

共役リノール酸を強化した生乳の生産技術の開発について

河原貴裕・田辺裕司*・黒岩 恵**・栗木隆吉

Development of Raw Milk Enriched Conjugated Linoleic Acid

Takahiro KAWAHARA, Yuji TANABE, Megumi KUROIWA and Takayoshi KURIKI

要 約

共役リノール酸（CLA）は、抗ガン作用などが注目されている機能性脂質であることから、ジャージー種の生乳について、脂肪酸であるCLAを生成する特性と乳脂肪へCLAを蓄積する技術を検討した。

結果は次のとおりであった。

- 1 放牧期は、舎飼期に比べて、乳脂肪における脂肪酸組成のCLA割合は、有意 ($p < 0.01$) に高くなった。
- 2 畜産物の生産性に関与する遺伝子型のうち、ウシ成長ホルモン（GH）、ミトコンドリアDNA（mtDNA）、SCD（体脂肪を不飽和化する酵素）の3種類は、乳脂肪における脂肪酸組成のCLA割合に影響しなかった。
- 3 食品製造副産物を給与した試験における乳脂肪の脂肪酸組成について、リノール酸ではヤマブドウ粕区、リノレン酸では茶殻区、ステアリン酸及びオレイン酸では両区が他の区に比べて有意 ($p < 0.05$) に高くなったが、CLAにおいては有意な差が認められなかった。

キーワード：ジャージー種、共役リノール酸（CLA）、脂肪酸組成、遺伝子型、食品製造副産物

緒 言

国内の酪農では、牛乳の消費拡大が大きな課題となっており、対策が求められている。

岡山県は酪農が盛んであり、特に蒜山地域は、地域特産としてジャージー種の飼養が盛んで、生乳生産量は全国一である。

また、ジャージー牛乳を利用した乳製品の製造も盛んで、今後もさらに付加価値の高い特産品開発を目指している。

一方、牛乳中に含まれる共役リノール酸（CLA）が実験動物の抗ガン作用に有効であることが認められ、アメリカでは生乳の評価が高まり、消費の増加に繋がっている¹⁾。

牛乳や牛肉中に見られるCLAは、飼料中のリノール酸や α -リノレン酸などの多価不飽和脂肪酸を原料として、ルーメン内微生物の作用で作られるものと、同様にルーメン内微生物の作用で作られるトランスバクセン酸が生体組織内で $\Delta 9$ -不飽和化酵素により変換されて作られるものの2通りに由来すると考えられている²⁾。

そのため、リノール酸や α -リノレン酸を多く含む大豆油やアマニ油を給与すると有意に増加することが知られている²⁾。

また、放牧によっても増加する³⁾が、これは牧草中に含まれているリノール酸や α -リノレン酸によるものと考えられている。

そこで、ジャージー牛乳の付加価値を高める目的で、こうしたCLA合成の特性を考慮し、生乳中にCLAを強化する手法について次のとおり検討した。

第1に、蒜山地域にある（財）中国四国酪農大 学校第2牧場のジャージー種雌牛を対象に、放牧などの飼育方法が乳質、特にCLAを含む脂肪酸組成に対する影響を検討した。

第2に、脂肪酸合成に関与するホルモンや酵素などの遺伝子多型がCLA合成に及ぼす影響を検討した。牛では、脂肪酸合成は乳腺や脂肪組織で行われており、内分泌的な影響を受けている。我々は、これまでウシ成長ホルモン（GH）の遺伝子型により、ジャージー種去勢肥育牛の筋間脂肪の脂肪酸組成が異なることを報告⁴⁾した。GHの他にも、脂肪酸合成に関与するSCD（体脂肪を不飽和化する酵素）やミトコンドリアDNA（mtDNA）に遺伝子の多型が知られており、これらはCLA合成にも影響する可能性がある。

第3に、岡山県総合畜産センター内のジャージー種雌牛を使用し、地域から産出される食品製造副産物（ヤマブドウ粕、茶殻）を飼料に利用して、CLAを効率的に生産する技術について検討した。ヤマブドウ粕にはリノール酸が、茶殻には α -リノレン酸が多く含有されている。

第4に、同センター内のホルスタイン種雌牛を使用し、ヤマブドウ粕の配合方法（粉碎・原物）とCLA生産の関連について検討した。

材料及び方法

1 試験1

飼育方法（放牧、舎飼）がCLA等の生乳成分に及ぼす影響について検討した。

(1) 試験牛

（財）中国四国酪農大学第2牧場のジャージー種雌牛を用いて、平成17年10月から平成18年7月に実施した。飼養管理は当該牧場の慣行によった。なお、放牧は4月から10月に1日3時間程度行った。

