

지방산 조성 비율이 다른 유기농 사료 급여가 홀스타인 원유의 CLA 및 지방산 함량에 미치는 영양

남인식* · 임양천** · 남기택***

Effects of Feeding Organic Diets with Different Fatty Acid Composition Ratio on CLA and Fatty Acid Contents in Raw Milk of Holstein-Friesian Dairy Cows

Nam, In-Sik · Lim, Yang-Cheon · Nam, Ki-Taeg

The aim of this study was to determine the effects of feeding of different organic diets (based on fatty acid contents) on CLA and fatty acid concentration of raw milk. Total two hundred and ninety Holstein cows were divided into control, treatment 1 and treatment 2 groups according to the parity and milk yield. Control diet was contained higher C16:0, C18:2 and SFA. Treatment 1 diet was higher in C18:1, C18:2, UFA and treatment 2 diet was higher in MUFA and C18:3 and PUFA. The results indicated that the C16:0 concentration in raw milk was greater in the group of treatment 2 than in control and treatment 1 ($p<0.05$). The concentration of CLA in treatment 2 was higher compared to treatment 1 and control groups ($p<0.05$). The ration of n-3/n-6 was higher in treatment 2 group compared with control and treatment 1 ($p<0.05$). In conclusion, feeding 100% of grass feed for dairy cows increases CLA and n-3 content in milk. From now on, basis on our study, development of functional milk will increase a health of children and old people.

Key words : CLA, fatty acid, lactating cow, organic feed, raw milk

* Co-first author, 환경대학교 고품질친환경축산연구센터

** Co-first author, (주)오린, 환경대학교 동물생명환경과학과

*** Corresponding author, 환경대학교 동물생명환경과학과(ktnam@hknu.ac.kr)

I. 서 론

기하학적 이성질체 형태를 나타내는 Conjugated Linoleic Acid (CLA)는 주로 반추동물의 체내에서 생화학적 지방 대사를 통하여 생산된다. 대표적인 불포화지방산으로 알려진 linoleic acid (C18:2, *cis*-9, *cis*-12)와 linolenic acid (C18:3, *cis*-9, *cis*-12, *cis*-15) 등이 다량 함유되어 있는 농후사료와 조사료를 반추동물에 급여할 경우 반추위 내 미생물에 의해 biohydrogenation 과정을 거쳐 중간대사 산물인 CLA 및 *trans*-11 vaccenic acid로 변환 과정을 거친 후 최종적으로 포화지방산인 stearic acid (C18:0)로 변환된다(Kemp and Lander, 1984; Kim et al., 2002; Nam and Garnsworthy, 2007). 또한 반추위 내 미생물에 의하여 생산된 *trans*-11 vaccenic acid는 체내로 흡수되어 체 조직에서 Δ^9 -desaturase에 의하여 생합성 과정을 거쳐 CLA로 변환된다(Bauman et al., 2001). CLA에는 여러 종류의 이성질체가 있는 것으로 알려져 있는데, 그 중 *cis*-9, *trans*-11과 *cis*-10, *trans*-12 CLA가 가장 높은 비율을 차지하고 있으며, 생리적으로 가장 활발하여, 인체에 이로운 여러 가지 역할을 하는 것으로 알려졌다. CLA는 항 당뇨, 체지방을 감소, 면역체계 촉진, 동맥 경화증 예방, 항암효과가 있는 것으로 임상실험을 통하여 보고되고 있다(Liew et al., 1995; Nicolosi et al., 1997; Houseknecht et al., 1998; Sugano et al., 1998; Blankson et al., 2000). 이처럼 CLA는 인간건강에 있어서 아주 중요한 역할을 수행하고 있는 것으로 확인됨에 따라 이와 관련하여 많은 연구가 진행되어 왔다. 지금까지 보고된 연구내용을 보면 반추동물에서 생산되는 CLA의 기능과 CLA 생산과 관련된 반추위 내 미생물의 역할과 기능은 상당부분 연구가 진행된 것으로 나타나고 있다(Kemp et al., 1975; Hazlewood et al., 1976). 반면에 유기농 사료의 형태 조절 및 급여가 유기농 원유 내 CLA에 미치는 영향 등에 연구는 보고된 것이 거의 없는 것으로 나타나 본 연구에서는 지방산 조성에 따른 유기농 사료급여가 유기농 원유의 CLA 및 지방산 변화에 미치는 영향을 조사하기 위한 목적으로 실시하였다. 본 연구 결과를 통하여 유기농과 건강 기능성을 추가한 유제품의 개발이 가능할 것으로 판단되며 이를 통하여 건강 웰빙 축산식품 생산에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

