



자동착유시스템(AMS) 착유 및 보호지방 첨가 급여가 원유의 품질 및 유지방 특성에 미치는 효과

문주연¹ · 장경만² · 남인식² · 박성민³ · 오남수⁴ · 손용석^{1*}

¹고려대학교 생명공학부, ²국립한경대학교 동물생명환경과학부, ³국립축산과학원, ⁴서울우유중앙연구소

Effects of Automatic Milking Systems on Raw Milk Quality and Milk Fat Properties with or without Feeding Protected Fat

Ju Yeon Moon¹, Kyeong-Man Chang², In-Sik Nam², Seong-Min Park³,
Nam Su Oh⁴ and Yong-Suk Son^{1*}

¹Dept. of Biotechnology, College of Life Sciences and Biotechnology, Korea University, Seoul 136-713, Korea

²Environment Science, Hankyong National University, Anseong 456-749, Korea

³National Institute of Animal Science, R.D.A., Suwon 441-706, Korea

⁴Institute of Dairy Food Research, Seoul Dairy Cooperative, Ansan 425-838, Korea

Abstract

Automatic milking systems (AMS) have been increasingly introduced to Korean dairy farms. However, in comparison with conventional milking systems (CMS), some negative changes in milk quality are being observed. The use of AMS leads to an increase in milking frequency, which in turn might result in higher physical stress on the milk, possibly causing changes in the milk fat globule (MFG) membrane. Therefore, the purpose of this study was to examine the effect of the different milking systems on the milk quality, with a focus on milk fat properties. At the same time, we studied the effect of feeding the dairy cows with protected fat. Raw milk samples were taken monthly from individual cows as well as from bulk tanks at four AMS and four CMS dairy farms. We measured quality-related parameters such as MFG size distribution, free fatty acid content and composition, and acid values. Although most results showed no significant differences with regard to the milking system, we found a relatively high positive correlation between MFG size and milk fat content. Moreover, larger MFG size was observed in the milk when cows had been fed protected fat. The significantly higher ($P < 0.05$) free fatty acid content of milk observed under this experimental condition could be attributed to higher milking frequency as a result of using AMS.

Keywords: automatic milking system (AMS), conventional milking system (CMS), protected fat feeding, acid value, free fatty acids, milk fat globule (MFG) size

서론

자동착유시스템(AMS)은 네덜란드에서 1992년에 처음 도입된 이래 유럽과 미국 지역을 비롯하여 전 세계적으로 그 수가 증가하고 있는 추세이다. 국내에서는 약 70여 개 목장

* Corresponding author: Yong-Suk Son, Dept. of Biotechnology, College of Life Sciences and Biotechnology, Korea University, Seoul 136-713, Korea. Tel: +82-2-3290-3051, Fax: +82-2-923-6489, E-mail: yskson@korea.ac.kr

에서 설치 운용 중인 것으로 추정되며, 그 도입은 앞으로 더 증가할 것으로 예상된다. AMS는 기존 착유시스템(CMS)에 비해 우유의 품질에 있어서 빙점(freezing point), 미생물수, 체세포수, 유리지방산 양을 증가시키는 것으로 보고되었다(Klungel *et al.*, 2000). 유지방의 분해(lipolysis)는 우유의 중성지방(triglycerides)이 가수분해되어 유리지방산(Free Fatty Acids, FFAs)이 방출됨을 의미하며, 주로 lipoprotein lipase의 작용에 의해 일어나는데, 원유의 교반, 거품 발생, 온도 변화, 급여사료 등은 lipase의 활성을 증가시켜 지방의 분해를 촉진시킨다(Santos *et al.*, 2003). 지방 분해로 원유 내 유리지방산이 많아지면서 지방 분해취, 즉 산패취가 발생하는데, De Koning 등(2003)은 AMS 사용 시 CMS에 비해 유리지방산 농도가 더 높아졌음을 관찰하였다. AMS가 CMS와 다른 가장 대표적인 특징은 착유횟수로, 하루 2회 착유시(CMS 착유 시)에 비해 유량이 약 10~15%가 증가하며, 따라서 유량이 많은 고능력우에서는 착유횟수의 증가가 필요하다(Klei *et al.*, 1997; Osterman and Bertilsson, 2003). 착유횟수의 증가는 유선조직에서 acetyl-coenzyme A carboxylase와 fatty acid synthetase의 활성을 증가시키고, 단쇄지방산(Short-chain fatty acids, SCFAs)의 신생합성을 초래한다(Travers and Barber, 1993), Wiking 등(2006, 2003)은 착유횟수를 늘림으로써 유지방구의 크기가 커지고, 유리지방산이 증가함을 관찰하였으며, 유지방구의 크기가 커질수록 불안정하여 lipolysis에 취약하고, 그로 인해 유리지방산의 양이 늘어났다고 보고하였다. 크기가 1 μm 이하인 유지방구는 전체 개수의 약 80%를 차지하며, 크기가 8~12 μm 정도로 큰 유지방구는 전체 개수로는 1% 미만이지만, 유지방 용적으로는 3%를 차지하고 있다(Jensen *et al.*, 1991). 유지방구의 크기는 우유의 특성과 안정성에 중요한 영향을 미친다. Michalski 등(2003)의 보고에 의하면, 크기가 작은 유지방구로 Camembert cheese를 만들었을 때는 사이즈가 큰 유지방구로 만들었을 때보다 많은 수분과 부드러운 식감을 가지는 것으로 나타났으며, 이는 크기가 작은 유지방알수록 표면적이 넓고 수분결합능력(water binding capacity)이 높기 때문이라고 하였다. 대조적으로, Cheddar cheeses의 경우에는 크기가 큰 유지방구로 만들었을 때, 식감과 풍미, 색 등이 더 좋은 것으로 나타났다(St-Gelais *et al.*, 1997). 한편, 국내 낙농에는 흔히 사료 내 에너지 지방 보충을 위하여 보호지방을 급여하는 목장들이 적지 않은 바, 이 또한 원유지방의 물리화학적 특성에 영향을 줄 가능성이 있다. 그러므로 본 연구는 AMS에 의해 생산된 원유가 착유횟수와 관련하여 유지방을 비롯한 성분변화와 품질에 미치는 효과를 조사하는 동시에, 착유우에 대한 보호지방의 급여효과를 알아보고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 원유시료 채취 및 분석

