

乾燥豆腐粕を混合した TMR 給与が泌乳初期の生乳中共役リノール酸(CLA)割合に及ぼす影響

梅田剛利*・太田 剛¹⁾・北崎宏平・馬場武志

リノール酸含量が多い乾燥豆腐粕を含む混合飼料 (TMR) を給与することにより、泌乳初期牛における生乳中の共役リノール酸 (CLA) 含量に及ぼす影響について検討した。試験牛はホルスタイン種泌乳牛を用い、対照区は粗飼料が45%と濃厚飼料が55%の TMR を給与し、豆腐粕混合区では濃厚飼料の一部を乾燥豆腐粕と置き換えた TMR を給与した。このとき、両試験区の TMR は化学成分値が同程度になるようにした。給与試験は分娩後12週次まで行った。生乳中の CLA を含む脂肪酸の割合はガスクロマトグラフィで測定した。生乳中の CLA 割合は対照区が試験開始時と同程度で推移したのに対し、豆腐粕混合区では試験開始時と比べ高く推移した。以上のことから、リノール酸含量の多い豆腐粕を混合した TMR を給与することにより、泌乳初期における生乳中の CLA 割合を高めることができると推察された。

[キーワード: 共役リノール酸, 乾燥豆腐粕, 泌乳初期, TMR]

Effects of a Total Mixed Ration Containing Dried Soybean Curd Residue on Conjugated Linoleic Acid Content in Milk of Lactating Cows during the Initial Period.

UMEDA Taketoshi, Tsuyoshi OHTA, Kohei KITAZAKI and Takeshi BABA (Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 29 : 86-89 (2010)

We examined the effect of intake of total mixed ration (TMR) containing dried soybean curd residue on conjugated linoleic acid (CLA) content in milk fat. Holstein cows (n=6) were randomly divided into either a control group or a subject group. Cows in the control group received diets containing 45% forage and 55% grain on a dry matter basis. In the subject group, the grain was partly replaced with dried soybean residue, which comprised 13.7% of the total diet. The experimental diets were fed for 12 weeks. Fatty acid profiles of fat in feed and also milk were obtained by way of gas-chromatograph analyses. It was observed that the cows fed with TMR containing dried soybean curd residue produced milk with higher CLA content during the initial period.

[Keywords: conjugated linoleic acid, dried soybean curd residue, lactating cows during the initial period, TMR]

緒 言

共役リノール酸 (Conjugated Linoleic Acid (CLA)) はリノール酸の位置・幾何異性体の総称で、主にリノール酸を基質とした生物水素添加反応の中間代謝脂肪酸として生成されると考えられている (山内・河原 2004)。

この反応は、反芻家畜の第一胃でセルロース分解菌によって起こるため、反芻家畜由来の食品に多く、生乳中にも含まれる (山内ら 2003)。CLA が注目されるようになったのは癌抑制作用等の生理機能を持つことが明らかになってきたからであり (山崎・山田 2002, 山内ら 2003, 山内・河原 2004)、生乳中の機能性成分である CLA を増加させることが出来れば、特徴ある高付加価値牛乳生産が期待できる。

CLA は放牧飼養によって増加 (Kay ら 2004, 梅村 2008) する他、大豆油を含む飼料を給与すると増加する (Dhiman ら 2000)。これは、生草や大豆油に多く含まれるリノール酸を摂取したためと考えられている。しかしながら、放牧における牧草主体の飼養管理下では、エネルギー不足により乳量が減少する欠点があり、大豆油等のリノール酸含量が多い飼料原料は高価である。

一方、製造副産物である豆腐粕は安価であり、大豆を原料とする製造上の特徴から、リノール酸含量が多い飼料と言える。

家守ら (2007) は、乾燥豆腐粕を用いて粗脂肪含量を乾物あたり6.0%に高めた飼料を給与することで、泌乳中後期牛の生乳中 CLA 割合を高められると報告している。

そこで、泌乳初期牛を対象にして、乾燥豆腐粕を用いた混合飼料 (TMR) を給与することで、生乳中 CLA 割合が増加するか否かを調べたので報告する。

材料および方法

1 試験方法

試験牛は、2007年9月24日から2007年12月18日までに分娩したホルスタイン種経産牛6頭を用いた。これらをそれぞれ2群に分け、分娩後12週間の試験を実施した。なお、試験牛の飼養管理は「産業動物の飼養および保管に関する基準」(総理府告示1987年10月)に従いフリーストール牛舎内で行った。