II. 재료 및 방법

1. 공시동물 및 실험설계

본 연구에 사용된 공시동물은 평균체중이 652kg (± 40.21)인 홀스타인 착유우 290두를 이용하였으며, 산유량, 평균체중, 산차 등을 고려하여 대조구 및 처리구(텐덤 착유기를 사용하는 3개 농장에서 진행)당 각각 111(대조구), 124(처리구 1), 55(처리구 2)두씩 임의 배치하

여 실험을 진행하였으며 공시동물의 성적은 Table 1과 같다. 본 연구에 사용된 모든 공시동물의 적응기간은 1주, 본 실험기간은 2주로 하였으며 급여사료의 배합비 조성 및 화학적 조성은 Table 2, 급여사료의 지방산 조성은 Table 3에 나타내었다. 각 실험사료는 지방산 함량과 배합사료와 조사료 수준을 기초로 설계되었으며, 주요 내용은 다음과 같다. 대조구 (Control)는 처리구에 비하여 C16:00 (Palmitic acid), C18:2 (Linoleic acid)의 함량과 Saturated fatty acid (SFA)의 함량이 높게 설계되었다(대조구의 C18:2 함량은 처리구 1과 유사한 수준). 처리구 1(Treatment1)은 C18:1 (Oleic acid), C18:2 (Linoleic acid), UFA (Unsaturated fatty acid) 및 Mono-unsaturated fatty acid (MUFA) 함량을 높게 설계하였다. 또한 처리구 2 (Treatment 2)는 C18:3 (Linolenic acid), Poly-unsaturated fatty acid (PUFA)의 함량을 높게 설계하였다. 아울러 n-6/n-3 비율은 처리구 2에서 가장 낮았다. 사료는 오전과 오후에 정량 급여하였으며, 착유시간은 06:00와 18:00에 1일 2회 착유하였다. 원유 내 지방산 함량은 총 2주의 실험기간 중 주 2회씩 3개 목장의 전용 냉각기에 보관중인 혼합 원유를 각각 100 ml 씩(대조구 및 처리구별 4개 혼합 샘플) 채취하여 분석에 사용하였다. 물과 mineral block은 자유롭게 섭취토록 하였다.

Table 1. The condition of experimental dairy cows before feeding trial

Item	Control	Treatment 1	Treatment 2
No. of Cows (head)	111	124	55
Body weight (kg)	653.86±44.65	642.43±42.56	661.33±42.56
Milk yield (kg/head/day)	28.59±2.57	36.07±3.15	29.54±2.09
Milk fat (%)	3.96±0.17	3.47±0.22	3.75±0.18
Milk protein (%)	3.34±0.10	3.17±0.14	3.11±0.06
Lactose (%)	4.76±0.08	4.75±0.18	4.77±0.07
SNF ¹⁾ (%)	8.77±0.15	8.59±0.28	8.48±0.16
Casein B (%)	2.51±0.08	2.39±0.15	2.35±0.05
MUN ²⁾ (mg/dl)	14.90±1.56	10.12±1.14	12.63±1.53
SCC ³⁾ (mℓ×10 ³)	244.17±65.25	293.92±81.86	238.25±71.68
MUFA ⁴⁾	1.32±0.15	1.24±0.14	1.20±0.11
PUFA ⁵⁾	0.24±0.02	0.24±0.03	0.24±0.02
SFA ⁶⁾	2.49±0.07	2.15±0.11	2.41±0.10

¹⁾SNF, Solid non fat; ²⁾MUN, Milk in urea nitrogen; ³⁾SCC, Somatic cell count; ⁴⁾MUFA, Mono unsaturated fatty acid; ⁵⁾PUFA, Poly unsaturated fatty acid; ⁶⁾SFA, Saturated fatty acid

Table 2. The ingredients and contents of experimental diet (DM basis)

Item	Control	Treatment 1	Treatment 2
	Ingredients of experiential diets (%)		
Concentrate ¹⁾	47.39	54.92	-
Alfalfa hay	5.47	12.24	16.67
Meadow hay	-	3.50	16.67
Oats hay	10.94	5.25	16.67
Timothy hay	7.29	-	-
Tall fescus hay	7.29	-	-
Pasture pellet	-	5.25	50
Beet pulp pellet	7.29	-	-
Italian ryegrass (haylage)	-	7.95	-
Oat (haylage)	-	1.59	-
Sudan grass (haylage)	-	4.77	-
Corn silage	6.63	3.97	-
Cottonseed	7.29	-	-
Supplemental feed	0.42 ²⁾	0.57 ³⁾	-
Total	100.00	100.00	100.00
	Chemical composition of experiential diets (%)		
Moisture	46.08	38.69	32.15
Crude protein	14.67	15.23	14.97
Crude fat	5.04	4.47	3.40
Crude fiber	23.68	15.95	27.61
Crude ash	7.23	9.15	8.70
Calcium	0.59	0.70	0.49
Phosphate	0.45	0.49	0.38
ADF ⁴⁾	35.44	24.63	38.70
NDF ⁵⁾	62.57	52.01	66.01

