

# 산양유의 지방분해 특성과 지방산 조성이 산양유 이취에 미치는 영향

임영순\*\* · 함준상\*\* · 정석근\*\* · 안종남\*\* · 최석호\*

상지대학교\*, 농촌진흥청 축산과학원\*\*

## Effects of Lipolysis and Fatty Acid Composition on Off-flavor in Goat Milk

Y. S. Lim\*\*, J. S. Ham\*\*, S. G. Jeong\*\*, J. N. Ahn\*\* and S. H. Choi\*

Division of Animal Science and Life Resources, Sangji University\*,

National Institute of Animal Science, RDA\*\*

### ABSTRACT

The average milk fat content in goat milk was 3.88% on yearly basis. The milk fat content of 3.8% during summer season was lower than 4.2% during winter season. Total solid content increased in proportion to milk fat. When goat milk was stored at 4°C for 24 hr, short-chain FFA (C<sub>4:0</sub>~C<sub>10:0</sub>) and medium- and long-chain FFA (C<sub>12:0</sub>~C<sub>18:1</sub>) increased about 106% and 203%, respectively. Induced lipolysis of goat milk by homogenization increased short-chain FFA and medium- and long-chain FFA by 22% and 199%. When goat milk was treated with calf lipase, there was increase of short-chain FFA by 9 times greater than increase of medium- and long-chain FFA by 5.6 times. Treatment with lipases from *Candida rugosa* and *Pseudomonas fluorescens* resulted in increase of medium- and long-chain FFA by 34 and 162 times, respectively, which was greater than increase of short-chain FFA by 6 and 14 times, respectively. Lipolysis in goat milk stored at 4°C for 24 hr was correlated with LPL activity in goat milk (r=0.5635). Off-flavor of goat milk was correlated with LPL activity (r=0.5777). Milk fat content was negatively correlated with LPL activity (r=-0.4627). Palmitic acid content in goat milk was correlated with off-flavor (r=0.7226).

**(Key words :** Goat milk, Free fatty acid, Lipoprotein lipase, Lipolysis, Off-flavor of goat milk)

### I. 서 론

유제품의 품질평가에 있어서 관능적 특성 특히, 향기와 맛(풍미)은 가장 중요한 평가요인 중의 하나이다. 산양유 유제품의 풍미는 대부분 유지방에 의해 결정되며, 소수의 지방산과 분지지방산을 포함하는 휘발성 유리지방산들이 특징적인 향미를 형성한다(Arnold 등, 1975; Ha와 Lindsay, 1991). 원유 또는 유제품의 지방 중

에는 triglyceride 이외에 유리지방산 및 지방산의 분해물 등이 함유되어 있어 풍미에 영향을 미친다. 저장 기간 및 환경 등 보존 조건이 불량할 경우 자동산화, 변향, 산패 등과 같은 유지의 변질, 즉 지방분해에 의한 휘발성 저급 유리지방산(C<sub>4</sub>~C<sub>10</sub>)이 생성되며, 이는 풍미 품질을 저하시키는 요인이 될 수 있다.

유제품의 지방분해는 지방구내의 중성지방이 분해되어 유리지방산으로 전환하는 반응이다.

Corresponding author : Suk Ho Choi, Division of Animal Science and Life Resources, Sangji University, Wonju, 220-702. Tel : 033-730-0543, Fax : 033-730-0503, E-mail : [shchoi@sangji.ac.kr](mailto:shchoi@sangji.ac.kr)

냉장 저장된 우유에서 일어나는 자발적 지방분해(spontaneous lipolysis)는 lipoprotein lipase (LPL)의 활성에 의한 것이다. 진탕, 포말형성 및 온도 변화에 의한 LPL 활성으로 일어나는 반응을 유도적 지방분해(induced lipolysis)라 한다. 유지지방분해와 LPL 활성은 중성지방의 분해를 유발하나 구분될 수 있는 현상이다(Chilliard 등, 2003).

우유와 산양유는 유선세포에서의 지방산 합성 기작이 다르며, 유지방 중 우유는 C<sub>4:0</sub>, 일부는 C<sub>16:0</sub>의 함량 비율이 높은 것에 비하여 산양유는 C<sub>8:0</sub>과 C<sub>10:0</sub> 등의 함량이 높다(Glass 등, 1967). 산양 유지방의 각각 지방산들을 C<sub>4</sub>~C<sub>8</sub>, C<sub>10</sub>~C<sub>16</sub> 그리고 C<sub>18</sub> 지방산 등 3개 그룹으로 나누어 관계를 나타낼 수 있다. C<sub>10</sub>~C<sub>16</sub> 지방산의 함량은 C<sub>18</sub> 지방산의 함량과 역의 상관관계를 가지며, C<sub>4</sub>~C<sub>8</sub> 지방산의 함량은 C<sub>18</sub> 지방산 및 C<sub>10</sub>~C<sub>16</sub> 지방산과 상관관계가 없으나 C<sub>16:0</sub> 지방산과는 역의 상관관계를 가지고 있다(Chilliard 등, 2003). 사료에 유지를 첨가함으로써 유지방의 지방산 조성을 변화시키며, 이는 산양유제품의 물리적 특성, 영양 및 관능적 품질에 긍정적이거나 또는 부정적인 변화를 줄 수도 있다(Chilliard와 Ferlay, 2004). 산양유 특유의 지방분해활성과 저급지방산 조성은 산양유 이취 발생의 주요 요인이 되고 있다. 산양유에서 이취가 발생하는 원인은 C<sub>6</sub>~C<sub>10</sub>, 특히 4-methyloctanoic acid(C<sub>9</sub>)와 4-ethyloctanoic acid(C<sub>10</sub>) 같은 가지사슬구조의 휘발성 지방산이 유지방으로부터 유리되어 산양유 이취의 원인이 된다(Ha와 Lindsay, 1993). 한편, 이러한 유리지방산의 생성이 산양유 유제품에 있어서는 장점으로 이용되기도 하는데, 지중해 연안 국가들을 중심으로 치즈의 향미에 관한 연구들이 많이 이루어져왔다(Ha와 Lindsay, 1990). 원유의 냉장 저장 중 유즙에 내재하는 lipoprotein lipase (LPL)와 미생물 lipase에 의한 유지방의 분해는 산패취를 유발하여 이취로 구분되고 있다. 산양유 시유에 있어서 이취 및 산패취가 소비자들에게 거부감을 주는 주된 원인물질로 지목되고 있는데(Alonso 등, 1999; Matak 등, 2007), 산양유에서 이취의 발생과 관련한 연구는 아직

많이 이루어지지 못했다.