試験区は乾燥豆腐粕を混合してリノール酸含量を増やした TMR (以下、豆腐粕混合区) と乾燥豆腐粕を

*連絡責任者

(家畜部: t_umeda@farc.pref.fukuoka.jp)

1) 現 福岡県農林水産部園芸振興課

第1表 給与 TMR¹⁾ の飼料混合割合と化学成分

	対照	豆腐粕混合
飼料混合割合		
スーダングラス乾草 (DM%)	33.0	27.0
ルーサンペレット (DM%)	5.5	11.5
ビートパルプ (DM%)	6.5	6.5
加熱圧べん大麦 (DM%)	2.0	19.4
加熱圧べんとうもろこし (DM%)	28.0	11.0
一般ふすま (DM%)	9.5	1.9
大豆粕 (DM%)	15.5	9.0
乾燥豆腐粕 (DM%)	0.0	13.7
化学成分 ²⁾		
乾物率 (FM%)	89.0-89.8	89.4-89.6
TDN (DM%)	74.8	76.1
粗タンパク質 (DM%)	14.9-15.0	14.9-15.0
粗脂肪 (DM%)	2.6	3.3-3.4
粗灰分 (DM%)	5.7-5.8	5.6-5.7
NDF (DM%)	37.1	38.9
NFE (DM%)	39.4	37.9
脂肪酸割合 ³⁾		
C16:0 (DM%)	0.37-0.38	0.42
C18:0 (DM%)	0.07	0.11
C18:1 (DM%)	0.46	0.49-0.50
C18:2 (DM%)	0.97-0.98	1.25-1.26
C18:3 (DM%)	0.08	0.07

1) TMR 混合飼料

2) TDN (可消化養分総量) は日本標準飼料成分表 (2001年版) による。その他の化学成分は化学分析値。

3) C16:0はパルミチン酸, C18:0はステアリン酸, C18:1はオレイン酸, C18:2はリノール酸, C18:3はリノレン酸。

混合しない対照区を設定した。試験牛の産次は豆腐粕混合区で2産が2頭と3産が1頭、対照区で2産が2頭と5産が1頭であった。試験牛の試験開始体重は混合区で607±149kg, 対照区で618±43kgであった。搾乳は1日2回朝9時から夕方17時半から行った。TMRはコンプリートフィーダー (コンプリートサービス社製, 豊橋) で混合し, 1日2回, 搾乳終了時に個体毎に給与した。TMR給与量は日本飼養標準乳牛 (独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 2006) に準拠し, TDN充足率が110%となる量とした。ビタミン添加剤は50gずつを朝夕 TMR 給与時にトップドレスで与え, 飲水, 舐塩は自由とした。

2 TMR 混合割合および化学成分

試験 TMR は第1表に示したとおりの配合割合で調製した。飼料成分の分析は常法により行った (自給飼料品質評価研究会編 2001)。飼料中のリノール酸を含む脂肪酸割合の測定は, Folch 法 (Folch ら 1957) で脂肪を抽出し, 塩酸メタノール法で脂肪酸のカルボキシル基をメチルエステル化した後 (菅原・前川 2000), キャピラリーカラム (CP-Sil88 FAME50m) を装着したガスクロマトグラフィー (GC-14A 島津 東京), を用いて行った。TDN は日本標準飼料成分表 (独立行政法人農業技術研究機構 2001) の値を用いて算出した。

3 調査項目

供試牛はドアフィーダ飼槽 (ウエストファリア・システム社製, ドイツ) で管理し, 飼料摂取量はコンピュータに自動的に記録される1日当たりの摂取量とした。乾物摂取量は試験 TMR の乾物率から算出し, 分娩後1日~7日目までを平均して1週次の摂取量 (以降1週間分の1日当たり摂取量を平均して週次の摂取量) とした。乳量は毎日搾乳時に計測し, 朝夕の乳量を合算して1日当たりの乳量とし, 乾物摂取量と同様に1週間分の1日当たり乳量を平均して週次の乳量とした。

