

次に沃素価であるが、山羊乳の沃素価は21.07—33.57である<sup>(26)</sup>。本実験では、沃素価は殆んどこの範囲に入っていたが、例外的にやや高いものもいくつかあった。乳牛の場合、泌乳期が進むにつれて、 $C_4$ 酸や $C_6$ 酸などの水溶性飽和酸が減少し、 $C_{16}$ 酸が増加する<sup>(8,4)</sup>。山羊乳のライヘルト・マイスル価は、通常は19.5—27.2であるが、本実験では、11.8—22.8の範囲で、全体にやや低かった。試験区Iにこの値が4.7という著しく低いものが1頭(No.2の山羊)いた。本実験では、生草とUMFを与えると、ライヘルト・マイスル価が高くなり、生草を与えないと著しく低くなるということが認められた。糖蜜は容易に発酵され易いので、多量に給与すると、ルーメン菌相は低プロピオン酸—高酪酸の発酵型に傾き、飼料中の蔗糖レベルが高くなる程、ルーメンVFA中の $C_3$ 酸は減少し、 $C_4$ 酸は増加し易くなるとされる<sup>(11)</sup>。本実験では、UMFの給与によって、ライヘルト・マイスル価が高くなることを予期したが、予期した通り高くなった。これはこのUMF成分の特殊性によるためとも考えられた。つまり、このUMFはAndarson氏の創製によるが、同氏は反芻胃の「元素飼養標準」を定め、この標準に基いて、従来の家畜飼養標準のDCPおよびTDNに相当するものとして、新しくCCCHを提案し、この値が2.56のとき、反芻胃の発酵が最適となり、1.6のときは50%の効果がさがるという。

試験区I(無草・UMF区)で、乳脂中に微量含まれる $C_3$ 酸がUMFの給与によって消失したのも、ルーメン菌相が低プロピオン酸—高酪酸型に変ったためではないかとも考えられるが断定はできない。また、不飽和酸中の $C_{18}$ 酸および $C_{16}$ 酸のUMFの給与による新しい出現は、試験区II(有草・UMF区)でも同様の結果が得られたので、このことに関係があるのかも知れない。乳脂の生合成に使用される脂肪酸には、摂取した脂肪、動物体の蓄積脂肪、反芻胃からくる低級脂肪酸、特に酢酸である。プロピオン酸は乳腺内で分解して、1-Cは主に $CO_2$ に、2-Cと3-Cはクエン酸回路を経て利用され、酢酸のように乳脂合成には直接には利用されない。酪酸は $\beta$ -ヒドロキシ酪酸になるか、または $\beta$ -酸化して利用される<sup>(14)</sup>。

乳脂の脂肪酸組成は飼料に油脂を加えると影響が大きいことは前述の通りである。本実験は後半、夏季に入ったが、夏季には、乳脂の低級飽和酸が減少するという<sup>(6,26)</sup>。また乳牛は泌乳期が進むと、 $C_{16}$ 酸が漸次、減少し、 $C_6$ 酸、 $C_8$ 酸、 $C_{16}$ 酸が増加することが認められている<sup>(5)</sup>。また、山羊の乳脂の脂肪酸組成(モル%)<sup>(27,28)</sup>は、 $C_4$  7.5、 $C_6$  4.7、 $C_8$  4.3、 $C_{10}$  12.8、 $C_{12}$  6.6、 $C_{14}$  11.8、 $C_{16}$  24.1、 $C_{18}$  4.7、 $C_{18}$ 以上の酸 0.4、 $C_{16}$  0.3、 $C_{18}$  0.3、 $C_{14}$  0.8、 $C_{16}$  2.2、 $C_{18}$  16.5、 $C_{20}$  2.8、 $C_{20}$ 以上、 $C_{18}$ 以上の酸 0.2である。牛の乳脂のそれに比べると、 $C_{10}$ 酸が約5倍、 $C_8$ 酸と $C_{12}$ 酸が約3倍多く含まれ、 $C_{18}$ 酸が約半量だけ少なく、 $C_4$ 酸も僅かに少なく含まれている。不飽和酸では、 $C_{18}$