(2) サンプルング

サンプルングは、10月（終牧後の舎飼期）、1月（舎飼期）、5月（放牧初期）、7月（放牧期）であり、午前中に搾乳した生乳を分析用サンプルとした。調査は各時期38～56頭について行った。

(3) 分析方法

ア 脂肪酸組成

生乳を遠心分離（3,000rpm、15min、2.5℃）して、分離した脂肪層を分析に供するまで-20℃で保存した。脂質抽出、脂肪酸メチルエステル化等は、Kellyら²⁾の報告に準じて行い、ガスクロマトグラフ（G-5000 HITACHI, GLC）の条件は次の条件とした。

カラム：CP-Sil WCOT(0.25mm×50m)、

キャリアガス：He、流量：0.9ml/min、

カラムオーブン温度：80℃で3min保持、80～180℃で8℃/min昇温、180～205℃で1℃/min昇温、205～220℃で3℃/min昇温、220℃で0.5min保持

スプリット比：1:100、注入口温度：220℃、

検出口温度：220℃

イ 生乳成分

サンプルング日の検定成績を用いた。

(4) 統計処理

飼育方法（放牧と舎飼）を要因とする1元配置の分散分析を行い、Tukeyの方法により平均値の差の検定を行った。

2 試験2

遺伝子型がCLA等の生乳成分に及ぼす影響について検討した。

(1) 試験牛

試験1で用いた牛について、採血を行い、GH、mtDNA、SCDの遺伝子型を調査した。

(2) サンプルング

7月に採取した生乳をサンプルとして用いた。なお、生乳の生産性（305日補正量）は、検定成績を用いた。

(3) 分析方法

ア GH遺伝子型の解析

遺伝子型の判定は、安部ら⁵⁾の方法に準じて行った。

イ mtDNA遺伝子型の解析

遺伝子型の判定は、山本ら⁶⁾の方法に準じて行った。

ウ SCD遺伝子型の解析

遺伝子型の判定は、Taniguchiら⁷⁾の報告を参考に、制限酵素NcoI (TOYOBO CO., LTD)を用いたPCR-RFLP法により行った。

エ 脂肪酸組成の測定

試験1と同様で行った。

(4) 統計処理

GH、mtDNA、SCDを要因とする3元配置の分散分析を行い、Tukeyの方法により平均値の差の検定を行った。

3 試験3

食品製造副産物の給与がCLA等の生乳成分に及ぼす影響について検討した。

(1) 試験牛

岡山県総合畜産センターで飼育している泌乳中から後期のジャージー種雌牛3頭を使用し、3×3ラテン方格法（1期3週間）で9週間（平成18年2月～4月）実施した。

(2) 試験区分

飼料は、表1のように配合し、乳酸菌を加えて4週間発酵させた後、発酵TMRとして朝夕2回、1日30kgを給与した。

また、表2、3にそれぞれ給与飼料の脂肪酸組成、食品製造副産物の脂肪酸組成を示した。

なお、食品製造副産物の配合割合は、ヤマブドウ粕区ではDM換算で14%、茶殻区ではDM換算で10%とし、対照区は通常のTMRを給与した。

(3) サンプルング

1期3週間の最初の2週間は馴致期間、最後の1週間は試験期間とした。生乳は試験期間の連続する2日間をサンプルングした。また、飼

料摂取量は5日間測定した。

表1 試験3のTMR設計内容(%DM)

飼料名	ヤマブドウ粕区	茶殻区	対照区
ヤマブドウ粕	14.0	-	-
茶殻	-	10.2	-
市販濃厚飼料	23.7	24.9	29.8
ユンク [®] ルテンフィート [®]	5.9	6.0	7.4
圧ベ [®] ントウモロコシ	4.7	5.0	5.8
ルーサンハイ	6.4	6.7	8.1
スーダンハイ	19.4	20.1	16.1
オーツハイ	14.7	15.4	18.5
トウモロコシサイレー [®]	8.5	8.5	10.7
リンカル粉末	1.0	1.1	1.0
麩糖蜜	2.0	2.1	2.5
水分(%)	39.4	40.3	38.0
T D N (%)	59.0	61.7	69.9
C P (%)	13.4	15.8	14.1
N D F (%)	45.1	43.2	40.5

表2 給与飼料(試験3)の脂肪酸組成 (単位:%)

給与飼料	ヤマブドウ粕区	茶殻区	対照区
C16:0	9.18	11.70	14.66
C18:0	2.44	2.32	2.47
C18:1	16.53	17.40	22.78
C18:2	46.15	38.70	40.18
C18:3	2.58	7.15	5.44
MUFA	16.53	17.40	22.78
PUFA	48.73	45.85	45.62