경기도 지역의 낙농목장 중 AMS 착유 목장 4개소와 사육규모와 급여사료의 성격이 유사한 CMS 착유목장 4개소를 선정하고, 월 1회 각 목장의 검정일에 맞추어 검정유와 동일한 시료를 채취하였다. 채취한 40 mL의 원유시료 중 20 mL는 검정용 분석에 사용하고, 나머지 20 mL는 원유의 일반성분 함량, 유지방구 크기(fat globule size), 유리지방산 함량 및 조성, 그리고 산가(일부목장의 시료)를 측정하기 위하여 방부제(Microtabs II)를 넣어 Ice box에 담아 실험실로 운반한 다음, deep freezer에 보관하면서 분석에 이용하였다. 원유의 검정용 분석항목(일반성분 및 MUN, 세균수, 체세포 등)은 해당 목장별로 협조 동의를 받아 농협 젖소개량부와 한국중축개량협회 중앙분석소에서 데이터를 제공받아 참조하였다.

2. 급여사료의 보호지방 분석

본 연구의 대상을 선정한 8개 목장 중 5개소에서 보호지방을 착유우용 TMR에 포함하여 급여하고 있는 관계로, 해당 목장별에서 급여하는 보호지방(A사 및 B사 제품)을 대상으로 제품특성을 조사 비교하였다.

3. 유지방구(Milk fat globule) 크기 측정

유지방구의 크기를 측정하는 데는 Coulter Counter Multisizer 4(Beckman Coulter, USA)를 사용하였다. 이 장비는 레이저 입도분석기에서 레이저가 입자와 부딪혔을 때 나오는 산란강도와 산란각을 계산하여 입도의 분포값을 보여주는 종전의 방식이 아닌 전기저항법으로, 각 입도별 해당 숫자, 입도분포 및 농도를 계산이 아닌 실측으로 값을 보여주는 방식이다. 기존의 레이저 입도분석기는 0.017~2.000 μm 까지의 범위를 124의 간격(Channel)으로 나누어 데이터를 보여주는 데 반해, Coulter counter는 1~30 μm 범위를 400개의 간격으로 나누어 보여주며, 따라서 레이저입도분석기에 비해 Coulter counter는 해상도와 감도가 우수하다. 우유의 지방구 크기는 주로 0.2~15 μm 범위에 분포하는 관계로, 이를 측정하기 위하여 Aperture tube는 50 μm 크기를 이용하였고, 측정 전 시료의 유지방구가 멎는 것을 방지하기 위하여 3분간 Sonication을 실시한 후, 특정 전해질 용액(ISOTON II)과 함께 교반하여 시료가 충분히 분산되어 일정농도로 안정화가 되었을 때 측정하였다. 이때 Flow rate는 10 $\mu\text{L}/\text{sec}$ 로 하였고, 지방구의 직경, 평균치 및 변이계수의 측정에는 소프트웨어 Z2 Accucomp software(Beckman Coulter, USA)를 사용하였다.