따라서 본 연구에서는 산양유 지방의 조성 및 분해특성이 이취 및 산패취의 발생에 미치는 영향을 조사하기 위하여 산양유의 LPL 활성, 저장기간 및 효소처리에 따른 지방분해를 유리지방산 측정 방법으로 시험하고 유리지방산 생성량과 산양유 이취 강도와와의 상관성을 조사하였으며, 또한 지방산의 조성을 분석하고 산양유 이취 발생과의 상관성을 비교하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 공시 산양유, 유지방 함량 및 총고형분 분석

개체유와 집합유는 강원도 일원에 소재하는 4개 농장으로부터 3월에서 11월에 이르는 9개월 동안 수거하였으며, 집합유와 시유는 2개 유가공장으로부터 제공받았다.

유지방 함량은 시료 11 ml를 취하여 Gerber 법(Marshall, 1993)으로 측정하였으며, 총고형분은 시료 약 5 g을 취하여 상압가열건조법(국립수의과학검역원, 2007)으로 측정하였다.

### 2. 유리지방산 함량 분석(copper soap method)

유리지방산 함량은 Modified copper soap solvent extraction method(Shipe 등, 1980)에 따라 측정하였다. 시료 75  $\mu$ l를 취하고 0.7 N HCl 15  $\mu$ l를 가하여 혼합한 후 300  $\mu$ l의 copper reagent와 900  $\mu$ l의 chloroform : heptane : methanol (49 : 49 : 2, CHM) 용매를 가하고 240 rpm에서 30분간 vortex로 혼합하였다. 원심분리(1,940 $\times$ g, 10분)하여 525  $\mu$ l의 상등액을 취하고 15  $\mu$ l의 color reagent를 가하였으며, 1시간 이내에 440 nm에서 흡광도를 측정하였다. Palmitic acid를 표준용매로 측정하여 시료에 함유되어 있는 유리지방산의 함량을 meq/l로 나타내었다.

### 3. 유리지방산 조성 분석(gas chromatographic method)

유리지방산의 조성 및 함량 변화는 Deeth 등 (1983)의 방법에 따라 GC (Varian star 3400 CX, USA)로 분석하였다.

시료 10 ml와 internal standard로서 2-methyl hexanoic acid (Acros organics) 100  $\mu$ g, diethyl ether-HCl(21.25:3.3 ml)를 50 ml tube에 담아 0°C에서 2,000  $\times$  g로 5분간 원심분리 하였다. 15 ml의 ether층을 회수하여 hexane 15 ml와 무수 sodium sulfate 1g을 순서대로 넣고 vortex로 혼합하였다. Chromatography column (5 cm  $\times$  15 cm)에 glass wool을 일정량 넣은 후, 4%의 물을 가하여 불활성화 시킨 alumina 1 g을 넣고 위에서 만들어진 용액을 column에 흘려주었다. Hexane-diethyl ether (1:1, v/v)를 5 ml씩 2회 주입하고 30분 동안 방치하였다. Column 내에서 건조된 alumina를 10 ml test tube에 옮겨 6% formic acid-diisopropyl ether 1 ml를 첨가하고, 실온에서 2,000  $\times$  g로 5분간 원심분리하여 상등액을 GC 분석용 시료로 하였다. GC의 분석조건은 Table 1과 같으며, 유리지방산의 정성 및 정량은 internal standard와 각각 표준지방산 (Fluka, C<sub>4:0</sub>, 19215; C<sub>6:0</sub>, 21529; C<sub>8:0</sub>, 21639; C<sub>10:0</sub>, 21409; C<sub>12:0</sub>, 61609; C<sub>14:0</sub>, 70079; C<sub>16:0</sub>, 76119; C<sub>18:0</sub>, 85679; C<sub>18:1</sub>, 75090)의 retention time과 peak area를 적용하여 비교 분석하였다.

#### 4. 지방산 조성 분석

유지방 분리는 Feng 등 (2004)에 의한 방법으

로 하였다. 냉장원유 30 ml를 4°C에서 17,000  $\times$  g으로 30분 동안 원심분리하고 상부 크림층을 microtube에 분리 회수하여 실온에서 30분간 방치한 다음, 실온에서 19,300  $\times$  g으로 20분 동안 원심분리하여 상부 투명한 지방층을 분리하고 갈색병에 N<sub>2</sub>와 함께 담아 -20°C로 냉동보관 하면서 시료로 사용하였다. 지방산 methyl ester는 ISO-IDF (2002) 방법에 따라 준비하였다. 시험관에 지방시료 20 mg과 n-heptane (Riedel-de Haën) 1 ml를 담아 혼합한 다음, 2M CH<sub>3</sub>NaO (Fluka)을 함유한 methanol 용액의 transesterification reagent를 0.04 ml 넣고 vortex로 1분간 강하게 혼합하였다. 5분 동안 정치하여 반응시킨 후 NaHSO<sub>4</sub> (Sigma)를 0.1g 넣어 혼합하고, 실온에서 5,000 rpm으로 3분간 원심분리하여 상등액을 GC 분석용 시료로 하였다.