表3 食品製造副産物の脂肪酸組成 (単位:%)

添加物	ヤマブドウ粕	茶殻
C16:0	8.45	17.29
C18:0	3.26	2.47
C18:1	18.60	6.18
C18:2	61.00	16.44
C18:3	1.27	41.02
MUFA	18.60	6.18
PUFA	62.27	57.46

(4) 分析方法

試験1と同様に行った。

(5) 統計処理

試験区分による分散分析(ラテン方格法)を行い、Tukeyの方法により平均値の差の検定を行った。

4 試験4

(1) 試験方法

岡山県総合畜産センターで飼育している泌乳中から後期のホルスタイン種雌牛3頭を使用し、3×3ラテン方格法(1期3週間)で9週間(平成19年1月~3月)実施した。

(2) 試験区分

飼料は、表4のとおり配合したTMRを飽食給与した。

表5にはヤマブドウ粕の脂肪酸組成を示した。なお、ヤマブドウ粕の配合割合はDM換算で15%とし、粉碎区は粉碎したものを、原物区はヤマブドウをそのまま配合した。

(3) サンプルング

試験3と同様に行った。

(4) 分析方法

試験1と同様に行った。

(5) 統計処理

試験3と同様に行った。

表4 試験4のTMR設計内容(%DM)

飼料名	粉碎区・原物区	対照区
ヤマブドウ粕	15.1	-
市販濃厚飼料	32.7	37.0
ユンク [®] ルテンフィート [®]	3.0	3.1
圧ベ [®] ントウモロコシ	6.8	9.0
ルーサンハイ	8.5	10.1
スーダンハイ	20.3	22.7
オーツハイ	12.6	17.2
リンカル粉末	0.9	0.9
水分(%)	40.0	40.1
T D N (%)	60.6	71.4
C P (%)	14.6	14.7
N D F (%)	40.6	37.3

表5 ヤマブドウ粕の脂肪酸組成 (単位:%)

区分	粉碎区	原物区
C16:0	7.93	7.31
C18:0	2.88	2.95
C18:1	18.98	19.93
C18:2	65.96	67.92
C18:3	1.71	0.85
MUFA	18.98	19.93
PUFA	67.68	68.77

結果および考察

1 試験1

表6は、飼育方法が乳脂肪の脂肪酸組成に及ぼす影響を示した。CLAについては、放牧期の7月(0.53%)は、舎飼期の1月(0.40%)と比べて、有意に高くなり(p<0.01)、1.3倍に増加した。

Kellyら²⁾はホルスタイン種における乳脂肪中のCLAについて、放牧主体の飼料給与が貯蔵粗飼料給与に比べて約2倍に増加すると報告している。

また、高橋⁸⁾は同じくホルスタイン種で、放牧草の利用により乳脂肪中のCLA割合は速やかに

表6 飼育方法が乳脂肪の脂肪酸組成に及ぼす影響

飼育方法	舎飼		放牧	
	10月	1月	5月	7月
N	43	38	56	42
C4:0	ns 2.81 0.05	2.85 0.06	2.79 0.05	2.90 0.05
C6:0	** 2.09 ^a 0.03	2.11 ^c 0.03	2.36 ^b 0.03	2.51 ^a 0.03
C8:0	* 1.34 0.02	1.28 ^b 0.02	1.35 0.02	1.37 ^a 0.02
C10:0	** 3.43 ^b 0.06	3.21 ^c 0.06	3.46 ^{ab} 0.05	3.65 ^a 0.06
C12:0	ns 4.43 0.08	4.23 0.09	4.42 0.07	4.34 0.08
C14:0	** 12.32 0.14	12.47 ^a 0.15	11.86 ^b 0.12	12.18 0.14
C14:1	** 1.07 ^a 0.03	1.11 ^a 0.03	1.01 0.03	0.96 ^b 0.03
C15:0	** 1.48 ^a 0.03	1.36 ^b 0.03	1.27 ^b 0.03	1.27 ^b 0.03
C16:0	** 35.88 ^a 0.42	36.14 ^a 0.44	31.64 ^c 0.37	34.10 ^b 0.42
C16:1	ns 1.74 0.04	1.83 0.05	1.87 0.04	1.80 0.04
C18:0	** 9.37 ^b 0.20	9.37 ^b 0.21	11.08 ^a 0.18	9.91 ^b 0.20
C18:1	** 13.56 ^b 0.38	13.96 ^b 0.41	16.97 ^a 0.34	16.09 ^a 0.39
C18:2	* 2.09 0.05	2.01 ^b 0.05	2.21 ^a 0.04	2.16 0.05
C18:3	** 0.67 ^a 0.02	0.52 ^c 0.02	0.61 ^b 0.01	0.52 ^c 0.02
CLA	** 0.37 ^b 0.01	0.40 ^b 0.02	0.50 ^a 0.01	0.53 ^a 0.01
MUFA	** 16.37 ^b 0.40	16.90 ^b 0.42	19.86 ^a 0.35	18.85 ^a 0.40
PUFA	** 3.14 0.06	2.93 ^b 0.06	3.33 ^a 0.05	3.21 ^a 0.06