¹⁾ Commercially formulated feed

²⁾ Containing 0.31% of multi vitamin (Containing 200 mg manganese, 100 mg cobalt, 4,000 mg sulfur, 150 mg iodine, 2,000 iron, 100 mg zinc, 100 mg copper, 50 mg nickel, 2,000 mg calcium, 3,000 mg magnesium, 40 µg selenium.), 0.20% of limestone and 0.06% of salt

³⁾ Containing 0.21% of prebiotic and 0.21% of salt

⁴⁾ ADF, Acid detergent fiber; ⁵⁾NDF, Natural detergent fiber

Table 3. Fatty acid contents of experimental diets in each different treatment group

Fatty acid	Fatty acid content of each treatment diet (%)		
	Control	Treatment 1	Treatment 2
C10:0 ¹⁾	0.32±0.05	0.03±0.01	0.03±0.01
C12:0 ²⁾	4.35±0.68	0.15±0.02	0.36±0.05
C14:0 ³⁾	1.88±0.15	0.36±0.04	0.75±0.04
C16:0 ⁴⁾	23.98±5.37	16.59±1.30	16.40±2.16
C16:1 ⁵⁾	0.38±0.15	0.36±0.05	2.19±0.08
C18:0 ⁶⁾	3.14±0.71	2.37±0.11	1.87±0.05
C18:1 ⁷⁾	16.95±1.43	23.64±0.98	4.21±0.23
C18:2 ⁸⁾	37.14±3.24	38.39±1.73	19.70±0.34
C18:3 ⁹⁾	7.43±1.26	11.14±1.35	42.25±1.00
C20:2 ¹⁰⁾	0.13±0.06	0.22±0.08	0.07±0.02
C20:3 ¹¹⁾	0.11±0.05	0.12±0.01	0.43±0.01
C20:4 ¹²⁾	0.45±0.24	1.10±0.08	0.34±0.06
C24:1 ¹³⁾	0.34±0.06	0.34±0.03	0.76±0.01
Total	96.61±1.24	94.80±0.46	88.24±0.89
SFA ¹⁴⁾	33.67±4.64	19.50±1.42	19.93±0.43
UFA ¹⁵⁾	62.94±4.00	75.30±1.19	69.10±0.53
MUFA ¹⁶⁾	17.67±1.61	24.33±0.90	7.22±0.23
PUFA ¹⁷⁾	45.27±2.54	50.96±1.89	63.26±1.09
UFA/SFA ¹⁸⁾	1.94±0.37	3.89±0.34	3.38±0.19
n-6/n-3 ¹⁹⁾	5.22±1.06	3.52±0.45	0.54±0.05

¹⁾C10:0, Decanoic acid; ²⁾C12:0, Lauric acid; ³⁾C14:0, Myristic acid; ⁴⁾C16:0, Palmitic acid; ⁵⁾C16:1, Palmitoleic acid; ⁶⁾C18:0, Stearic acid; ⁷⁾C18:1, Oleic acid; ⁸⁾C18:2, Linoleic acid; ⁹⁾C18:3, Linolenic acid; ¹⁰⁾C20:2, Ecosenoic acid; ¹¹⁾C20:3, Ecosatrienoic acid; ¹²⁾C20:4, Arichidonic acid; ¹³⁾C24:1, Pentadecenoic acid; ¹⁴⁾SFA, Saturated fatty acid; ¹⁵⁾UFA, Unsaturated fatty acid; ¹⁶⁾MUFA, Mono unsaturated fatty acid; ¹⁷⁾PUFA, Poly unsaturated fatty acid; ¹⁸⁾UFA/SFA, The rate of UFA and SFA; ¹⁹⁾n-6/n-3, The rate of n-6 and n-3

2. 실험사료 및 원유 분석

본 실험에 사용된 사료의 화학 성분은 AOAC (1995)의 방법에 준하였으며, 조섬유, NDF, ADF 함량은 조섬유 분석장치(Fibertec system 1020)로 Van Soest (1991)의 분석방법에 따라 분석하였다. 실험사료의 주요 미네랄 성분인 Ca과 P의 함량을 분석하기 위한 방법은 다음