지방산 조성은 GC (Varian star 3400 CX)로 분석하였으며, GC의 분석조건은 Table 2와 같다. 표준지방산 (Fluka)은 methyl butyrate (19358), methyl caproate (21599), methyl caprylate (21719), methyl caprate (21479), methyl laurate (61689), methyl myristate (70129), methyl palmitate (76159), methyl stearate (85769), methyl oleate (75160), methyl linoleate (62280), methyl linolenate (62200)를 일정 비율로 혼합하여 n-heptane에 용해시킨 후 분석하여 retention time 및 함량 (%)과 peak area 비율을 확인하였고, 이를 시료의 피크면적에 적용하여 총지방산 중의 백분율 (%)로 표시하였다.

Table 1. Analytical conditions for free fatty acids in goat milk by GC

Parameter	Condition
Column	Nukol™ fused silica capillary column(Supelco Inc., Bellefonte, PA, USA) 15m $\times$ 0.53mm $\times$ 0.5 $\mu$ m film thickness
Carrier gas	N <sub>2</sub>
Oven temp.	60°C(2min. holding) $\rightarrow$ 8°C/min. $\rightarrow$ 220°C(15min., holding)
Injector temp. Detector temp.	250°C
Flow rate	5psi
Injection volume	2.0 $\mu$ l
Split ratio	100:1
Detector	FID

Table 2. Analytical conditions for fatty acids in goat milk by GC

Parameter	Condition
Column	SP <sup>TM</sup> -2380, fused silica capillary column(Supelco Inc., Bellefonte, PA, USA) 100m × 0.25mm × 0.2μm film thickness
Carrier gas	N <sub>2</sub>
Oven temp.	70°C(2min. holding) → 13°C/min. → 175°C(27min. holding) → 4°C/min. → 215°C(10min. holding)
Injector temp. Detector temp.	250°C
Flow rate	46 psi
Injection volume	0.2 μl
Split ratio	100:1
Detector	FID

## 5. LPL 활성 측정

Cartier와 Chilliard의 방법(1986)을 일부 변형시킨 방법으로 측정하였으며, triolein 유화액은 glycerol 10 ml에 glyceryl trioleate (Sigma) 600 mg과 phosphatidyl choline (Sigma) 36 mg을 혼합하여 균질기 (Polytron PT 2100, Kinematica)로 실온에서 5분간 균질하고, 1.4 ml씩 tube에 분주 후 냉장보관 하였다. 혈청은 유산양 혈액으로부터 응고물을 제외한 혈청을 수거하고 60°C로 45분간 가열하여 효소를 불활성화시킨 후 냉동보관 하였다. Triolein 유화액 : 0.067 M Tris-HCl, pH 8.3, 2.4% BSA : 혈청을 1 : 4 : 1의 비율로 실험직전에 혼합하여 기질용액으로 사용하였다.

기질용액과 산양유를 100μl씩 1 : 1의 비율로 잘 혼합하여 37°C에서 60분 동안 효소반응을 시킨 다음 시료로 사용하였으며, blank는 증류수로 하였다. LPL (lipoprotein lipase) 활성은 효소반응 전후 시료의 유리지방산량을 copper soap method로 측정한 다음 그 차이값 (meq/h/L)으로 나타내었다.

## 6. 효소분해 시험

*Pseudomonas fluorescens* lipase (Fluka), *Candida rugosa* lipase (Sigma), 및 calf lipase (Lipase

powder L1, New England Cheesemaking Supply Company) 등 분말효소를 각각 PBS (phosphate buffered saline)에 100~200 units의 농도로 용해한 후 사용하였다. 각각의 효소용액은 37°C 산양유에 임의 농도로 첨가하여 30분 동안 반응시킨 다음 생성된 유리지방산량을 copper soap method로 측정하고, 그 값이 유사한 수준을 나타내는 효소 농도를 균일한 활성을 가지는 것으로 표준화하여 첨가량을 결정하였다.

Lipase 종류별 산양유 지방의 분해특성을 확인하기 위해 산양시유를 각 50 ml씩 사용하였으며, 시료를 37°C로 유지시킨 상태에서 효소별 적정농도의 효소용액을 첨가하고 30분 동안 반응시켰다. 효소분해시킨 시료는 즉시 75°C에서 15분간 가열하여 효소를 불활성화 시켰으며, 얼음에 꽂아 급냉한 후 CSM 및 GC 분석용 시료로 하였다. Lipase 종류별 지방분해 특성은 각 지방산별 유리지방산의 증가량을 비교하여 나타내었다.

## 7. 관능검사

관능평가는 산양유 이취에 대하여 시험하였으며, 산양유 섭취경험이 있는 성인 10명을 대상으로 이취의 유무 또는 강도에 대하여 5점평가법 (매우 강하다(5)~매우 약하다(1))으로 실시하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 월별 · 개체별 유지방 함량

계절별 산양유의 지방 함량 변화는 Fig. 1과 같이 3월부터 11월 사이의 기간 동안 3.5~4.2%로 연평균 3.88%이었으며, Saanen종의 평균 유지율인 3.5% (Belanger, 1992) 보다는 다소 높은 수준이다. 계절에 따라서는 동절기(3, 10, 11월)의 4.2% 보다 하절기(4~9월)에 3.8%로 약 10% 정도 낮은 수준을 보였는데, 이는 하절기 방목 사양에 따른 청초의 섭취량이 증가하는 것과, 또한 대부분 2~3월에 분만한 개체로서 비유기상 5~7월 사이의 비유량이 크게 증가함 (Belanger, 1992)에 따라 유지방 함량이 감소한 것으로 생각되었다. 개체유의 유지방과 고형분 함량을 측정된 결과는 Fig. 2와 같다. 유지방 함량은 3.0~4.6% 범위로 개체유 간에 차이가 크게 나타났는데, 이는 Arnold 등(1975)과 Ha와 Lindsay (1991)이 유제품의 풍미는 대부분 유지방에 의하여 결정된다고 한 것과 같이 산양유 제품의 관능적 품질저하를 유발하는 요인일 것으로 생각한다. 총고형분은 10.6~12.8% 범위로 유지방 함량이 높을수록 유사한 비율로 증가하는 높은 상관성 ( $P < 0.001$ ) 을 보였다.