単位は%、上段値：平均値、下段値：標準誤差
ns:有意差なし(p>0.05). * p<0.05, ** p<0.01.
a, b, c:異なる文字間で有意差あり(p<0.05)

増加し、1頭あたりの放牧面積が広いほどCLA割合の増加が大きいと報告した。

このことから、ジャージー種でも、放牧草の摂取量を増加させることで、CLA増加割合をさらに高めることができると推察する。

他の脂肪酸では、オレイン酸(C18:1)、MUFA(全一価不飽和脂肪酸)、PUFA(全多価不飽和脂肪酸)、デカン酸(C10:0)、オクタン酸(C8:0)、ヘキサン酸(C6:0)において、放牧期の7月は、舎飼期の1月と比べて有意に高くなった(p<0.05)。

2 試験2

表7にGH遺伝子型と乳脂肪の脂肪酸組成との関係を示した。CLAは、AA型0.62%、AB型0.53%、BB型0.61%となったが、有意な差は認められなかった。また、有意差が認められたものは、C6:0とパルミトレイン酸(C16:1)で、C6:0は、B

表7 GH遺伝子型が乳脂肪の脂肪酸組成に及ぼす影響

遺伝子型	N	AA	AB	BB
		7	21	9
C4:0	ns	2.73±0.19	3.01±0.16	3.25±0.21
C6:0	*	2.34±0.08 ^b	2.51±0.07	2.57±0.09 ^a
C8:0	ns	1.27±0.06	1.35±0.05	1.34±0.07
C10:0	ns	3.46±0.19	3.63±0.16	3.61±0.21
C12:0	ns	4.16±0.27	4.28±0.22	4.20±0.30
C14:0	ns	11.94±0.38	12.16±0.31	12.39±0.42
C14:1	ns	0.92±0.07	0.83±0.06	0.83±0.08
C15:0	ns	1.24±0.08	1.21±0.07	1.19±0.09
C16:0	ns	33.25±1.32	33.59±1.08	32.98±1.45
C16:1	*	1.95±0.11 ^a	1.74±0.09 ^a	1.60±0.12 ^b
C18:0	ns	9.89±0.53	9.94±0.44	10.04±0.59
C18:1	ns	17.22±1.26	16.46±1.03	15.64±1.39
C18:2	ns	2.03±0.16	2.15±0.13	2.37±0.18
C18:3	ns	0.55±0.05	0.54±0.04	0.55±0.05
CLA	ns	0.62±0.06	0.53±0.05	0.61±0.06
MUFA	ns	20.10±1.29	19.03±1.06	18.06±1.42
PUFA	ns	3.19±0.20	3.22±0.16	3.53±0.22

単位は%、平均値±標準誤差
ns:有意差なし(p>0.05). * p<0.05.
a, b:異なる文字間で有意差あり(p<0.05)

B型(2.57%)がAA型(2.34%)に比べて有意に高かった(p<0.05)。また、C16:1は、AA型(1.95%)及びAB型(1.74%)がBB型(1.60%)に比べて高かった(p<0.05)。

栗木ら⁴⁾はジャージー種去勢肥育牛において、筋間脂肪中のC18:0でBB型がAB型に比べて有意に低く、MUFAで高かった(p<0.05)と報告している。今回、C18:0は、BB型(10.04%)がAB型(9.94%)より高い値を示し、同様に、MUFAは、BB型(18.06%)がAB型(19.03%)より低い値を示した。有意な差はなかったものの、筋間脂肪とは異なる結果となった。

表8にmtDNA遺伝子型と乳脂肪の脂肪酸組成との関係を示した。mtDNAについては、インド型(I型)とヨーロッパ型(E型)があるが、多型によりNADH複合体サブユニット(ND5)とチトクロームb(Cytb)遺伝子にアミノ酸置換を伴う塩基置換のあることが判明し、ミトコンドリアの機能に差異をもたらすと推察されている。Boettcherら⁹⁾はホルスタイン種を使用してmtDNAと泌乳形質(乳量、乳脂肪等)との間に関連性を検討し、D-loopにおける5つの遺伝子型は、熱量率において有意な差があり(p<0.05)、乳量、熱量、脂肪率においては傾向が見られた(p<0.10)と報告している。今回、mtDNA遺伝子型による脂肪酸組成への影響は酪酸(C4:0)のみであり、I型(3.23%)がE型(2.76%)に比べて有意に高かった(p<0.05)。しかし、その他の脂肪酸については、CLAを含めて、遺