과 같다. 실험사료 0.3 g을 실험관에 넣고 3 ml의 nitric acid를 주입 후 150°C heating block에서 2~3시간 동안 가열 산 분해를 실시하였다. 실험사료가 완전히 분해되면 실온에서 방냉 후 3차 증류수를 첨가하여 nitric acid 농도를 희석하였다. 희석된 실험 sample은 filter paper로 여과 후 ICP (6000 Series, Thermo)를 이용하여 Ca과 P 분석을 실시하였다. 이때 Ca과 P 원소별 파장은 Ca은 317.933nm, P은 213.617 nm로 각각 설정하였다. 실험사료와 원유의 지방산 분석은 Hara와 Robin (1978) 방법을 이용하였으며 지방산 분석 항목 및 결과는 Table 3과 같다. 본 연구를 수행한 3개 목장에서 사육되는 공시동물의 평균 산유량에 대한 조사는 Milkmeter (Waikato mark 5)를 이용하였으며, 원유 내 유성분 함량은 유성분분석기기 (Automatic IR 4000/5000 Milk Analyzer, Foss Electric)를 이용하여 지방, 단백질, 락토스, 무지고형분, 카제인 B, 체세포, 요소태질소(MUN), MUFA, PUFA, SFA를 분석하였다.

3. 통계분석

본 실험의 결과로 얻어진 대조구와 2개의 처리구에 임의 배치된 홀스타인 착유우에서 생산된 원유의 CLA 등 지방산에 대한 통계처리는 SAS (Statistical Analysis System, 2002) package의 GLM (General Linear Model)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였으며 유의한 차이가 있는 항목에 대해서는 다중검정분석을 이용하여 $p < 0.05$ 수준에서 유의한 차이를 검증하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 원유의 C6:0~C16:1에 미치는 영향

지방산 조성 비율이 다른 유기농 사료 급여가 원유 내 C6:0~C16:1에 미치는 영향은 Table 4에 나타내었다. 지방산 조성이 다른 사료급여가 원유의 C6:0, C8:0, C10:0, C12:0, C14:0, C14:1, C15:0 및 C16:1에서는 각 처리구간 유의성을 발견하지 못하였다. 반면에 C:16:0인 palmitic acid는 처리구 2에서 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). 사료 내 palmitic acid함량은 대조구에서 23.98%, 처리구 1에서 16.59%, 그리고 처리구 2에서 16.40% 수준이었으나 반추위 내 미생물의 지방대사과정을 통하여 대조구에서 31.81%, 처리구 1에서 28.36%, 그리고 처리구 2에서 33.5%로 처리구 2 > 대조구 > 처리구 1 순으로 나타났다. 처리구 2에서 C:16:0이 타 처리구에 비하여 유의적으로 증가한 것으로 나타났는데 이는 100% 양질의 건초로 이루어진 사료의 반추위 발효 특성 때문인 것으로 판단된다. 대조구와 처리구 1의 경우 사료 내 배합사료 비율이 각각 47.39%, 54.91%로 처리구 2와 상반된 배합비율을 보여 주고

있다. 특히 건초중심으로 급여할 경우 반추위 내 pH는 배합사료보다 안정적으로 유지가능하며, 또한 양질의 조사료는 반추위 내 섬유소분해 박테리아의 증식과 활성화에 기여하여 VFA중에서 acetic acid의 농도를 상당부분 높일 수 있다. 본 연구 결과 처리구 2에서 C16:0의 농도가 타 실험구(대조구, 처리구1)에 비하여 유의적으로 증가한 이유는 양질의 조사료 급여로 인하여 반추위 내 pH가 안정적으로 유지되어 타 실험구 대비 높은 농도의 acetic acid가 생산됨에 따라 반추위 내 VFA *de novo* 생합성과정의 지속적 발생이 일어났기 때문인 것으로 판단된다(Knight et al., 1979; Palmquist and Jenkins, 1980).

Table 4. Effect of feeding of organic diets with different fatty acid composition ratio on fatty acid contents of raw milk produced from Holstein-Friesian dairy cows

Fatty acids	Fatty acid contents in raw milk (%)			SEM
	Control	Treatment 1	Treatment 2	
C6:0 ¹⁾	1.65	1.58	1.63	0.30
C8:0 ²⁾	1.27	1.31	1.27	0.19
C10:0 ³⁾	3.30	3.62	3.36	0.43
C12:0 ⁴⁾	4.55	4.26	4.04	0.44
C14:0 ⁵⁾	1.72	1.72	2.07	0.13
C14:1 ⁶⁾	1.72	1.72	20.7	0.13
C15:0 ⁷⁾	1.06	1.19	1.52	0.05
C16:0 ⁸⁾	31.81 ^b	28.36 ^c	33.5 ^a	0.43
C16:1 ⁹⁾	1.36	1.39	1.48	0.07

Standard error of the means (n=4).