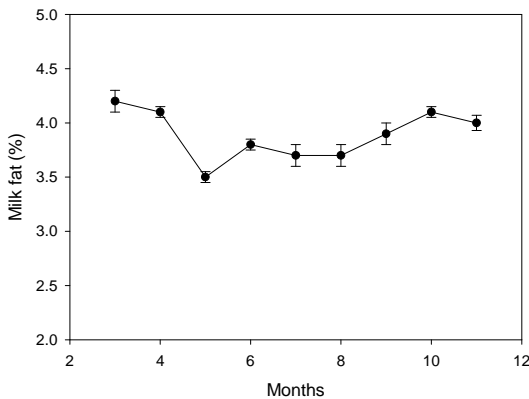


Fig. 1. Changes of goat milk fat content in nine months.

한편, 사료에 대두를 10% 첨가하여 급여한 결과 유지방 함량이 4.8~5.9%로 일반사양에 비하여 약 40% 증가하였다. 유지사료보조제를 사

료에 첨가하여 급여할 경우 우유는 유지방 함량이 감소하거나 변동이 없지만 양유와 산양유는 유지방 함량이 증가한다고 한 Chilliard와 Bocquier (1993)의 보고와 유사한 결과를 보인 것이다. 이러한 산양유의 특성은 유지사료보조제 급여를 통하여 개체별 유지방 함량을 균일화시킴으로서 산양유의 품질을 향상시켜 줄 수 있을 것으로 생각한다.

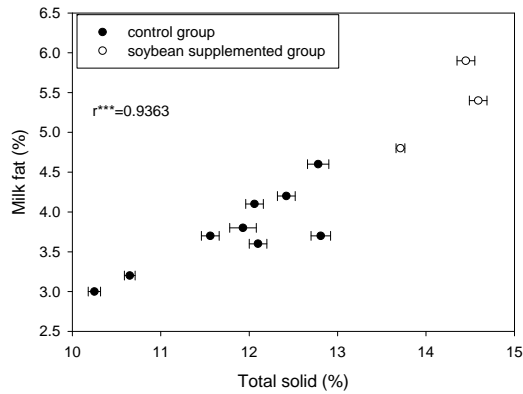


Fig. 2. Relationship between the contents of milk fat and total solid in goat milk. \*\*\* : significantly different ( $P < 0.001$ ).

#### 2. 산양유의 냉장 저장 중 유리지방산 조성 변화

산양유 원유를 냉장 저장할 때에 일어나는 자발적 지방분해를 조사하였다. 이를 위하여 산양유 원유를 4℃에서 24 시간과 48 시간 냉장 저장하는 동안 유리지방산의 변화를 GC로 조사한 결과는 Fig. 3과 같다. Butyric acid는 착유 당일 0.43 ppm에서 저장 24시간 후에는 1.65 ppm으로 약 284% 증가하였으며, caproic acid는 0.68 ppm에서 1.52 ppm으로 124%, caprylic acid는 0.94 ppm에서 1.61 ppm으로 71%, 그리고 capric acid는 1.80 ppm에서 3.17 ppm으로 76% 증가하는 등 저급 유리지방산( $C_{4:0}$ ~ $C_{10:0}$ ) 함량은 3.85 ppm에서 7.95 ppm으로 206% 증가하였다. 이에 비하여 lauric acid는 0.78 ppm에서 2.28 ppm으로 192%, myristic acid는 0.98 ppm에서 2.8 ppm으로 186%, palmitic acid는 1.95 ppm에서 9.34 ppm으로 380%, stearic acid는 1.2 ppm에서

8.95 ppm으로 860%, 그리고 oleic acid는 2.23 ppm에서 16.83 ppm으로 350% 증가하는 등 중급 및 고급 유리지방산(C<sub>12</sub>~C<sub>18</sub>)의 증가량이 7.2 ppm에서 40.2 ppm으로 5.6배 증가하여 크게 높은 결과를 보였다. 저장 48시간 동안의 유리지방산 증가 양상 또한 Fig. 3에서 보이는 것과 같이 저급 및 중급 유리지방산의 증가 형태에 비하여 palmitic acid 및 고급 유리지방산의 증가량이 높은 경향을 나타내었다.

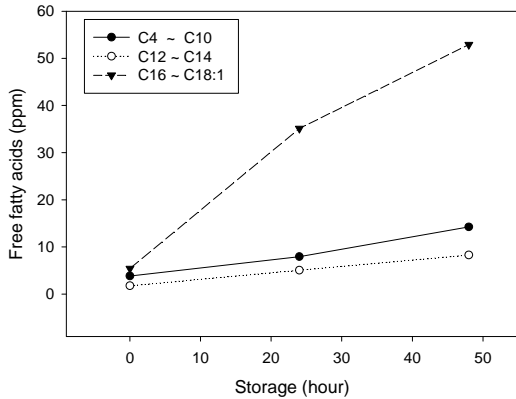


Fig. 3. Effects of storage on increase of free fatty acid in goat milk at 4°C for 48h.