乳成分は分娩後7日目と2週目毎の朝夕に採取した生乳を用いて, 赤外線牛乳成分分析機 (ミルコスキャン 133B, Foss Electoric 社, Hillerod, Denmark) により測定した。生乳中の CLA を含む脂肪酸の測定は, レーゼ・ゴットリーブ法で乳脂肪を抽出した (菅原・前川 2000) 後, 飼料中の脂肪酸測定と同様に行った。

第一胃内容液は, 分娩後7日目とその後2週目毎に経口カテーテル法により採取した。採取後, 二重ガーゼで濾過し直ちに pH を測定した。その後, 1mL の第一胃内容液に 4 mL の染色液を加え原虫数計測に供した (全国農業共済協会 1997)

試験牛が摂取したリノール酸含量は各週次の乾物摂取量, 飼料中の粗脂肪含量およびリノール酸割合から算出した。CLA 生産量は各週次の乳量, 乳脂肪率および CLA 割合から算出した。

結果および考察

第2表に乾物摂取量, 乳量および第一胃内容液性状を示した。乾物摂取量は対照区と豆腐粕混合区とも分

第2表 乾物摂取量, 乳量, 乳成分および第一胃内容液性状

週次	乾物摂取量		乳量		乳脂肪率		乳タンパク質率		乳糖率		第一胃 pH		総原虫数	
	対照 kg/d	混合 kg/d	対照 kg/d	混合 kg/d	対照 %	混合 %	対照 %	混合 %	対照 %	混合 %	対照 混合	対照 混合	対照 ×10 ⁶	混合 ×10 ⁶
1	17.6	13.1	28.7	20.5	5.0	5.4	3.6	3.3	4.4	4.1	6.8	6.6	4.6	2.3
2	20.3	14.0	38.4	27.8	4.9	4.1	3.2	3.0	4.6	4.6	6.6	6.6	4.1	4.5
4	22.2	19.7	42.4	38.9	4.3	3.5	3.1	3.0	4.6	4.7	6.7	6.4	3.8	4.7
6	21.1	21.6	45.1	40.6	4.2	3.5	3.2	3.0	4.6	4.8	6.8	6.7	5.7	3.4
8	21.3	22.3	39.9	39.9	4.1	3.5	3.3	3.0	4.7	4.8	6.7	6.7	4.4	3.2
10	18.9	24.3	39.2	39.8	4.2	4.1	3.3	3.1	4.8	4.7	6.7	6.6	4.3	3.8
12	22.5	27.6	38.1	39.4	4.2	3.8	3.4	3.2	4.7	4.7	6.6	6.6	4.1	4.3