^{a-c}Means with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

¹⁾C6:0, Hexanoic acid; ²⁾C8:0, Caprylic acid; ³⁾C10:0, Decanoic acid; ⁴⁾C12:0, Lauric acid; ⁵⁾C14:0, Myristic acid; ⁶⁾C14:1, Myristoleic acid; ⁷⁾C15:0, Pentadecanoic acid; ⁸⁾C16:0, Palmitic acid; ⁹⁾C16:1, Palmitoleic acid

2. 원유의 CLA 및 장쇄지방산 함량에 미치는 영향

Table 5는 지방산 함량을 기초로 한 유기농 사료급여가 홀스타인 착유우에서 생산된 원유에 함유된 장쇄지방산 중 포화지방산인 C18:0과 불포화지방산인 C18:1, C18:2, C18:3 및 기능성 지방산으로 보고되고 있는 두 가지 형태의 CLA (*cis*-9, *trans*-11과 *cis*-10, *trans*-12) 농도를 조사하였다. 포화지방산인 C18:0은 대조구와 처리구 1에서 각각 11.39% 및 10.88%를 나타내어 처리구 2(7.92%)보다 높은 것으로 나타났다. 원유 내 C18:1 농도는 처리구 1에서 26.28%로 가장 높았으며, 대조구에서 24.38% 그리고 처리구 2에서 20.13%로 나타났다

($p < 0.05$). 배합사료에 풍부하게 함유되어 있는 C18:2 함량으로 인하여 처리구 1에서 3.48%, 대조구에서 2.67% 그리고 처리구 2에서 1.53% 순으로 낮게 나타났다($p < 0.05$). 반대로 조사료에 다량 함유되어 있는 C18:3 함량은 처리구 2에서 1.42%, 처리구 1에서 0.75% 그리고 대조구에서 0.53% 순으로 조사되어($p < 0.05$) Table 3의 실험사료의 지방산 농도가 원유에 영향을 미친 것으로 판단된다.

Table 5. Effect of feeding of organic diets with different fatty acid composition ratio on long chain fatty acid and CLA contents of raw milk produced from Holstein-Friesian dairy cows

LCFA and CLA	Fatty acid contents in raw milk (%)			SEM
	Control	Treatment 1	Treatment 2	
C18:0 ¹⁾	11.39 ^a	10.88 ^a	7.92 ^b	1.00
C18:1 ²⁾	24.38 ^b	26.28 ^a	20.13 ^c	1.01
C18:2 ³⁾	2.67 ^b	3.48 ^a	1.53 ^c	0.09
C18:3 ⁴⁾	0.53 ^c	0.75 ^b	1.42 ^a	0.03
CLA ⁵⁾ (9c,11t)	ND ^b	0.03 ^b	0.25 ^a	0.01
CLA ⁶⁾ (10c,12t)	0.01	0.03	0.01	0.01

Standard error of the means (n=4).

^{a-c}Means with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$)

¹⁾C18:0, Stearic acid; ²⁾C18:1, Oleic acid; ³⁾C18:2, Linoleic acid; ⁴⁾C18:3, Linolenic acid; ⁵⁾CLA, conjugated linoleic acid (cis-9,trans-11); ⁶⁾CLA, conjugated linoleic acid (cis-10,trans-12)

기능성 지방산으로 보고되고 있는 CLA (*cis*-9, *trans*-11) 농도는 대조구에서 검출되지 않았으나 처리구 1에서 0.03%, 처리구 2에서 0.25%로 조사료만 100% 급여한 처리구 2에서 급격하게 증가한 것으로 조사되었다. 반면에 *cis*-10, *trans*-12 형태의 CLA는 모든 실험구에서 거의 유사한 수준으로 조사되었다. 배합사료에 다량 함유되어 있는 C18:2는 반추위 미생물의 생존에 악영향을 미치므로 반추위 미생물은 biohydrogenation 작용을 통하여 CLA 및 *trans*-11 vaccenic acid (C18:1, *trans*-11)를 거쳐 최종적으로 C18:0으로 변환시켜 고기 및 원유에 함유된다. 이는 반추동물에 배합사료를 다량 급여할 경우 포화지방산인 C18:0 농도가 고기에 증가하는 이유이기도 하다.