Lamberet 등 (2001)은 산양유 이취는 유제품에 따라 장점 또는 단점으로 인식될 수 있으며, 산패취가 감지되는 수준보다 더 낮은 지방분해 수준에서 감지될 수 있다는데 특징이 있다고 하였고, Ha와 Lindsay (1993)와 Lamberet 등 (2001)은 냉장 저장된 산양유에서 이취가 발생하는 원인은 C<sub>6</sub>~C<sub>10</sub>, 특히 분지구조를 가진 휘발성지방산의 유리 때문이라고 하였다. 이 보고들에 따르면 산패취 이전에 감지될 수 있는 산양유 이취는 제품에 긍정적으로 작용할 수 있는 저급 유리지방산으로부터 발생된 것으로 생각할 수 있다. 본 실험에서는 저장하는 동안 저급 유리지방산의 증가보다 고급 유리지방산의 증가가 크게 높게 나타났는데, 이는 저장하는 동안 고급 유리지방산이 더 많이 증가되며, 이 때 소비자에게 불쾌감을 느끼게 하고 제품에 부정적인 영향을 미치는 산패취 및 산양유 이취가 형성되는 것으로 생각한다.

### 3. 시유와 원유의 혼합에 의한 유리지방산 조성의 변화

산양유의 유도적 지방분해를 측정하기 위해, 살균 및 균질 처리된 시유에 원유를 교반하여 혼합할 때에 원유의 LPL 활성에 의해 시유 내 지방구를 분해하여 유리지방산이 생성되는 양상을 조사하였다. 시유 내 유리지방구의 지방분해에 의한 유리지방산의 증가 형태를 확인하기 위하여 시유 80%에 원유를 20% 혼합한 후 교반하고 37°C에서 30분 동안 반응시킨 후의 시험구를 GC로 측정된 결과는 Fig. 4와 같다.

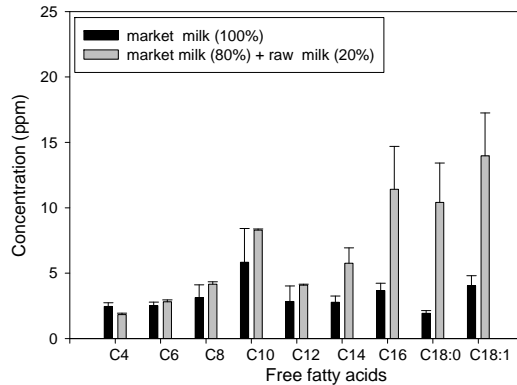


Fig. 4. Effects of addition of raw milk into market milk on increase of free fatty acid in goat milk during incubation at 37°C for 30 min.

반응 후 시유를 대조구로 시험구의 유리지방산 함량을 비교한 결과 저급 유리지방산은 대조구가 14.0 ± 1.0 ppm이고 시험구는 17.0 ± 0.1 ppm으로 시험구가 22%가 더 높은 수치를 보였으며, 중급 및 고급 유리지방산은 대조구가 15.2 ± 0.6 ppm이고 시험구는 45.6 ± 2.2 ppm으로 시험구가 200% 더 높았다. 저급 유리지방산에 대한 중급 및 고급 유리지방산의 비율이 대조구에서 1.1 배이었으며 시험구에서 2.7 배로 시유에 원유를 첨가하여 교반함으로써 중급 및 고급 유리지방산이 더 많이 증가하는 경향을 보였다. 즉, 유도적 지방분해는 저급 유리지방산 보다는 중급 및 고급 유리지방산을 크게 높은 비율로 증가시켰다. Chilliard (1982)는 산양유에서 LPL 활성은 자발적인 지방분해에 의한

효소활성 보다 크게 높다고 하였는데, 원유의 이송 또는 교반 등 진탕에 의해 지방구가 물리적인 충격을 받을 경우 LPL의 활성이 촉진되어 유도적 지방분해 (induced lipolysis)가 빠르게 진행될 것으로 생각한다.

**4. LPL 활성의 산양유 이취, 지방분해 및 유지방 함량에 대한 관계**

산양유의 유지지방산을 저장 24시간과 48시간에 copper soap method로 측정하여 차이를 계산한 지방분해 수준, LPL 활성 및 산양유 이취 강도와와의 상관성을 조사한 결과는 Fig. 5, 6 및 7과 같다.

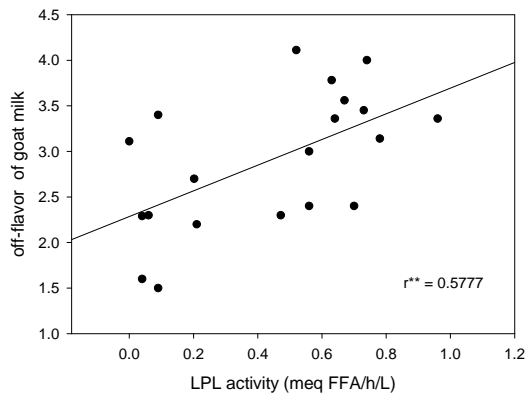


Fig. 5. Effects of lipoprotein lipase activity on off-flavor in goat milk. \*\* : significantly different (P < 0.01).

산양유의 LPL 활성과 이취의 연관성은 Fig. 5와 같다. 산양 혈청을 포함하는 기질용액을 일정 비율로 산양유에 혼합하고 37℃에서 1시간동안 처리하여 분해된 유지지방산 함량을 비교한 결과 LPL 활성과 산양유 이취는 그림과 같이 일정 수준의 상관성을 나타내었다. LPL 활성과 산양유 이취는 r=0.5777으로 유의적인 상관관계를 보였으며 P<0.01의 수준에서 유의성을 보였다.