4. 유지지방산(Milk fat globule) 측정

유지지방산은 연구기간 중 원유의 산패취가 문제된 바 있는 2개 목장(AMS)을 대상으로 유지지방산 조성을 측정하였다. Agilent model 6890 GC-FID에 FFAP column(50 mm×0.25 mm, 0.25 μm, Agilent, USA)을 장착하여 분석하였다. Carrier nitrogen gas의 유속은 2 mL/min이었으며, 오븐온도는 최초 65℃에서 분당 10℃의 속도로 240℃까지 승온시켜 분석하였다. 검출기의 온도는 250℃이었으며, 주입구의 온도는 260℃로 조정하여 사용하였다. 유지지방산 분석을 위한 전 처리로 우유시료 10 g을 칭량한 후 1 mL H₂SO₄ (2.5 mol/L)와 10 mL의 ethanol 및 1.0 mL씩 내부표준물질 용액을 첨가하였다. 내부표준물질은 enantiic acid(C7:0)와 margaric acid(C17:0)를 사용하였다. 혼합액은 첫 번째로 15 mL ether/heptanes(1:1, v/v) solution을 첨가한 후 shaking machine을 이용하여 15분간 추출하고, 2,500 rpm에서 5분간 원심분리한 혼합액의 상층액을 취하였다. 추출은 3회 반복하여 합하였고, 두 번째와 세 번째 추출에서는 ether/heptanes (1:1, v/v) solution을 10 mL씩 첨가하여 유지지방산을 분리하였다. 상층액을 취한 tube에는 1 g의 anhydrous Na₂SO₄를 첨가하여 수분을 제거하였다. 모든 과정에서 충분히 용액들이 섞여 유지지방산이 추출이 잘 되고 내부표준물질용액이 균질화 되도록 vortexing을 충분히 해주었다. 유지지방산의 분리는 Anion-Exchange method를 사용하였다. Aminopropyl columns(500 mg 6 mL-1, Waters, USA)은 10 mL의 heptane으로 활성화시켜 사용하였다. 활성화시킨 columns에 추출액을 흘려보낸 다음, 중성지질을 제거하기 위하여 10 mL의 chloroform/2-propanol(2:1, v/v)로 용출시켰으며, 2% formic acid가 포함된 diethyl ether로 2.5 mL로 용출한 것을 최종 시험용액으로 하였다. 최종 시험용액은 1 μL를 주입하여 유지지방산을 정량하였다.

5. 산가(Acid degree value) 측정

원유의 산패가 문제시 된 2개 목장의 경우, 원유의 운송 및 저장 기간 동안에 발생할 수 있는 산패 정도를 알아보기

위하여 납유 직전의 시간에 맞추어 동 시간대의 샘플을 취하고, 운송시간과 납유 후 냉각기에서의 체류시간을 고려하여 12시간 간격으로 산가를 측정하였으며, ‘축산물 가공기준 및 성분규격’의 시험방법을 사용하였다. 측정시료 10 mL에 증류수 10 mL를 가하고, 페놀프탈레인시액 0.5 mL를 가하여 0.1 N 수산화나트륨액으로 30초간 적색이 지속될 때까지 적정하였으며, 측정에 적용한 공식을 다음과 같다.

0.1 N 수산화나트륨액 1 mL = 0.009g 젓산

$$\text{산도(젓산\%)} = \frac{a \times f \times 0.009}{10 \times \text{검사시료의 비중}} \times 100$$

a: 0.1N 수산화나트륨액의 소비량(mL)

f: 0.1N 수산화나트륨액의 역가

6. 통계처리

본 연구에서 실시한 모든 분석은 3회 반복하였고, 결과값은 ‘평균치±표준오차’로 표기하였다. 분석 간의 차이는 SPSS version 21.0 windows program(SPSS, Inc., 1998, Chicago, IL, USA)을 사용하였다. 처리간 차이에 대한 유의성 분석은 Duncan의 다중검정에 의거하였다.

결과 및 고찰

1. 급여사료의 보호지방 분석

원유의 품질은 유성분 중 지방의 양적·질적 성질에 의해 상당한 영향을 받을 수 있으며, 보호지방을 TMR을 통해 보충 급여하는 5개 목장(A, B, C, G, F)에서 사용하는 보호지방(A사 및 B사 제품)의 특성을 조사해 보았는데, 그 결과는 Table 1과 같다.

2. 원유의 지방함량 및 특성 분석

지방은 원유의 품질과 신선도를 결정하는 가장 중요한 성

Table 1. Comparison of characteristics for protected fat fed at test farms

Farm	F	A, B, C, G
	Protected fat(A)	Protected fat(B)
Calorie (kcal/kg)	7,000	6,710
Crude fat (%)	80	82
Acid value (mg KOH/g)	30	30
Moisture (%)	5	7
Components	Soybean oil, calcium salts of linoleic acid	Soybean oil, calcium salts of linoleic acid

분 중의 하나이며, 그 양적·질적 특성은 궁극적으로 유제품(예: 치즈)의 품질에까지 상당한 영향을 미칠 수 있다(Wiking *et al.*, 2004). 연구대상 목장의 검정용 원유시료에 대하여 측정된 유지율에 산유량을 적용하여 얻어진 결과를 목장별로 제시하면 Table 2에서 보는 바와 같다.