伝子型による差は認められなかった。

表8 mtDNA伝子型が乳脂肪の脂肪酸組成に及ぼす影響

遺伝子型	E	I
N	30	7
C4:0 *	2.76±0.13	3.23±0.21
C6:0 ns	2.44±0.06	2.50±0.09
C8:0 ns	1.32±0.04	1.33±0.07
C10:0 ns	3.59±0.13	3.55±0.21
C12:0 ns	4.25±0.19	4.18±0.30
C14:0 ns	12.14±0.27	12.19±0.42
C14:1 ns	0.88±0.05	0.84±0.08
C15:0 ns	1.25±0.06	1.17±0.09
C16:0 ns	33.96±0.92	32.59±1.45
C16:1 ns	1.79±0.08	1.74±0.12
C18:0 ns	9.98±0.37	9.92±0.58
C18:1 ns	15.80±0.88	17.08±1.39
C18:2 ns	2.11±0.11	2.26±0.18
C18:3 ns	0.53±0.03	0.56±0.05
CLA ns	0.58±0.04	0.59±0.06
MUFA ns	18.47±0.90	19.65±1.42
PUFA ns	3.22±0.14	3.41±0.22

単位は%、平均値±標準誤差
ns:有意差なし(p>0.05). * p<0.05.

表9にSCD伝子型と乳脂肪の脂肪酸組成との関係を示した。SCDは、飽和脂肪酸を一価不飽和脂肪酸に転換する酵素であり、AA型、AG型、GG型の3つの伝子型があるが、今回の試験牛には、GG型の個体はなかった。CLAに、有意な差は認められなかったが、AG型(0.63%)がAA型(0.54%)に比べて高い値を示した。

なお、Taniguchiら⁷⁾は、筋肉脂肪においてA型伝子型の存在により、MUFAの割合が高くなると報告している。今回の乳脂肪では、MUFAの1つであるミリストレイン酸(C14:1)では、AA型(0.99%)がAG型(0.73%)に比べて有意に高かった(p<0.05)。同様にパルミトレイン酸(C16:1)、オレイン酸(C18:1)でも、有意な差はなかったが、AA型がAG型に比べて高い値を示した。このことから、乳脂肪においても、筋肉脂肪と同様に、A型伝子はMUFAの割合を高くする可能性があるかと推察された。

表10に各種伝子型が生乳の生産性(305日補正量)に及ぼす影響を示した。GHにおいて、乳量はBB型(5949.6kg)がAB型(5372.3kg)、AA型(5281.9kg)に比べて高い傾向を示し(p<0.10)、乳脂率は、BB型(4.92%)がAB型(5.18%)、AA型(5.23%)に比べて低い傾向を示した(p<0.10)。一方で、Zhouら¹⁰⁾はホルスタイン種において、乳量はAA型がAB型に比べて有意に高く(p<0.05)、乳脂率はAA型がAB型に比べて有意に低い(p<0.05)と報告している。このことから、品種

表9 SCD伝子型が乳脂肪の脂肪酸組成に及ぼす影響

遺伝子型	AA	AG
N	34	3
C4:0 ns	3.04±0.09	2.95±0.27
C6:0 ns	2.51±0.04	2.43±0.11
C8:0 ns	1.35±0.03	1.30±0.08
C10:0 ns	3.58±0.09	3.56±0.26
C12:0 ns	4.26±0.13	4.17±0.38
C14:0 ns	12.09±0.19	12.24±0.53
C14:1 *	0.99±0.04	0.73±0.10
C15:0 ns	1.25±0.04	1.17±0.11
C16:0 ns	33.37±0.65	33.18±1.84
C16:1 ns	1.82±0.06	1.71±0.15
C18:0 ns	9.95±0.26	9.96±0.74
C18:1 ns	16.87±0.62	16.01±1.76
C18:2 ns	2.21±0.08	2.15±0.22
C18:3 ns	0.53±0.02	0.57±0.07
CLA ns	0.54±0.03	0.63±0.08
MUFA ns	19.67±0.64	18.45±1.80
PUFA ns	3.28±0.10	3.35±0.27

単位は%、平均値±標準誤差
ns:有意差なし(p>0.05). * p<0.05.