산양유의 LPL 활성과 지방분해의 연관성은 Fig. 6과 같다. LPL 활성과 지방분해 사이에는 r=0.5635로 P<0.01의 수준에서 유의성을 보였다. 이는 산양유와 인유의 LPL은 케이신에 결합되어 있는 우유와 달리 크림에 결합되어 있

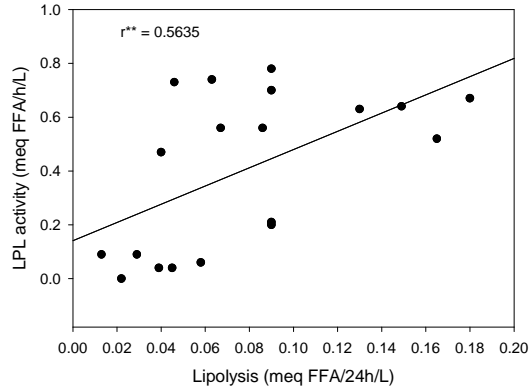


Fig. 6. Relationship between the lipoprotein lipase activity and lipolysis in goat milk. \*\* : significantly different (P < 0.01).

어 LPL 활성에 따라 지방분해가 영향을 받는다고 한 Chilliard 등(1984)의 결과와 같다.

산양유의 LPL 활성과 유지방 함량의 연관성은 Fig. 7과 같다. 유지방 함량은 높을수록 LPL 활성이 낮은 경향을 보였지만 상관성은 r = -0.4627로 낮았으나 P<0.05 수준에서 유의성이 있었다.

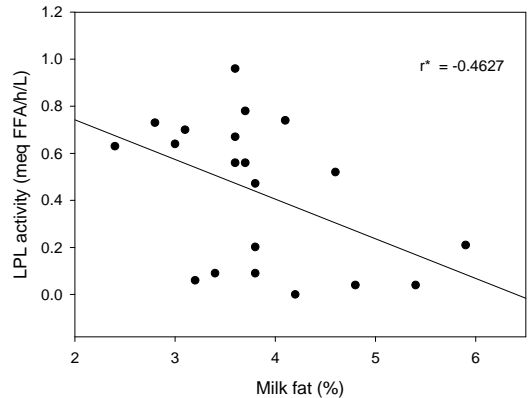


Fig. 7. Relationship between milk fat content and lipoprotein lipase activity in goat milk. \* : significantly different (P < 0.05).

**5. 산양시유의 lipase 처리에 따른 유지지방산 측정**

산양시유에 lipase(calf lipase for cheesemaking,

*Candida rugosa*, *Pseudomonas fluorescens*)들을 첨가하여 각 효소에 의한 지방분해 특성을 비교한 결과는 Fig. 8과 같다. 이탈리아 치즈 제조에 풍미 강화를 위해 이용되고 있는 calf lipase는 중급 및 고급 유리지방산 보다 저급 유리지방산을 높은 비율로 생성하였다. 중급 및 고급 유리지방산이 15.24 ppm에서 82.27 ppm으로 5.4배 증가된 것에 비하여 저급 유리지방산은 13.95 ppm에서 126.22 ppm으로 9배 증가를 보였으며, 이때 저급 유리지방산 대비 중급 및 고급 유리지방산의 함량 비율은 1 : 0.65이었다. butyric acid를 포함한 저급 유리지방산을 비교적 높은 비율로 분해 생성하였다. 이는 소, 양 및 염소의 pregastric lipase를 이용하여 유제품들을 분해한 결과 모두 휘발성 branched-chain 및 저급지방산을 우선적으로 분해하였다는 Ha와 Lindsay (1993)의 실험과 같은 경향이다.

이에 비하여 *Candida rugosa* lipase와 *Pseudomonas fluorescens* lipase는 중급 및 고급 지방산을 저급지방산보다 크게 높은 비율로 분해하여 calf lipase와 차이를 보였다. *Candida rugosa* lipase의 경우는 저급 유리지방산이 84.1 ppm으로 6배 증가시킨데 비하여 중급 및 고급 유리지방산은 521 ppm으로 34배 증가시켰으며, 저급 유리지방산 대비 중급 및 고급 유리지방산의 함량 비율은 1 : 6.2를 나타내었다. 또한 *Pseudomonas fluorescens* lipase는 저급 유리지방산이 198 ppm으로 14배 증가시킨데 비하여 중급 및 고급 유리지방산은 2,470 ppm으로 162배 증가시켰으며, 저급 유리지방산 대비 중급 및 고급 유리지방산의 함량 비율이 1 : 12.5를 나타내었으며 *Candida rugosa* lipase의 경우보다도 중급 및 고급 유리지방산을 2배 이상 높은 비율로 분해 생성시켰다. *Candida rugosa* lipase의 경우 지방산의 구분 없이 휘발성지방산을 다량 생산하였다는 Ha와 Lindsay (1993)의 실험과 유사한 결과이며, 이러한 lipase의 선택적 분해특성은 산양유의 향미를 결정짓는데 크게 영향을 미칠 것으로 생각한다. 즉, microbial lipase는 pregastric lipase와는 다르게 고급 지방산을 더 잘 분해하는 것으로 나타났는데, 이러한 고급

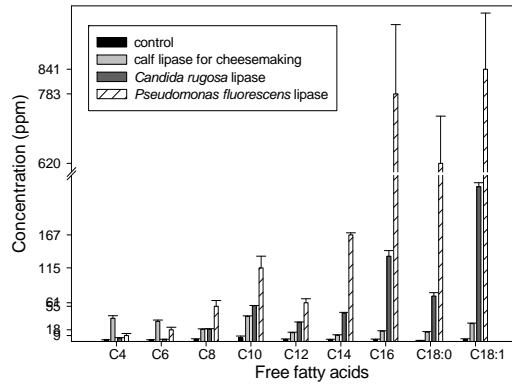


Fig. 8. Free fatty acid released in goat milk by calf and microbial lipases.

유리지방산 분해물이 산양유 풍미를 저하시키는 산양유 이취(off-flavor of goat milk) 형성에 영향을 주는 것으로 생각된다.

### 6. 산양유의 지방산 조성과 이취

산양유의 지방산 조성이 이취 강도에 미치는 영향을 조사하기 위하여 유지방 함량이 유사한 수준의 집합유 시료를 선별 분석한 결과 Table 3 및 Fig. 9에서 보이는 바와 같다.