각 목장의 유지방 생산량을 비교하여 보았을 때, 앞서 언급했던 유지율과 마찬가지로 보호지방을 사료에 보충 급여한 목장(A, G)은 보호지방을 급여하지 않은 목장(D, H)에 비해 더 높은 수치를 보였다. 따라서 유지율은 착유방식보다는 급여사료의 특성에 의해 더 큰 영향을 받는다는 것을 암시하고 있다. 유지율보다 주목할 사항은 연구대상 목장의 원유에서 측정된 유지방구의 크기에 관한 것이다. 유지방구의 크기는 보통 작은 유지방구($<3 \mu\text{m}$)와 큰 유지방구($3 \mu\text{m}$)의 두 부류로 구분할 수 있는데, Fig. 1에서 보는 바와 같이 보호지방을 급여하는 목장들의 원유는 보호지방을 첨가하지 않은 목장들의 원유에 비해 크기가 $3 \mu\text{m}$ 이상인 유지방구가 더 많이 분포하는 경향을 관찰할 수 있었다. 불

포화지방산과 포화지방산이 많아질수록 유지방구의 크기는 커진다(Cecchi *et al.*, 2003; Martini *et al.*, 2005a; Martini *et al.*, 2005b). 또한 착유횟수가 많아질수록 유량이 증가하는 경향을 보이는데, 이때 유지방의 함성이 많아지면서 유지방구의 크기가 증가한다(Wiking *et al.*, 2006). Michalski 등(2003)에 의하면, 유지방구 크기가 $3 \mu\text{m}$ 이하로 작은 원유로 제조되는 커드는 경도 면에서 부드러운 특성을 가지며, Camembert 치즈의 숙성과정에서 보다 철저한 단백질 분해를 겪게 됨으로 인하여 용융점이나 조직감, 유속(flowing) 및 빗갈 등에서 고유의 특징을 잘 갖춘 치즈를 생산하는데 도움을 주었다고 한다.

Table 3에 제시된 바와 같이, 보호지방을 보충 급여하는 목장(A, G)의 경우, 지방을 보충 급여하지 않은 목장(D, H)에 비하여 우유 중의 포화지방산뿐만 아니라, 불포화지방산(MUFA + PUFA)의 함량이 유의적으로($P < 0.05$) 높은 경향을 보였는데, 이 경우, 유지방구의 크기가 큰 원유는 크기가 작은 원유에 비해 지방의 특성을 차별화하고, 궁극적으로

Table 2. Comparison of milk fat concentration and fat yield among test farms

	A (n=5)	B (n=5)	C (n=5)	D (n=5)	F (n=5)	G (n=5)	H (n=5)	I (n=5)
Milk yield (kg/d)	33.24 ^b ±0.66	29.86 ^c ±0.42	33.32 ^b ±0.99	31.97 ^{bc} ±0.92	38.92 ^a ±0.41	30.53 ^c ±0.40	24.00 ^d ±1.35	33.55 ^b ±1.51
Milk fat test (%)	3.91 ^b ±0.06	3.89 ^b ±0.07	3.85 ^b ±0.07	3.36 ^c ±0.07	4.24 ^a ±0.11	3.97 ^b ±0.05	3.52 ^c ±0.15	3.90 ^b ±0.08
Fat yield (kg/d)	1.28 ^b ±0.03	1.11 ^{cd} ±0.04	1.26 ^b ±0.05	1.04 ^d ±0.03	1.65 ^a ±0.05	1.19 ^{bc} ±0.01	0.81 ^e ±0.03	1.31 ^b ±0.04

All values are Mean±SE.

^{a-d} Values within a row with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