表10 伝子型が生乳の生産性(305日補正量)に及ぼす影響

遺伝子型	N	乳量(kg)	乳脂量(kg)	乳脂率(%)
GH		+	ns	+
AA	15	5281.9 323.4	275.7 16.3	5.23 0.14
AB	41	5372.3 245.7	278.4 12.4	5.18 0.11
BB	21	5949.6 318.2	290.4 16.0	4.92 0.14
mtDNA		ns	ns	ns
E	58	5398.0 229.1	279.7 11.5	5.21 0.10
I	19	5671.1 307.0	283.3 15.5	5.01 0.14
SCD		*	+	ns
AA	70	6006.8 158.2	299.7 8.0	5.02 0.07
AG	7	5062.3 414.3	263.4 20.9	5.20 0.18

上段値:平均値、下段値:標準誤差

により、伝子型の影響が異なる可能性が考えられた。また、SCDにおいては、乳量はAA型(6006.8kg)がAG型(5062.3kg)に比べて有意に高く(p<0.05)、乳脂量についても、AA型(299.7kg)がAG型(263.4kg)に比べて高い傾向を示した(p<0.10)。

3 試験3

表1-1に食品製造副産物が乳脂肪の脂肪酸組成に及ぼす影響を示した。CLAに、有意な差は認められなかったが、対照区(0.33%)に比べて、ヤマブドウ粕区(0.40%)、茶殻区(0.36%)は高い値を示した。

表1-1 食品製造副産物が乳脂肪の脂肪酸組成に及ぼす影響

区分		ヤマブドウ粕区	茶殻区	対照区
C4:0	ns	3.20±0.12	2.90±0.12	2.96±0.12
C6:0	ns	2.45±0.16	2.09±0.16	2.26±0.16
C8:0	ns	1.31±0.05	1.22±0.05	1.29±0.05
C10:0	**	2.92±0.01 ^c	3.04±0.01 ^b	3.16±0.01 ^a
C12:0	**	3.70±0.03 ^c	3.93±0.03 ^b	4.30±0.03 ^a
C14:0	**	12.52±0.03 ^c	12.87±0.03 ^b	13.17±0.03 ^a
C14:1	ns	0.97±0.06	1.09±0.06	1.41±0.06
C15:0	*	1.21±0.02 ^b	1.40±0.02 ^a	1.43±0.02 ^a
C16:0	*	31.81±0.64 ^b	34.12±0.64 ^b	38.12±0.64 ^a
C16:1	*	1.32±0.05 ^b	1.69±0.05 ^a	1.94±0.05 ^a
C18:0	*	12.32±0.51 ^a	10.77±0.51 ^a	7.62±0.51 ^b
C18:1	*	16.09±0.15 ^a	16.00±0.15 ^a	13.51±0.15 ^b
C18:2	*	2.46±0.07 ^a	1.55±0.07 ^b	1.59±0.07 ^b
C18:3	*	0.25±0.01 ^b	0.36±0.01 ^a	0.23±0.01 ^b
CLA	ns	0.40±0.02	0.36±0.02	0.33±0.02
MUFA	*	18.39±0.17 ^a	18.78±0.17 ^a	16.86±0.17 ^b
PUFA	*	3.11±0.09 ^a	2.27±0.09 ^b	2.14±0.09 ^b

単位は%、平均値±標準誤差

ns:有意差なし(p>0.05). * p<0.05, ** p<0.01.

a, b, c:異なる文字間で有意差あり(p<0.05)

Dhimanら¹¹⁾は、ホルスタイン種を用いて、DM換算で大豆油2%、0.5%を飼料に添加して給与すると、CLAがそれぞれ2.9、1.5倍に増加することを報告した。今回用いたヤマブドウ粕は、DM換算で14%を配合することにより、大豆油2%を添加したのと同程度の脂肪量であった。茶殻については、その嗜好性が劣るため、DM換算で10%の配合としたが、大豆油に換算すると0.7%程度の脂肪量であった。しかし、CLAはこれまでの報告のように増加しなかった。この理由として、ヤマブドウ粕及び茶殻の消化・吸収率が、大豆油に対して、低いことが示唆された。

一方、リノール酸(C18:2)は、ヤマブドウ粕区(2.46%)が、茶殻区(1.55%)、対照区(1.59%)に比べて有意に高く(p<0.05)、リノレン酸(C18:3)は、茶殻区(0.36%)が、ヤマブドウ粕区(0.25%)、対照区(0.23%)に比べて有意に高くなった(p<0.05)。MUFAは、ヤマブドウ粕区(18.39%)、茶殻区(18.78%)が、対照区(16.86%)に比べて有意に高く(p<0.05)、PUFAは、ヤマブドウ粕区(3.11%)が、茶殻区(2.27%)、対照区(2.14%)に比べて有意に高くなった(p<0.05)。このことは、飼料に