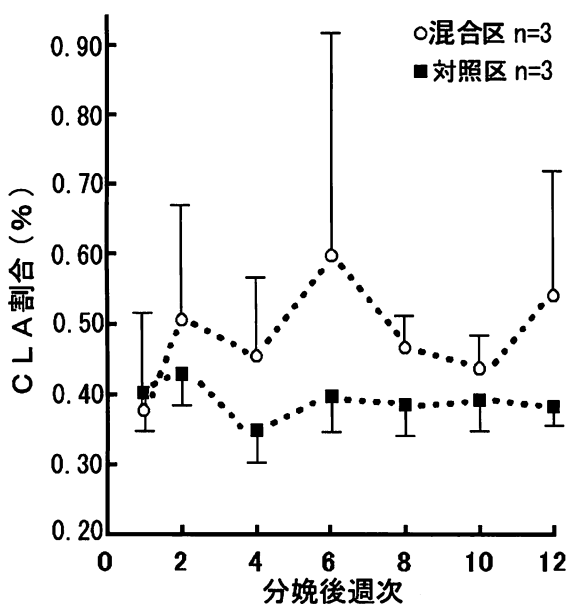
第3表 乳脂肪中の脂肪酸割合

週次	C4~C14		C16:0		C18:0		C18:1		C18:2		CLA		C18:3	
	対照	混合	対照	混合	対照	混合	対照	混合	対照	混合	対照	混合	対照	混合
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1	16.6	12.4	27.6	23.8	12.7	14.7	32.0	34.5	2.5	2.8	0.40	0.38	0.36b	0.50a
2	22.9	17.0	28.0	25.1	10.7	11.9	26.8	33.0	2.7	3.6	0.43	0.51	0.29b	0.53a
4	25.2	23.6	29.4	25.2	10.1b	12.2a	24.0	24.6	2.2b	3.2a	0.35	0.45	0.30b	0.52a
6	28.0	27.5	28.4	28.7	10.4	10.7	21.9	20.7	2.8	3.5	0.40	0.60	0.39	0.41
8	29.5	26.7	30.4	29.3	8.8	11.3	20.1	21.4	2.4	2.9	0.39	0.47	0.33	0.48
10	27.4	27.8	30.6	28.1	10.1	10.5	21.0	19.5	2.5b	3.3a	0.39	0.44	0.34	0.42
12	29.7	27.2	31.9	26.2	8.9	10.4	18.3	20.6	2.4	3.1	0.38	0.54	0.38	0.50

1) 混合：豆腐粕混合区

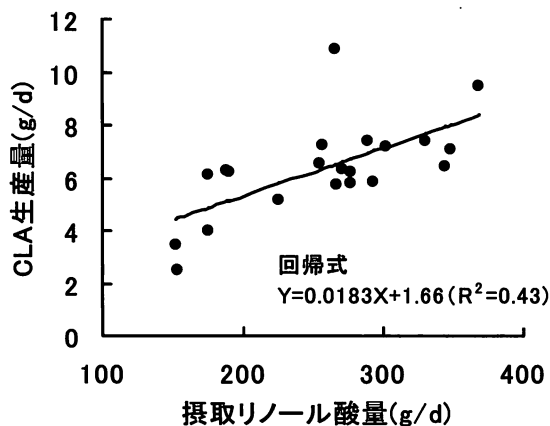
2) C4~C14は短鎖・中鎖脂肪酸，C16:0はパルミチン酸，C18:0はステアリン酸，C18:1はオレイン酸，C18:2リノール酸，C18:3リノレン酸。

3) 統計処理は分散分析を実施し，アルファベットの異符号間に5%水準で有意差あり



第1図 泌乳初期におけるCLA割合の推移

1) 混合区：豆腐粕混合区



第2図 摂取リノール酸量とCLA生産量 (豆腐粕混合)

娩後の週次が進むにつれて増加し，それに伴って乳量も増加したが，両区とも同程度で有意差はなかった。乳脂肪率と乳タンパク質率は両区とも2週次程度まではやや高かったが，4週次以降はそれぞれ3.5~4.0%，3.0~3.2%で推移し，両区とも同程度で有意差はなかった。乳糖率は両区とも週次の違いによる変化が少なく，両区とも同程度で有意差はなかった。

第一胃 pH および総原虫数は両区ともそれぞれ6.4~6.8および $2.3 \sim 5.7 \times 10^6$ 個と同程度で正常値で推移し，有意差はなかった。CLAの異性体は共益二重結合の炭素位置が異なる位置異性体で，かつ，シス型あるいはトランス型の幾何異性体が存在する。食品中に検出される主要な異性体のうち，カルボキシル基末端から9番目と11番目に共益結合を持つシス9トランス11CLAが最も多いことが知られている(山内ら2003)。シス9トランス11CLA生産を最大にするためには，第一胃 pH が6.0以上に維持できる飼料構成が必要であることが示唆されており(Marin・Jenkins 2002)，第一胃 pH からみた第一胃内容液性状は，両試験区ともこの条件を満たしていると推察された。

第3表に乳脂肪中の脂肪酸割合を示し，CLA割合と分娩後週次との関係を第1図に示した。C4~C14(短鎖・中鎖脂肪酸)とC16:0(パルミチン酸)およびC18:1(オレイン酸)は両区とも同程度で有意差はなかった(第3表)。C4~C14とC16:0割合は両区とも週次が進むにつれて増加したのに対し，C18:1は逆に減少した。これら脂肪酸のうちC10~C14は飼料中の粗飼料に，C16:0は濃厚飼料に由来する脂肪酸が多いのに対し，C18:1は体脂肪に由来するものが多い。したがって，上述の脂肪酸割合の変化は，泌乳初期ではエネルギーを体脂肪の動員に依存している状態から乾物摂取量の増加に伴う飼料からのエネルギー獲得に速やかに転換しているためとする和田ら(2005)の報告を支持するものと考えられた。