산양유의 지방산 조성을 우유와 비교한 결과 butyric acid의 경우 우유는 9.69%, 산양유는 5.01%로 우유 중의 함량이 높았으며, 이에 비하여 capric acid는 우유의 경우 3.34%, 산양유는 8.99% 이었으며 linolenic acid는 우유가 0.36%이고 산양유 중에는 1.23%로 산양유에 높게 함유되어 있는 등 butyric acid, capric acid 및 linolenic acid의 함량에서 뚜렷한 차이를 보였다. 이러한 산양유 지방산의 조성은 Chilliard 등(2002)의 보고에 비하여 butyric acid가 2.2% 보다 높은 5.01%를 보였을 뿐 그 외 지방산들은 유사한 수준이다.

산양유 이취의 강도는 1.50~3.56의 범위를 나타내었으며, 지방산 조성과의 상관성을 조사한 결과는 Fig. 9에서 보이는 것과 같다. 유지방 함량 및 대부분의 지방산 조성 비율이 이취 강도와 상관성을 보이지 않았다. 하지만 palmitic acid의 경우는 함량이 높을수록 산양유 이취 강도가 증가하는 비교적 높은 상관성 ( $r = 0.7226$ )



Table 3. Fatty acid compositions and off-flavor of goat milk

Item	bovine milk	Goat milk samples								means
		A	B	C	D	E	F	G	H	
		(w (%) of total FA)								
C <sub>4:0</sub>	9.69	2.47	5.10	5.52	7.21	3.65	4.05	3.82	8.29	5.01±1.95
C <sub>6:0</sub>	3.28	2.24	2.97	3.51	4.04	2.55	3.30	2.52	4.43	3.20±0.77
C <sub>8:0</sub>	1.69	2.39	2.98	3.27	4.01	2.83	4.14	2.70	3.76	3.26±0.65
C <sub>10:0</sub>	3.34	6.76	8.76	8.77	11.17	8.16	12.04	7.13	9.15	8.99±1.82
C <sub>12:0</sub>	4.39	4.11	5.91	3.68	5.06	3.51	3.71	3.04	3.15	4.02±0.99
C <sub>14:0</sub>	10.6	8.59	12.12	6.58	8.80	9.58	9.04	9.14	6.18	8.75±1.84
C <sub>16:0</sub>	27.45	26.30	27.44	23.37	22.87	26.70	24.61	24.75	22.41	24.81±1.87
C <sub>18:0</sub>	13.15	13.29	9.60	11.28	9.11	14.99	14.45	13.73	16.46	12.86±2.62
C <sub>18:1</sub>	23.43	30.00	21.56	30.85	24.85	20.03	20.34	26.12	22.24	24.50±4.21
C <sub>18:2</sub>	2.61	3.15	2.51	2.82	2.34	3.43	3.26	3.99	3.64	3.14±0.56
C <sub>18:3</sub>	0.36	0.72	1.08	0.38	0.57	2.63	1.06	3.05	0.31	1.23±1.04
off-flavor*	—	3.1±0.4	3.6±0.4	2.2±0.1	1.5±0.3	2.3±0.4	3.0±0.3	2.7±0.3	2.3±0.3	—

\* off-flavor of goat milk level : 5 ~ 1

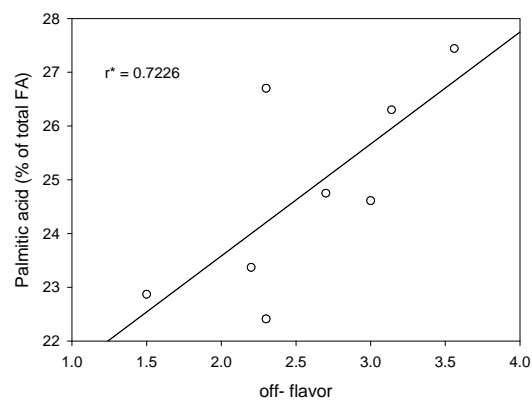


Fig. 9. Relationship between off-flavor and palmitic acid content.

\* : significantly different (P < 0.05).

과 P<0.05 수준에서 유의성을 보였다. 이는 개체간에 있어서 palmitic acid의 함량과 산양유 이취와는 양의 상관관계가 있다고 한 Astrup 등 (1985)과 일치하는 결과이다.

#### IV. 요약

산양유의 비유기간 중 연평균 유지방 함량이 3.88% 이었으며, 동절기(4.2%) 보다 하절기(3.8%)에 낮았다. 유지방 함유율이 높을수록 총 고형분 함량도 비례하여 증가하였다. 산양유 원유를 24시간 냉장저장 하는 동안에 저급 유리지방산(C<sub>4:0</sub>~C<sub>10:0</sub>)은 106% 증가하였으며 중급 및 고급 유리지방산(C<sub>12:0</sub>~C<sub>18:1</sub>)은 203%로 높은

증가율을 보였다. 균질한 시유에 원유를 첨가하여 반응할 때에 저급 유리지방산은 22% 증가되었으며 중급 및 고급 유리지방산은 199% 증가되었다. Lipase의 종류에 따른 지방분해실험에서 calf lipase는 중급 및 고급지방산 9 배보다 저급지방산은 5.6 배로 증가시켰다. 그러나 *Candida rugosa* lipase와 *Pseudomonas fluorescens* lipase는 저급 유리지방산이 각각 6배와 14배 증가하고, 중급 및 고급 유리지방산은 각각 34 배와 162배 증가하여 중급 및 고급지방산을 더 잘 분해하는 것으로 나타났다. 산양유의 LPL 활성이 높을수록 유리지방산 생성량도 증가되어 유의적 상관관계(r=0.5635)를 보였으며 또한 산양유 이취가 높아지는 상관관계(r=0.5777)를 보였다. 유지방 함량이 낮을수록 LPL 활성은 높아지는 유의적 역 상관관계(r=-0.4627)를 보였다. 산양유의 palmitic acid 함량이 높을 경우 산양유 이취 강도가 증가하는 유의적 상관관계(r=0.7226)를 보였다.