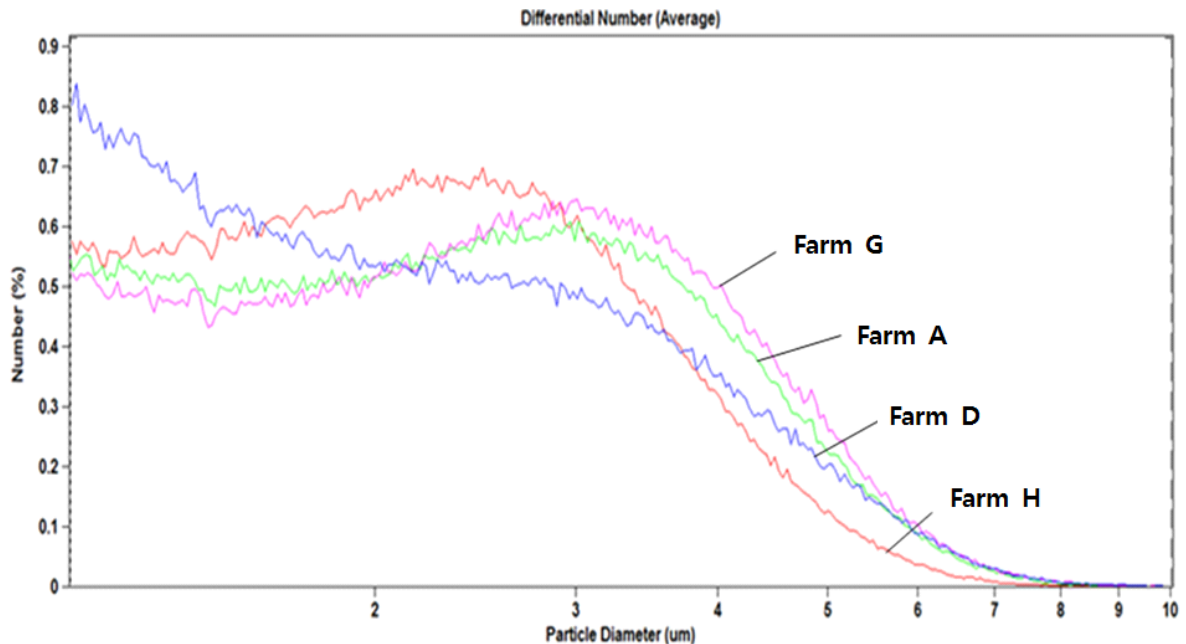


Fig. 1. Particle size distribution of milk fat globule affected by protected fat supplementation.

Table 3. Comparison of milk fatty acids composition affected by protected fat feeding

%	No use of protected fat		Use of protected fat	
	D (n=6)	H (n=6)	A (n=6)	G (n=6)
Mono unsaturated FA	1.14 ^{ab} ±0.11	1.02 ^b ±0.05	1.22 ^{ab} ±0.05	1.37 ^a ±0.07
Poly unsaturated FA	0.26 ^b ±0.01	0.27 ^b ±0.01	0.31 ^a ±0.01	0.31 ^a ±0.00
Saturated FA	1.94 ^c ±0.11	1.98 ^{bc} ±0.16	2.49 ^a ±0.08	2.37 ^{ab} ±0.08
Total unsaturated FA	0.82±0.13	0.75±0.09	0.98±0.07	1.02±0.07

All values are Mean±SE.

^{a-c} Values within a row with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

Saturated FA = 4:0, 6:0, 8:0, 10:0, 12:0, 14:0, 15:0, 16:0, 17:0, 18:0, 20:0

Mono unsaturated FA = 10:1, 14:1, 15:1, 16:1, 17:1, 18:1

Poly unsaturated FA = 18:2, 18:3

* FA g/100 g milk (applies to all fatty acid profile components)

로 그 원유를 원료로 생산되는 치즈 등 유제품 품질에까지 영향을 미칠 수 있음을 암시하는 것이다. Wiking 등(2004)에 의하면, 유지방량과 지방구의 평균 직경 간에 상관관계가 높은 편이며($r^2=0.54$), 유선세포는 지방구막 물질의 안정된 구조유지를 위해 보다 커다란 지방구를 만들기 때문에 지방질 사료를 통한 장쇄지방산(C16 이상)의 보충 공급은 지방구 크기와 관련하여 자연적 크립 형성 등에 영향을 미치고, 그러한 특성이 치즈 등 유제품의 물리적 성질(경도, 수분함량 등)에 변화를 가져다 줄 수 있음을 주장하였다.

우유 지방의 98%는 triacylglycerides(Bauman and Griinari, 2003)가 차지하며, 나머지 2%는 diacylglycerides, cholesterol, phospholipids, free fatty acids로 구성된다(Lock and Bauman, 2003). 우유의 지방산은 1) 사료로부터의 공급, 2) 반추위 내 미생물의 발효에 의한 공급, 3) 젖소의 체성분에서의 동원, 3) 간이나 유선세포에서의 *de novo synthesis*에 의해 조달된다(Grummer, 1991). 탄소수 4~14개의 지방산은 C14:0 (myristic acid)나 C16:0(palmitic acid)에서 유래되거나, acetic acid와 β -hydroxybutyric acid로부터 합성된다(Bauman *et al.*, 2003). 탄소수 16개 이상의 지방산은 사료로부터 공급되거나, 체내 저장되어 있는 지방조직의 triacylglyceride가 분해되면서 동원된다(Parodi, 2004). 사료로부터 공급되는 지방산의 원천은 3가지가 있는데, 1) 조사료, 2) 지방종자, 3) 지방첨가제가 그것이다. 이 세 가지 요인들은 각기 다른 방법으로 Long chain fatty acid의 조성과 농도를 변화시킨다. 조사료의 경우, 반추위미생물이 cellulose와 hemicellulose로부터 유선세포에서 일어나는 *de novo synthesis*의 전구체인 acetate와 butyrate를 생산하며, 유류종실의 지방은 C18:1, C18:2를 증가시킨다(Masbridge and Blake, 1997). 마지막으로 지방첨가제는 주로 에너지공급용으로 많이 사용되며, 이때 원유 내 C6:0와 C14:0의 농도는 줄고, C16:0과 C18:1이 증가하는 경향을 보인다.