Biohydrogenation 작용과 CLA 생산에 관한 연구는 반추위미생물 제어를 통한 CLA 생산에 관한 연구(Nam and Garmsworthy, 2007), 사료조절을 통한 CLA 생산에 관한 연구 및 반추위 환경제어를 통한 CLA 생산에 관한 연구(Chilliard et al., 2001) 등 다양하게 진행되어

왔다. 본 연구결과에 의하면, *cis*-9, *trans*-11 CLA 농도가 처리구 2에서 급격하게 증가한 것을 알 수 있다. 반추위 미생물은 C18:2를 CLA로 변환시키는 효소는 있으나 C18:3을 CLA로 변환시킬 수 있는 대사 효소가 없다(Harfoot and Hazlewood, 1988). 그러나 C18:2와 C18:3은 반추위 미생물에 의하여 동일하게 C18:1 *trans*-11을 거쳐 C18:0으로 변환된다. 이때 비교적 지방구조가 단순한 C18:1 *trans*-11와 C18:0은 반추위 벽을 통과하여 혈액을 통하여 젖소의 유선세포까지 이르게 된다. 젖소의 유선세포에는 Δ^9 -desaturase라는 효소가 다량 존재한다(Bauman et al., 2001). 탈포화효소로 알려진 Δ^9 -desaturase의 기능은 C18:0을 C18:1 (*cis*-9)로 변환시키거나 C18:1 (*trans*-11)을 CLA (*cis*-9, *trans*-11)로 변환시키는 역할을 한다. 따라서 Table 5에서 C18:1 (*cis*-9)이 실험 사료 내(Table 3) C18:1 (*cis*-9) 함량보다 증가한 이유는 반추위 내에서 VFA *de novo* 생합성과정(Knight et al., 1979)과 유선세포에 있는 Δ^9 -desaturase 때문인 것으로 판단된다(Bauman et al., 2001). 마찬가지로 C18:3 함량이 풍부한 처리구 2에서 CLA 함량이 높은 이유는 반추위 미생물의 biohydrogenation 작용으로 변환된 C18:1 (*trans*-11)은 유선세포 내 Δ^9 -desaturase의 작용에 의하여 CLA (*cis*-9, *trans*-11)로 변환되어 원유로 배출된다. 유우 내 CLA 생산에 깊이 관여하는 유선세포 내 Δ^9 -desaturase기능은 육우보다 젖소에서 높다고 하였다(Chin et al., 1992). Lock과 Garnsworthy (2003)의 보고에 의하면, 원유 내 CLA 함량은 청초, 건초(사일리지), 배합사료 급여에 따라 다르며 청초를 급여할 때 원유 내 CLA 함량이 가장 높았으며 배합사료를 급여하면 CLA 함량이 가장 낮았다고 하여 본 연구 결과와 유사하였다.

3. 원유의 총 지방산 구성 및 비율에 미치는 영향

사료 내 지방산을 기초로 하여 설계 배합된 유기농 사료를 홀스타인 착유우에 급여 후 생산된 원유의 총 지방산 구성 및 비율에 미치는 영향은 Table 6에 나타내었다. SFA 함량은 대조구에서 68.98%, 처리구 1에서 65.25% 그리고 처리구 2에서 69.27%로 각 실험구별 유의성은 발견할 수 없었다. 불포화지방산 함량은 처리구 1(33.68%)에서 가장 높았고, 대조구에서 30.67%로 조사되었으며, 처리구 2에서 27.02%로 가장 낮았다($p < 0.05$). 불포화지방산인 MUFA와 PUFA 농도는 처리구 1에서 각각 29.38%, 4.29%로 가장 높았으며($p < 0.05$) 대조구에서 27.46%, 3.20% 그리고 처리구 2에서 각각 23.68%, 3.21%로 가장 낮았다. 원유 내 함유된 지방산 중 UFA와 SFA 비율은 다음과 같다. UFA/SFA 비율이 가장 높은 실험구는 처리구 1로 0.52% 이었으며, 대조구는 0.45%로 조사되었다. 그러나 100% 조사료만 급여한 처리구 2는 0.39%로 가장 낮았다. 또한 n-6와 n-3의 비율은 처리구 2에서 1.09%, 처리구 1에서 4.67% 그리고 대조구에서 5.05%로 조사되어 처리구 2에서 n-3 함량이 가장 높은 것으로 조사되었다($p < 0.05$). N-3 지방산의 일반적인 용어는 omega-3 지방산이다. 식품에 있어서 n-3 지방산 함량의 중요성에 관한 연구는 지속적으로 수행되어 왔다. n-3 지방산은 수정, 임신,

유아기 등 성장에 꼭 필요한 필수 지방산이다. 또한 n-3 지방산은 관상동맥 심장질환의 예방, 고혈압 예방, 류마티스 관절염 예방, 자가 면역 장애 예방, 암(유방암, 대장암) 예방 등에 효과가 있는 것으로 보고되고 있다(William et al., 2000). Table 6에서 처리구 2의 n-3 함량이 대조구 및 처리구 1에 비하여 높은 이유는 n-3 지방산 함량이 조사료에 많이 함유되어 있기 때문인 것으로 판단된다. 아울러 원유 검사 결과를 보면 n-3에 해당되는 α -linolenic acid 등이 대조구 및 처리구 1에 비하여 높기 때문인 것으로 판단된다. 포유동물에서 n-3 지방산은 음식 또는 사료를 통하여 섭취 가능하다(Barcelo-Coblijn and Murphy, 2009). 마찬가지로 반추동물도 n-3 지방산 *de novo* 생합성이 불가능하므로 원유 또는 고기 내 n-3 지방산 함량을 높이기 위해서는 linolenic acid (C18:3) 함량이 풍부한 조사료를 다량 급여하여야 한다.