#### V. 인용 문헌

1. Alonso, L., Fontecha, J., Lozada, L., Fraga, M. J. and Juarez, M. 1999. Fatty acid composition of caprine milk: major, branched-chain, and trans fatty acids. J. Dairy Sci. 82:878-884.
2. Arnold, R. G., Shahani, K. M. and Dwivedi, B. K. 1975. Application of lipolytic enzymes to flavor development in dairy products. J. Dairy Sci. 58:1127-1143.

3. Astrup, H. N., Steine, T. A. and Robstad, A. M. 1985. Taste, free fatty acids and fatty acid content in goat milk. *Acta Agric. Scand.* 35:315-320.
4. Belanger, J. 1992. Raising milk goats the modern way. A garden way publishing classic. United States. pp. 5-17.
5. Cartier, P. and Chilliard, Y. 1986. Effects of different skim milk fractions on activity of cow milk purified lipoprotein lipase. *J. Dairy Sci.* 69: 951-955.
6. Chilliard, Y. 1982. Variations physiologiques des activités lipasiques et de la lipolyse spontanée dans les laits de vache, de chèvre et de femme: revue bibliographique. *Lait.* 62:1-31 and 126-154.
7. Chilliard, Y., Selselet-Attou, G., Bas, P. and Morand-Fehr, P. 1984. Characteristics of lipolytic system in goat milk. *J. Dairy Sci.* 67:2216-2223.
8. Chilliard, Y. and Bocquier, F. 1993. Effects of fat supplementation on milk yield and composition in dairy goats and ewes. Proc. 5th Int. Symp. "La qualita nell produzioni dei piccoli ruminanti". (Camera di Commercio Industria Artigianato Agricoltura di Varese, Italia, 3 Dicembre 1993) 61-78.
9. Chilliard, Y., Chabosseau, J. M., Rouel, J., Capitan, P., Gominard, C., Gaborit, P., Juaneda, P. and Ferlay, A. 2002. Interactions between forage nature and sunflower or linseed oil supplementation on goat milk fatty acids of interest for human nutrition. Multi-Function Grasslands: Quality Forages, Animal Products and Landscapes. Durand, J. L., Emile, J. C., Huyghe, C. and Lemaire, eds. Proc. 19th Gen. Mtg. of the Eur. Grassl. Fed. La Rochelle, France, 27-30 May 2002, Grassl. Sci. Eur. 7:548-549.
10. Chilliard, Y., Ferlay, A., Rouel, J. and Lamberet, G. 2003. A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. *J. Dairy Sci.* 86:1751-1770.
11. Chilliard, Y. and Ferlay, A. 2004. Dietary lipids and forages interactions on cow and goat milk fatty acid composition and sensory properties. *Reprod. Nutr. Dev.* 44:467-492.
12. Deeth, H. C., Fitz-Gerald, C. H. and Snow, A. J. 1983. A gas chromatographic method for the quantitative determination of free fatty acids in milk and milk products. *New Zealand J. Dairy Sci. Technol.* 18:13-20.
13. Feng, S., Lock, A. L. and Garnsworthy, P. C. 2004. A rapid method for determining fatty acid composition of milk. *J. Dairy Sci.* 87:3785-3788.
14. Glass, R. L., Troolin, H. A. and Jenness, R. 1967. Comparative biochemical studies of milks. IV. Constituent fatty acids of milk fats. *Comp. Biochem. Physiol.* 22:415-425.
15. Ha, J. K. and Lindsay, R. C. 1990. Method for analysis of free and total volatile branched-chain fatty acids in cheese and milk fat. *J. Dairy Sci.* 73:1988-1999.
16. Ha, J. K. and Lindsay, R. C. 1991. Contributions of cow, sheep, and goat milks to characterizing branched-chain fatty acid and phenolic flavors in varietal cheeses. *J. Dairy Sci.* 74:3267-3274.
17. Ha, J. K. and Lindsay, R. C. 1993. Release of volatile branched-chain and other fatty acids from ruminant milk fats by various lipases. *J. Dairy Sci.* 76:677-690.
18. ISO-IDF. 2002. Milk fat-Preparation of fatty acid methyl esters. International Standard ISO 15884-IDF 182:2002. International Dairy Federation, Brussels, Belgium.
19. Lamberet, G., Delacroix-Buchet, A. and Degas, C. 2001. Intensité de la lipolyse initiale des laits de chèvre et perception de l'arôme "chèvre" dans les fromages. Pages 130-139 in Proc. Technical Symp. 7th Int. Conf. Goats: Recent Advances on Goat Milk Quality, Raw Material for Cheesemaking. (ITPLC Ed.). Poitiers, France, 20 May 2000.
20. Marshall, R. T. 1993. Standard methods for the examination of dairy products. Am. Public Health Association.
21. Matak, K. E., Sumner, S. S., Duncan, S. E., Hovingh, E., Worobo, R. W. and Hackney, C. R. 2007. Effects of ultraviolet irradiation on chemical and sensory properties of goat milk. *J. Dairy Sci.* 90:3178-3186.
22. Shipe, W. F., Senyk, G. F. and Fountain, K. B. 1980. Modified copper soap solvent extraction method for measuring free fatty acids in milk. *J. Dairy Sci.* 63:193-198.
23. 국립수의과학검역원. 2007. 축산물의 가공기준 및 성분규격. 국립수의과학검역원 고시 제2007-1호. (접수일자 : 2007. 11. 26. / 채택일자 : 2008. 2. 18.)