3. 유지지방산 함량 및 조성

연구대상 목장 중 한 때 원유의 산패취가 문제로 대두된 바 있는 D목장의 경우, 착유횟수를 달리하여 원유시료를 채취하고, 유지지방산의 함량과 조성을 조사한 결과, 착유횟수가 늘어날수록 원유 내 유지지방산 함량이 높아지는 결과를 보였는데(Table 4), 이는 선행 연구보고들(Wiking *et al.*, 2006; Favani *et al.*, 2005; Justesen and Rasmussen, 2000; Klungel *et al.*, 2006; De Koning *et al.*, 2003; Pirlo *et al.*, 2004)과 경향을 함께 한다고 볼 수 있다. 특히, C16:0 (palmitic acid)와 C18:1(oleic acid)는 착유횟수가 증가함에 따라 높아지는 경향이 강하였는데, 원유 내 C16:0의 함량은 사료 내 C16:0의 함량이 많을수록 높아진다고 Caroline 등(2013)은 보고한 바 있다. Astrup 등(1980)은 연구에서는 소량(600 g)의 C16:0을 사료에 첨가 공급한 결과, 원유 내 C16:0 수준과 유지지방산이 증가하고 이상취(off-flavor)가 발생함을 관찰하였다. Chazal과 Chilliard(1986)의 연구에서는 저품질 사일리지를 먹었을 때가 고품질 사일리지를 먹었을 때보다 더 많은 양의 유지지방산이 관찰되었다. 또한 유지지방산은 사료의 제한급여에 의해 혈중 LPL(Lipoprotein lipase)가 원유 내로 유입되거나, 활성이 증가한다. 원유의 산패취가 발생한 목장(D 및 E)에서는 동일 종류의 수입산 옥수수사일리지를 TMR로 급여하고 있었는데, AMS로 착유하면서 옥수수사일리지를 급여하는 목장 C의 경우에는 산패취 문제가 일어나지 않았다는 점을 감안할 때, 사료에 의한 산패취 발생일 수도 있어 고온기(하절기)에 추가적인 연구를 실시할 필요가 있다고 사료된다.

4. 원유의 산가(Acid Value, AV)

흔히 원유의 품질척도의 하나인 산가의 측정은 지방 분자에서 유리된 지방산의 양을 파악하고, 유지방의 산패 정도를 판정하는 데 이용되어 왔다. 식품의 산가는 유지의 식

Table 4. Concentration of free fatty acids varied with different milking frequency at farm D

Free fatty acid (mg/L)	2.4 times milking	2.6 times milking	2.9 times milking	3 times mlking	SEM ¹⁾
C4:0	0.71 ^a	0.23 ^b	0.00 ^c	0.28 ^b	0.06
C6:0	1.08 ^a	0.75 ^b	0.01 ^d	0.53 ^c	0.05
C8:0	1.96 ^a	1.41 ^b	0.82 ^c	1.32 ^b	0.04
C10:0	8.14 ^a	4.88 ^{ab}	3.32 ^c	4.02 ^c	0.62
C12:0	11.86	3.70	2.28	2.66	1.95
C14:0	8.9 ^b	10.67 ^a	6.63 ^d	7.35 ^{cd}	0.50
C16:0	4.18 ^b	20.17 ^a	22.58 ^a	25.59 ^a	2.56
C18:0	95.88 ^b	83.75 ^a	90.35 ^a	106.76 ^a	11.65
C18:1	68.33 ^b	87.55 ^a	89.27 ^a	94.07 ^a	4.67
C18:2	20.27 ^a	20.35 ^a	18.73 ^{ab}	16.5 ^b	0.58
SCFFA	3.74 ^a	2.39 ^b	0.82 ^c	2.13 ^b	0.13
MCCFA	20.00	8.58	5.61	6.68	2.53
LCFFA	197.56 ^c	222.48 ^{ab}	227.57 ^{ab}	250.28 ^a	12.70
Total	221.30 ^a	233.46 ^b	234.00 ^b	259.09 ^c	11.47

^{a-d} Values within a row with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

¹⁾ Standard error of means (n=3).