Table 6. Effect of feeding of organic diets with different fatty acid composition ratio on total fatty acid contents and the rate of fatty acid of raw milk produced from Holstein-Friesian dairy cows

Total fatty acid	Fatty acid contents in raw milk (%)			SEM
	Control	Treatment 1	Treatment 2	
SFA ¹⁾	68.98	65.25	69.27	1.40
USF ²⁾	30.67 ^b	33.68 ^a	27.02 ^c	0.87
MUFA ³⁾	27.46 ^a	29.38 ^a	23.68 ^b	0.84
PUFA ⁴⁾	3.20 ^b	4.29 ^a	3.21 ^b	0.08
UFA/SFA	0.45 ^b	0.52 ^a	0.39 ^b	0.02
n-6/n-3 ⁵⁾	5.05 ^a	4.67 ^b	1.09 ^c	0.25

Standard error of the means (n=4).

a-c Means with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

¹⁾SFA, saturated fatty acids; ²⁾USF, unsaturated fatty acids; ³⁾MUFA, monounsaturated fatty acids; ⁴⁾PUFA, polyunsaturated fatty acids; ⁵⁾n-6, omega-6 unsaturated fatty acids and n-3, omega-3 unsaturated fatty acids.

IV. 적 요

본 연구는 지방산 함량 및 배합사료와 조사료 비율을 기초로 한 유기농 사료 급여가 홀스타인 착유우에서 생산된 원유의 CLA 및 지방산 함량에 미치는 연구를 조사하기 위한 목적으로 실시하였다. 총 290두의 홀스타인 착유우를 산차 및 유량에 따라 3개 group으로 나누었다. 대조구는 C16:00, C18:2 그리고 SFA를 높게 설계하였고, 처리구 1은 C18:1, C18:2 그리고 UFA 함량을 높게 설계하였으며 처리구 2는 MUFA, C18:3 그리고 PUFA 함량을 높

게 설계하였다. 결과를 요약하면 다음과 같다. 유기농 원유 내 C16:0 함량은 처리구 2에서 가장 높은 것으로 나타났다($p < 0.05$). 그 이유는 반추위 내 미생물의 *de novo* 생합성 때문인 것으로 판단된다. 처리구 2의 C18:0 함량은 7.92%로 대조구(11.39%)와 처리구 1(10.88%)보다 높았다($p < 0.05$). CLA 함량도 처리구 2가 처리구 1이나 대조구에 비하여 높은 것으로 나타났다($p < 0.05$). 원유 내에서 검출된 대부분의 CLA는 착유우 유선조직내의 Δ^9 -desaturase에 의하여 합성된 것으로 판단된다. n-3/n-6 비율도 처리구 2에서 가장 높은 것으로 나타났다($p < 0.05$). 본 연구 결과를 종합해 보면, 착유우에게 혼합 목건초 등을 급여하면 CLA, n-3 농도는 증가하며 C18:0 농도는 낮아지는 것으로 조사되었다. 본 연구는 유기농 인증된 조사료 및 농후사료를 이용하여 결과를 도출하였다. 그러나 유기농 사료를 사용할 경우에만 원유 내 CLA 및 n-3 농도는 증가한다고 볼 수 없다. 원유 내 고농도의 CLA 및 n-3 지방산 생산을 위해서는 반추위 미생물 및 유선세포의 지방 대사를 통한 CLA 생산 메커니즘에 대한 충분한 이해와 급여 사료 내 지방산 구성 등이 중요한 것으로 판단된다.

[Submitted, January. 13, 2017 ; Revised, January. 30, 2017 ; Accepted, February. 2, 2017]