配合した食品製造副産物の脂肪酸組成の特徴が直接的に反映し、不飽和度が上がったと考えられる。

表1-2に食品製造副産物が生乳成分等に及ぼす影響を示した。乳量、採食率、乳脂率、SNF率に、食品製造副産物による有意な差は認められなかった。しかし、蛋白質では茶殻区が、乳糖率ではヤマブドウ粕区及び対照区が他の区に比べて有意に高かった(p<0.05)。また、茶殻区で採食率と乳量が低い値を示したことから、茶殻をDM換算で10%配合すると、嗜好性が低下すると推察された。額爾敦ら¹²⁾は、ホルスタイン種を使用して、TMRによる緑茶飲料製造残渣サイレージを給与すると、乾物摂取量はDM10%配合で減少する傾向にあり、DM5%配合程度であれば、乳量、乳成分に影響しないと報告している。また、田辺ら¹³⁾は緑茶殻DM10%配合に対するジャー種¹³⁾の嗜好性は個体差が大きかったと報告している。以上のことから、茶殻を利用する場合、その配合割合は、5%程度が適当であると考えられた。

表1-2 食品製造副産物が生乳成分等に及ぼす影響

区分		ヤマブドウ粕区	茶殻区	対照区
乳量(kg/d)	ns	18.98	14.10	17.88
		1.21	1.21	1.21
採食率(%)	ns	99.93	81.90	99.63
		4.14	4.14	4.14
乳脂率(%)	ns	5.20	5.82	5.44
		0.10	0.10	0.10
SNF(%)	ns	9.41	9.37	9.61
		0.04	0.04	0.04
蛋白質(%)	*	4.12 ^b	4.75 ^a	4.39 ^b
		0.05	0.05	0.05
乳糖率(%)	*	4.30 ^a	3.62 ^b	4.23 ^a
		0.04	0.04	0.04

上段値:平均値、下段値:標準誤差

ns:有意差なし(p>0.05). * p<0.05.

a, b:異なる文字間で有意差あり(p<0.05)

4 試験4

表1-3にホルスタイン種におけるヤマブドウ粕の給与が乳脂肪の脂肪酸組成に及ぼす影響を示した。CLAに有意な差は認められなかったが、対照区(0.40%)や原物区(0.39%)に比べて、粉碎区(0.46%)は高い値を示した。

リノール酸(C18:2)も、粉碎区(2.78%)が、原物区(2.03%)や対照区(1.68%)に比べて有意に高く(p<0.01)、PUFAも、粉碎区(3.55%)が、原物区(2.72%)や対照区(2.33%)に比べて有意に高くなった(p<0.05)。

以上のことから、粉碎により給与効果が高くなるが、原物による給与は消化性が劣り、十分に効

果を発揮できないと推察された。

表 1 3 ヤマブドウ粕が乳脂肪の脂肪酸組成に及ぼす影響

区 分		粉碎区	原物区	対照区
C4:0	ns	3.07±0.09	2.98±0.09	2.70±0.09
C6:0	ns	2.38±0.08	2.30±0.08	2.17±0.08
C8:0	ns	1.43±0.04	1.37±0.04	1.36±0.04
C10:0	ns	3.80±0.10	3.75±0.10	3.90±0.10
C12:0	*	4.58±0.06 ^b	4.69±0.06	5.14±0.06 ^a
C14:0	ns	13.14±0.16	13.16±0.16	13.69±0.16
C14:1	ns	1.06±0.05	1.18±0.05	1.34±0.05
C15:0	ns	1.46±0.06	1.48±0.06	1.72±0.06
C16:0	*	34.23±0.38 ^b	35.72±0.38	37.61±0.38 ^a
C16:1	+	1.61±0.07	1.81±0.07	2.04±0.07
C18:0	*	8.65±0.23 ^a	7.80±0.23	6.22±0.23 ^b
C18:1	+	17.53±0.26	17.30±0.26	15.94±0.26
C18:2	**	2.78±0.05 ^a	2.03±0.05 ^b	1.68±0.05 ^b
C18:3	+	0.31±0.01	0.30±0.01	0.25±0.01
CLA	ns	0.46±0.02	0.39±0.02	0.40±0.02
MUFA	ns	20.19±0.36	20.28±0.36	19.33±0.36
PUFA	*	3.55±0.08 ^a	2.72±0.08 ^b	2.33±0.08 ^b

単位は%、平均値±標準誤差

ns:有意差なし(p>0.10).