SCFFA=Short-chain FFA (sum of C4:0 to C8:0); MCCFA=Medium-chain FFA (sum of C10 to C12:0);

LCFFA=Long-chain FFA (sum of C14:0 to C18:2); Total FFA (sum of C4:0 to C18:2).

Table 5. Comparison between AMS and CMS farms of changes in acid value of the bulk milk after milking

Time after milking	AMS		Time after milking	CMS	
	D	E		H	G
24h	0.143	0.146	3h	0.141	0.14
36h	0.146	0.148	12h	0.143	0.141
42h	0.145	0.143	24h	0.145	0.147
46h	0.148	0.144	36h	0.146	0.149

0.14~0.16% : fresh milk

0.19~0.20% : early rancidity milk

0.25% 이상 : rancid milk

별에 사용되기보다는 유지의 정제 정도나 사용내역 혹은 보관기간 등을 추정할 때 사용되는 척도이다. 본 연구에서 얻어진 산가의 측정 결과에서는 AMS목장과 CMS목장 간에 별다른 차이가 발견되지 않았다(Table 5). 하루에 두 번 일정 시간에 착유하여 원유가 냉각기에 12시간 정도 보관되는 CMS방법과 비교할 때, 젖소가 원할 때 착유하게 되는 AMS의 경우에는 집유차량이 오기 전까지 지속적인 착유작업과 함께 냉각기에 수집된 젖이 24시간 동안 지속적으로 보관된다. 이처럼 CMS 착유방법에 비해 AMS 방법이 냉각기에서의 보관기간이 길어짐으로써 일어날 수 있는 산패는 별로 커다란 문제가 되지 않는 것으로 나타났다.

고 찰

근래에 정부지원과 함께 증가하고 있는 목장형 유가공사를 전개하는 목장의 경우, AMS 도입으로 인한 원유성분의 변화와 함께 이차적으로 유제품의 품질 간의 연관관계에 미치는 효과에 대한 구명이 필요하다. 본 연구에서 얻어진 결과를 종합해볼 때, 일반성분 및 산패 관련조사항목의 경우, 체세포와 유량을 제외한 나머지 성분들은 AMS와 CMS 간 착유방식에서 오는 영향보다도 사료, 즉 각 목장의 착유우 영양관리에서 오는 영향이 더 큰 것으로 사료된다. 특히 보호지방 첨가급여로 인해 유지율 및 불포화지방산과 포화

지방산의 함량이 높아지는데, 치즈의 종류에 따라 원료유의 지방구 크기를 적절한 범위로 유도할 수 있으며, 이는 사양관리상의 조절로도 가능할 수 있다. 이러한 점은 목장형 유가공사업 농가에서 유제품을 생산함에 있어 주목할 만한 사항이다. 우리나라를 포함하여 세계에서 가장 많이 소비되는 체다치즈의 경우, 큰 유지방구를 함유한 원료유로 만든 제품이 작은 유지방구를 원료유로 사용한 경우보다 더 좋은 풍미, 식감과 색을 가질 수 있는바, 우리나라의 경우, '6차 산업형 낙농'으로 목장형 유가공사업에 참여하는 목장에서는 체다를 포함한 자연치즈를 생산할 경우, AMS 착유방법을 이용하게 된다면 착유횟수 증가로 인한 유지방구 크기의 증가로 제품특성상 긍정적인 효과를 기대할 수도 있을 것으로 사료된다.

사 사

본 연구는 2014년도 농촌진흥청 어젠다 연구과제(PJ 01017203) 지원에 의해 이루어진 것이며, 지원에 감사드립니다.