References

1. A. O. A. C. 1995. Official method of analysis (16th Ed). Association of Official Analytical Chemists Washington, D. C.
2. Barcelo-Coblijn, G. and E. Murphy. 2009. Alpha-linolenic acid and its conversion to longer chain n-3 fatty acid: benefits for human health and a role in maintaining tissue n-3 fatty acid levels. *Prog. Lipid Res.* 48: 355-374.
3. Bauman, D. E., L. H. Baumgard., B. A. Corl, and J. M. Griinari. 2001. Conjugated linoleic acid (CLA) and the dairy cow, In: Garnsworthy, P. C. and J. Wiseman. (Eds.). *Recent Advances in Animal Nutrition*. Nottingham University Press. Nottingham, pp. 221-250.
4. Blankson, H., J. A. Stakkestad., H. Fagertun., E. Thom., J. Wadstein, and O. Gudmundsen. 2000. Conjugated linoleic acid reduces body fat mass in overweight and obese humans. *J. Nutr.* 130: 2943-2948.
5. Chilliard, Y., A. Ferlat, and M. Doreau. 2001. Effect of different type of forages, animal fed or marine oils in cow's diet on milk fat secretion and composition, especially conjugated linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acids. *Livest. Prod. Sci.* 70: 31-48.
6. Chin, S. F., W. Liu., J. M. Storkson., Y. L. Ha, and M. W. Pariza. 1992. Dietary source of

- dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens. *J. Food Compos. Anal.* 5: 185-179.
7. Hara, A. and N. S. Radin. 1978. Lipid extraction of tissues with a low-toxicity solvent. *Anal. Biochem.* 90: 420-426.
 8. Harfoot, C. G. and G. P. Hazlewood. 1988. Lipid metabolism in the rumen. In *The rumen microbial ecosystem* (Ed. P.M. Hobson). Elsevier Applied Science. London and New York, pp. 285-322.
 9. Hazlewood, G. P., P. Kemp., D. Lander, and R. M. C. Dawson. 1976. C₁₈ unsaturated fatty acid hydrogenation patterns of some rumen bacteria and their ability to hydrolysis xogenous phopho lipid. *Br. J. Nutr.* 35: 293-297.
 10. Houseknecht, J. M., J. P. Vanden Heuvel, C. P Moya-Carnarena, L. Portocarrero, L. W. Peck., K. P. Nickel, and M. A. Belury. 1998 Dietary conjugated linoleic acid normalizes impaired glucose tolerance in the zucker diabetic fatty fa/farat. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 244: 678-682.
 11. Kemp, P. and D. J. Lander. 1984. Hydrogenation *in vitro* of α -linolenic acid to stearic acid by mixed culture of pure strains of rumen bacteria. *J. Gen. Microbiol.* 130: 527-533
 12. Kemp, P., R. W. White, and D. J. Lander. 1975. The hydrogenation of unsaturated fatty acids by five bacterial isolated from the sheep rumen, including a new species. *J. Gen. Microbiol.* 90: 100-114.
 13. Kim, E. J., J. G. Jun., H. S. Park., S. M. Kim., Y. L. Ha, and J. H. Park. 2002. Conjugated linoleic acid (CLA) inhibits growth of Caco-2 colon cancer cells: Possible mediation by oleamide. *Anticancer Res.* 22: 2193-2197.
 14. Knight, P., J. D. Sutton., J. E. Storry, and P. E. Brumby. 1979. Rumen microbial synthesis of long chain fatty acids. *Proceedings of the Nutrition Society* 38: 4A.
 15. Liew, C., H. A. J. Schut., S. F. Chin., M. W. Pariza, and R. H. Dashwood. 1995. Protection of conjugated linoleic acid against 2-amino-3-methylimidazo[4,5-f] quinoline-induced colon carcinogenesis in the F344 rat: a study of inhibitory mechanisms. *Carcinogenesis* 16: 3037-3043
 16. Lock, A. L. and P. C. Garnsworthy. 2003. Seasonal variation in milk conjugated linoleic acid and Δ^9 -desaturase activity in dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 79: 47-59.
 17. Nam, I. S. and P. C. Garnsworthy. 2007. Biohydrogenation of linoleic acid by rumen fungi compared with rumen bacteria. *J. Appl. Microbiol.* 103: 551-556.
 18. Nicolosi, R. J., E. J. Rogers., D. Kritchevsky., J. A. Scimeca, and P. J. Huth. 1997. Dietary conjugated linoleic acid reduce plasma lipoprotein and early aortic atherosclerosis in

- hypercholesterolemic hamsters. *Artery* 22: 266-277.
19. Palmquist, D. L. and T. C. Jenkins. 1980. Fats in lactation rations. *J. Dairy Sci.* 63: 1-14.
 20. SAS. 2002. SAS User's Guide. Statistics, Version 8.0 Edition. SAS Institute, Inc. Cary, N. C.
 21. Sugano, M., A. Tsujita., M. Yamasaki., M. Noguchi, and K. Yamada. 1998. Conjugated linoleic acid modulates tissues levels of chemical mediators and immunoglobulins in rats. *Lipids* 33: 521-527.
 22. Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3592..
 23. William, E., M. D. Connor, and L. Sonja. 2000. The importance of N-3 fatty acid in health and disease. IIFET Proceeding.