CLAの割合は対照区が試験開始時と同程度で推移したのに対し，豆腐粕混合区では試験開始後増加傾向となり，統計的有意差は得られなかったものの，豆腐粕混合区が対照区に比べて多い傾向にあった(第3表，第1図)。CLAはC18:2が第一胃内のセルロース分解菌によって水素添加反応を受けた中間体として生成される(山内ら2003)。豆腐粕混合区のC18:2割合は，対照区で0.97~0.98%であったのに対し，1.25~

1.26%と約3割程度高い(第1表)。したがって、豆腐粕混合区の試験牛はC18:2を多く摂取するため、CLA割合が高く推移したものと推察された。

豆腐粕混合区のCLA割合が対照区と比べて高く推移したのはリノール酸(C18:2)の摂取量によるか否かを解析するため、豆腐粕混合区の試験牛が摂取したC18:2含量とCLA生産量の関係を第2図に示した。すなわち、乳牛が1日に摂取したC18:2含量を乾物摂取量と給与飼料中のC18:2割合から算出し、1日あたりのCLA生産量を乳量と乳脂肪率およびCLA割合から計算し、両者の関係を調べた。CLA生産量を目的変数、摂取したC18:2含量を説明変数とする回帰分析を行った結果、 $R^2=0.43$ と1%水準で有意な決定係数が得られた。このことは、リノール酸をより多く摂取することによりCLA生産量が増加する傾向にあることを示している。したがって、泌乳初期牛に豆腐粕を混合したTMRを給与するとリノール酸の摂取量が増加し、生乳中CLA割合が増加するものと考えられた。

謝 辞

本研究に際し、給与試験では乳牛の飼養管理に当たり労を煩わせた福岡県農業総合試験場乳牛チーム職員諸氏に深謝します。

引用文献

- Dhiman TR, Satter LD, Pariza MW, Galli MP, Albright K, Tolosa MX (2000) Conjugated Linoleic Acid (CLA) Content of Milk from Cows Offered Diets Rich in Linoleic and Linolenic Acid. *J. Dairy Sci.* 83: 1016-1027.
- 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構編 (2006) 日本飼養標準乳牛(2006年版). 中央畜産会, 東京, p. 127-135.
- 独立行政法人農業技術研究機構 (2001) 日本標準飼料成分表(2001年版). 中央畜産会, 東京, p. 16-88.
- Folch J, Lees M, Stanley GHS(1957) A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226: 497-509.
- 自給飼料品質評価研究会(編)(2001)改訂 粗飼料の品質評価ガイドブック. 日本草地協会, 東京, p. 5-13.
- 家守紹光・横山 学・北崎宏平・馬場武志・古賀康弘 (2007) 農業関係試験研究の成果. 福岡県農政部, p. 75-76.
- Kay JK, Mackle TR, Auldish MJ, Thomson NA, Bauman DE (2004) Endogenous Synthesis of cis-9, trans-11 Conjugated Linoleic Acid in Dairy Cow Fed Fresh Pasture. *J. Dairy Sci.* 87: 369-378.
- 菅原龍幸・前川昭雄 監修 (2000) 新・食品分析ハンドブック. 建帛社, 東京, p. 46-57.
- Marin SA, Jenkins TC (2002) Factors affecting conjugated linoleic acid and trans-C18:1 fatty acid production by mixed ruminal bacteria. *J. Ani. Sci.* 80: 3347-3352.
- 梅村恭子 (2008) 放牧飼養で生産される牛乳中の共役リノール酸濃度. 畜産技術(5): p. 2-4.
- 山内 清・河原 聡・竹之山真一 (2003) 共役リノール酸に関する研究動向 牛乳・乳製品. *Milk Science* 52(1): 17-31.
- 山内 清・河原 聡 (2004) 反芻家畜由来乳肉脂肪中の神秘的な生理活性共役リノール酸. 西畜会報47: 11-19.
- 山崎正夫・山田耕路 (2002) 共役リノール酸の免疫調節機能. 日食工誌49: 130-134.
- 和田賢二・海老原真一・今野幹男・遠藤 洋・長谷川真一・小形芳美・板垣昌志・星 昌孝 (2005) 乳牛における乳汁中脂肪酸組成分析の臨床的意義について. 家畜診療52: 137-145.
- 全国農業共済協会 (1997) 第8節 第一胃内容液検査. 家畜共済における臨床病理検査要領(農林水産省経済局編)平成9年度改定版. 全国農業共済協会, 東京, p. 309-326.