참고문헌

- Abeni, F., Degano, L., Calza, F., Giangiaco, R. and Pirlo, G. 2005. Milk quality and automatic milking: Fat globule size, natural creaming, and lipolysis. *J. Dairy Sci.* 88:3519-3529.
- Arnould, V. and Soyeurt, H. 2009. Genetic variability of milk fatty acids. *Journal of Applied Genetics* 50:29-39.
- Astrup, H. N., Vik-Mo, L., Skrvseth, O. and Ekern, A. 1980. Milk lipolysis when feeding saturated FA to the cow. *Milchwissenschaft* 35:1-4.
- Bauman, D. and Griinari, J. 2003. Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Annual Review of Nutrition* 23: 203-227.
- Cecchi, G., Martini, M., Scolozzi, C., Leotta, R. and Verita, P. 2003. Milk fat globules in different dairy cattle breed. Part 2: relationship to fatty acid composition. *Ital. J. Anim. Sci.* 2:275-227.
- Chazal, M. P., Chilliard, Y. and Coulon, J. B. 1987. Effect of nature of forage on spontaneous lipolysis in milk from cows in late lactation. *Journal of Dairy Research* 54:13-18.
- DeKoning, K., Slaghuis, B. and van der Vorst, Y. 2003. Robotic milking and milk quality: Effects on bacterial counts, somatic cell counts, freezing points and free fatty acids. *Ital. J. Anim. Sci.* 2:291-299.
- Evers, J. M. J. 2004. The milk at globule membrane-compositional and structural changes post secretion by the mammary secretory cell. *Int. Dairy J.* 14:661-674.
- Grummer, R. 1991. Effect of feed on the composition of milk fat. *J. Dairy Sci.* 74:244-3257.
- Jensen, R. G., Ferris, A. M. and Lammi-Keefe, C. J. 1991. The composition of milk fat. *J. Dairy Sci.* 74: 3228-3243.
- Jestesen, P. and Rasmussen, M. D. 2000. Improvements of milk quality by the Danish AMS self-monitoring programme. *Int. Symp. Robotic Milking, Lelystad.* pp. 83-88. in *Proc.*
- Klei, L. R., Lynch, J. M., Barbano, D. M., Oltenacu, P. A., Lednor, A. J. and Bandler, D. K. 1997. Influence of milking three times a day on milk quality. *J. Dairy Sci.* 80:427-436.
- Klungel, G. G., Slaghuis, B. A. and Hogeveen, H. 2000. The effect of the introduction of automatic milking systems on milk quality. *J. Dairy Sci.* 83:1998-2003.
- Lock, A. and Bauman, D. 2004. Modifying milk fat composition in dairy cows to enhance fatty acids beneficial to human health. *Lipids* 39:1197-1206.
- Mansbridge, R. J. and Blake, J. S. 1997. Nutritional factors affecting the fatty acid composition of bovine milk. *British Journal of Nutrition* 7:37-47.
- Martini, M., Scolozzi, C. and Cecchi, F. 2005a. Studio delle correlazioni tra le caratteristiche morfometriche del globule di grasso e la qualita del latta di bufala. *Sci. Tecn. Latt. Cas.* 54:197-204.
- Martini, M., Scolozzi, C., Ceccgi, F., Salari, F. and Verjta, P. 2005b. Study on chemical and fatty acid modification of cow's in relation to fat globules diameter. *Ital. J. Anim. Sci.* 4:230-232.
- Michalski, M. C., Gassi, J. Y., Famelart, M. H., Leconte, N., Garmier, B., Michel, F. and Briard, V. 2003. The size of native milk fat globules affects physico-chemical and sensory properties of Camembert cheese. *Lait* 83: 131-143.
- Österman, S. and Bertilsson, J. 2003. Extended calving interval in combination with milking two or three times per day: Effects on milk production and milk composition. *Livestock Production Science* 82:139-149
- Parodi, P. 2004. Milk fat in human nutrition. *Australian*

- Journal of Dairy Technology 59:3-59.
21. Pirlo, G., Bertoni, G. and Giangiacomo, R. 2004. Introduction for AMS in Italian dairy herds: Effects on cow performances and milk quality in a herd of the Grana Padano area. Pages 335-340 in A better understanding - Automatic Milking.
 22. Robertsson, Caroline. 2013. Effects of palmitic and stearic acids supplementation on milk yield, composition and milk lipolysis in dairy cows.
 23. Santos, M V., Ma, Y., Caplan, Z. and Barbano, D. M. 2003. Sensory threshold of off-flavors caused by proteolysis and lipolysis in milk. *J. Dairy Sci.* 89:1601-1607.
 24. St-Gelais, D., Passet, C. A., Hahe, S. and Roy, P. 1997. Production of low-fat cheddar cheese from low and high mineral retentate powders and different fractions of milk fat globules. *International Dairy Journal* 7:733-741.
 25. Travers, M. T. and Barber, M. C. 1993. Isolation of a goat acetyl-CoA-carboxylase complementary DNA and effect of milking frequency on the expression of the acetyl-CoA-carboxylase and fatty acid synthase genes in goat mammary gland. *Comp. Biochem. Physiol. B* 105:123-128.
 26. Wiking, L., Bjorck, L. and Nielsen, J. H. 2003. Influence of feed composition on stability of fat globules during pumping of raw milk. *Int. Dairy J.* 13:797-803.
 27. Wiking, L., Nielsen, J. H., Bavius, A. K., Edvardsson, A. and Svennersten-Sjaunja, K. 2006. Impact of milking frequency on the level of free fatty acids in milk, fat globule size and fatty acid composition. *J. Dairy Sci.* 89:1004-1009.
 28. Wiking, L., Stageded, J., Bjorck, L. and Nielsen, J. H. 2004. Milk fat globule size is affected by fat production in dairy cows. *Int. Dairy J.* 14:909-913.
 29. Zarztnska, J., Plawinska-Czarnak, J. and Bogdan, J. 2014. Bovine milk fat characteristics. *World J. Veterinary Sci.* 2:1-5.

(Received 1 November, 2014 / Accepted 14 November, 2014)