+ p<0.10, * p<0.05, ** p<0.01.

a, b:異なる文字間で有意差あり(p<0.05)

表 1 4 にヤマブドウ粕が生乳成分等に及ぼす影響を示した。乳量、採食量、乳脂率、SNF、蛋白質、乳糖率において、有意な差は認められなかった。

表 1 4 ヤマブドウ粕が生乳成分等に及ぼす影響

区 分		粉碎区	原物区	対照区
乳量(kg/d)	ns	31.48	27.32	28.72
		2.49	2.49	2.49
採食量(kg/d)	ns	46.19	45.85	44.67
		1.42	1.42	1.42
乳脂率(%)	ns	4.14	4.59	3.86
		0.11	0.11	0.11
SNF(%)	ns	9.22	9.26	9.26
		0.05	0.05	0.05
蛋白質(%)	ns	3.61	3.75	3.79
		0.05	0.05	0.05
乳糖率(%)	ns	4.60	4.52	4.49
		0.06	0.06	0.06

上段値:平均値、下段値:標準誤差

ns:有意差なし(p>0.05).

また、ホルスタイン種を用いた試験4の結果(表13)とジャージー種を用いた試験3の結果(表11)を比較すると、各対照区では、MUFAとPUFAの和となる不飽和脂肪酸の割合は、ジャージー種(19.00%)より、ホルスタイン種(21.66%)が高く、CLAについても、同様に、ジャージー種(0.33%)よりホルスタイン種(0.40%)が高かった。

しかし、ヤマブドウ粕区と粉碎区における全不飽和脂肪酸の割合を各対照区と比べると、その増加分は、ホルスタイン種(2.08%)よりジャージー種(2.50%)が高く、給与飼料による乳脂肪中の不飽和脂肪酸への影響は、ホルスタイン種よりジャージー種が大きいものと推察された。

引用文献

- 大成清(2003):牛乳脂肪酸中のCLA含量の改善(1). 畜産の研究、57-1、183-186.
- M. L. Kelly, E. S. Kolver, D. E. Bauman, M. E. Van Amburgh, and L. D. Muller(1998): Effect of Intake of Pasture on Concentrations of Conjugated Linoleic Acid in Milk of Lactating Cows. *J.Dairy.Sci.* 81、1630-1636.
- 田中桂一(2004):反芻家畜由来の畜産物(牛乳、牛肉)中共役リノール酸(CLA)とその生理機能. 北畜会報、46、1-13.
- 栗木隆吉、黒岩恵、有安亮代、平本圭二(2006):ジャージー去勢肥育牛における成長ホルモン遺伝子多型と産肉特性の関連について. 岡山総畜セ研報、16、1-4.
- 安部亜津子、安田康明、成相伸久、長谷川清寿、佐々木恵美、高仁敏光(2004):黒毛和種牛の成長ホルモン遺伝子多型が枝肉成績に及ぼす影響. 島根畜試研報、37、11-1
- 山本直幸、大島一修、小島孝敏(2004):岡山県ジャージー種集団における母系ラインの把握とミトコンドリアDNA型の検討. 平成15年度近畿中国四国農業試験研究成績・計画概要集-畜産草地・大家畜-、2.
- M. Taniguchi, T. Utsugi, K. Oyama, H. Mannen, M. Kobayashi, Y. Tanabe, A. Ogino, S. Tsuji(2004):Genotype of stearoyl-CoA desaturase is associated with fatty acid composition in Japanese Black cattle. *Mammalian Genome.* 14、142-148
- 高橋雅信(2005):放牧による牛乳の栄養・機能性成分などの付与. 農林水産技術研究ジャーナル、28(8)、30-34
- P. J. Boettcher, A. E. Freeman, S. D. Johnston, R. K. Smith, D. C. Beitz and B. T. McDaniel(1996):Relationships between polymorphism for mitochondrial deoxyribonucleic acid and yield traits of holstein cows. *J.Dairy.Sci.*、79、647-654
- G. L. Zhou, H. G. Jin, C. Liu, S. L. Guo, Q. Zhu and Y. Wu(2005):Association of genetic polymorphism in GH gene with milk production trait

ts Beijing Holstein cows. *J.Biosci.*, 30, 595-598

- 11) T. R. Dhiman, L. D. Satter, M. W. Pariza, M. P. Galli, K. Albright and M. X. Tolosa (2000) : Conjugated Linoleic Acid (CLA) Content of Milk from Cows Offered Diets Rich in Linoleic and Linolenic Acid. *J.Dairy.Sci.* 83, 1016-1027.
- 12) 額爾敦巴雅爾、西田武弘、松山裕城、細田謙次、塩谷繁 (2005) : 緑茶飲料製造残査サイレージの給与水準の違いが採食量及び乳生産に及ぼす影響. 日畜会報 76(3)、295-301.
- 13) 田辺裕司、秋山俊彦、栗木隆吉、谷田繁遠 (2004) : 地域食品製造副産物を利用した高機能畜産物の生産技術の開発. 岡山総畜セ研報、15、11-16.