酸が約40%も著しく少いのが特徴である。

上記の文献値と比較すると、本実験に使用した山羊の乳脂は、 $C_4 \sim C_{12}$  酸までの飽和酸含量が非常に低く、 $C_{18}$  酸と $C_{16}$  酸の含量が非常に高かった。特に $C_4$  酸含量が低かった。これは、試験前に緑草を多く、濃厚飼料を少なく給与していたためと思われる。一般にわが国で飼われている山羊の乳脂肪の脂肪酸組成はこのような傾向があるのではないかと推察された。

## 引用文献

- (1) HILDITCH, T. P. and SLEIGHTHOLME, J. J.: *Biochem. J.*, **24**, 1098 (1930).
- (2) MOHAMMED, K., BROWN, W. H., RILEY P. W. and STULL, J. W.: *J. Dairy Sci.*, **49**, 386 (1966).
- (3) 佐々木林治郎, 津郷友吉: 乳の化学, p.30, 地球出版社 (1957).
- (4) DEAN, H. K. and HILDITCH, T. P.: *Biochem. J.*, **27**, 889 (1933).
- (5) STULL, J. W., BROWN, W. H., VALDEZ, C. and TUCKER, H.: *J. Dairy Sci.*, **49**, 1401 (1966).
- (6) BROWN, W. H., JAREED, A. O. and STULL, J. W.: *J. Dairy Sci.*, **50**, 700 (1967).
- (7) 岩田久敬, 小林邦彦: 畜産の研究, **16**, 26 (1962).
- (8) 岩田久敬, 佐藤義親, 永田正明: 糖蜜飼料研究会報告, No. 3, 38 (1963).
- (9) 須藤浩: 飼料学講義, p. 166, 養賢堂 (1969).
- (10) 中西武雄, 中江利孝: 日農化会誌 **36**, 361; 364; 422; 988; 994 (1962).
- (11) 中江利孝: 牛乳・乳製品, p. 25, 養賢堂 (1974).
- (12) JENNESS, R., PATTON, S.: *Principles of Dairy Chemistry*, p.11 (1959).
- (13) BALCH, C. C., BALCH, D. A., BARTLETT, S., HOSKING, Z. D., JOHNSON, V. W., ROWLAND, S. J., and TURNER, J.: *J. Dairy Res.*, **23**, 10 (1955).
- (14) 樽谷和男: 泌乳 (星冬四郎, 内藤元男編) p. 254 ~ 257, 東京大学出版会 (1968).
- (15) LUICK, J. R., KAMEOKA, K. K.: *J. Dairy Sci.*, **49**, 98 (1966).
- (16) 岩田久敬著: 飼料学総論, p. 410, 養賢堂 (1955).
- (17) 中村亮八郎著: 新飼料学, 下巻, p. 56 ~ 58, チクサン出版社 (1981).
- (18) LOFGREEN, G. P., OTAGAKI K. K.: *J. Dairy Sci.*, **43**, 220 (1960).
- (19) 宮辺豊紀, 今出保: 糖蜜飼料研究会報告, No. 2, p. 100 (1969).
- (20) 宮辺豊紀, 今出保: 同上, p. 108 (1969).
- (21) MIYABE, T.: *Jap. J. Zootech. Sci.*, **36**, 8 (1965).
- (22) MIYABE, T.: *Mem. Fac. Agric. Kagawa Univ.* (Kagawa Daigaku Nôgakubu Kiyô), No. 24 (1967).
- (23) STEIN, W. H. and MOORE, S.: *J. Biol. Chem.*, **211**, 915 (1954).
- (24) Larson, B. L. and GILLESPIE, D. C.: *J. Biol. Chem.*, **227**, 565 (1957).
- (25) GERRITSEN, G. C.: *Diss. Abstr.*, **23**, 52 (1963).
- (26) BROWN, W. H., STULL, J. W., DAFALA, F. O., and RILEY, P. W.: *J. Dairy Sci.*, **49**, 386 (1966).
- (27) 津郷友吉, 山内邦男: 牛乳の化学, p. 34, 地球出版社 (1975).
- (28) GARTON, G. A.: *J. Lipid Res.*, **4**, 237 (1963). (1983年5月31日受理)