



착유방식 및 지방 보충급여가 원유 및 지방특성에 미치는 효과

문주연¹ · 이진성¹ · 장경만² · 박성민³ · 박승용⁴ · 정문웅⁵ · 손용석^{1*}

¹고려대학교 생명공학부, ²국립환경대학교 동물생명환경과학부, ³국립축산과학원,
⁴천안연암대학 축산계열, ⁵우석대학교 외식산업조리학과

Effects of the Milking System and Supplemental Fat Feeding on Milk and Milk Fat Characteristics

Ju Yeon Moon¹, Jin-Sung Lee¹, Kyeong-Man Chang², Seong-Min Park³, Seung-Yong Park⁴,
Mun Yhung Jung⁵ 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

⁴Dept. of Animal Science, Cheonan Yonam College, Cheonan 331-709, Korea

⁵Dept. of Food Science and Culinary Arts, Woosuk University, Wanju 565-701, Korea

Abstract

This study was carried out to investigate the effects of different milking systems (AMS, automatic milking system and CMS, conventional milking system) and of supplemental fat feeding on milk composition and milk fat characteristics. The composition, MFG (milk fat globule) size, fatty acids (FAs), and free fatty acids (FFAs) of the milk from 4 AMS and 4 CMS dairy farms were analyzed on the basis of the milking system and feeding of protected fat. The milking system did not affect milk composition, MFG size, and milk FAs, but FFA content of AMS milk were significantly higher than that of CMS milk. Feeding of protected fat resulted in the production of milk much higher in LCFAs (long chain FAs); however, the milk composition was not affected by fat supplementation. Cows administered protected fat supplements produced milk containing MFGs with a large average diameter.

Keywords: milking system, fat supplementation, milk fat globule(MFG) size, fatty acids

서 론

국내 낙농업이 당면한 여러 문제들을 이겨내기 위해 최근에는 6차 산업으로 발전하기 위한 움직임이 진행되고 있다. 즉, 생산(1차)뿐 아니라, 가공(2차) 및 관광(3차)까지 목장에서 모두 이루어질 수 있도록 하는 방향으로 나아가고 있는데,

이 과정에서 인력의 부족으로 인하여 일부 목장에서는 자동 착유시스템(AMS; automatic milking system)을 도입했거나, 도입을 고려하는 곳도 있다. 자동착유기는 네덜란드에서 1992년에 처음 이용되기 시작했으며, 소의 유량과 생리 상태 등을 반영하여 소가 자율적으로 착유할 수 있고, 농장주 입장에서는 노동력 절감과 시간적 경영효율, 개체별 정보 수집의 편리함 등의 장점이 있어, 전통적 착유시스템(CMS; conventional milking system)에 비해 높은 가격에도 불구하고, 도입을 고려하는 낙농가가 증가하고 있는 추세이다.

유성분 측면에서 AMS로 착유된 우유는 CMS로 착유된 우

* 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

유와 일부 다른 특성을 갖게 되는데, Klungel 등(2000)에 의하면 AMS로 착유된 우유는 CMS로 착유된 우유에 비해 빙점, 미생물수, 체세포수, 유리지방산 양이 증가하였다. 또한 Wiking 등(2003)은 착유횟수의 증가가 유지방 신생 합성을 증가시켜 유지방구의 크기가 커지고, 유지방구 크기가 커질수록 불안정하여 지방분해에 취약함으로써 유리지방산의 양이 증가한다고 보고하였다. 유리지방산이 증가하는 이유는 우유 내 지방분해효소, 특히 지단백 분해효소(lipoprotein lipase)의 활성이 증가되어 중성지방(triacylglycerol)의 분해가 촉진되었기 때문일 것으로 해석된다(Santos *et al.*, 2003). 우유 중 유리지방산의 증가는 산패도와 산패취를 증가시킬 수 있으며, 유제품 생산과 품질에도 영향을 미칠 수 있기 때문에, 유지방구 크기 및 유리지방산 조성은 AMS와 CMS 간의 착유 방식차이에서 주목할 사항인 것으로 판단된다.

한편, 우유의 지방 특성에 영향을 미치는 요인 중 하나는 에너지 보충을 위해 젖소에 급여되는 보호지방이다. 섭취된 지방산은 소장에서 흡수된 후 유지방으로 전환되어 지방산 조성에 영향을 미치므로, 급여 여부에 따른 우유 지방산 차이를 비교해볼 필요 또한 있다고 사료된다. 따라서 본 연구는 착유방식과 보호지방의 급여가 유조성분과 유리지방산을 비롯한 지방 특성에 미치는 효과를 알아보기 위해 수행되었다.

재료 및 방법

1. 원유시료 채취 및 분석

경기도 지역의 낙농목장 중 사육규모와 급여사료의 성격이 유사한 AMS 및 CMS 목장을 각 4개소씩 선정하고, 2015년 4월부터 8월까지 각 목장의 집합유 시료를 월 1회 채취하였다. 채취한 50 mL의 원유시료는 방부제(Microtabs II)를 넣어 ice box에 담아 운송하였으며, 이 중 25 mL는 산유능력 검정과 동일한 항목(일반성분 및 MUN, 세균수, 체세포 등)을 한국중축개량협회 유성분분석소에 의뢰하여 분석하였고, 나머지 25 mL는 deep freezer에 보관하면서 유지방구 크기(milk fat globule size), 유리지방산(free fatty acid) 함량 및 조성을 분석하였다.

2. 유지방구 크기

전기저항법에 의해 입도를 분석하는 Coulter Counter Multisizer 4(Beckman Coulter, USA) 기기를 이용하여 유지방구 크기를 분석하였다. 유지방구의 응집을 막기 위해 시료는 측정 전 3분간 sonication을 실시한 후, 전해질 용액(ISOTON II)와 함께 교반하여 시료가 분산되도록 하고, 안정화가 된 후 분석을 실시하였다. 입자 크기 측정에는 50 μm 크기의 Aperture tube를 이용하였고, flow rate는 10 $\mu\text{L}/\text{sec}$ 로 하였으며, 소프트웨어

Z2 Accucomp software(Beckman Coulter, USA)를 사용하여 지방구의 직경, 평균치 및 변이계수를 측정하였다. 평균값을 구하는데 이용된 수식은 다음과 같다.

$$d_{4,3} = \sum N_i d_i^4 / \sum N_i d_i^3$$

d_i : 직경 범위

N_i : d_i 에 해당하는 지방구 입자의 수

3. 지방산 조성

우유 중의 지방산은 우유시료를 0.25 N의 sodium methoxide를 이용하여 70°C에서 30분간 처리하여 FAME(fatty acids methyl ester)로 유도시킨 후 FID(flame ionization detector)가 장착된 GC(Shimadzu, Japan)를 이용하여 분석하였다. GC 분석 조건은 다음과 같다.

Column : Cyanopropyl capillary column
(SP-2560, 100 m \times 0.25 mm, Supelco)

Carrier gas : Helium, flow rate : 1.80 mL/min

Injector temperature : 250°C

Oven temperature program: 60°C for 5 min \rightarrow 175°C at 10°C/min \rightarrow 230°C at 2°C/min and hold for 10 min.

Detector temperature : 270°C

4. 유리지방산 조성

유리지방산 조성의 분석은 de Jong과 Badings(1990)의 방법에 준하여 실시하였다. 6M의 HCl을 우유 시료에 첨가하여 시료의 pH를 3.5로 조정하고, 표준 물질로 C4, C6, C8, C10 유리지방산(Sigma)을 첨가한 후 시료 4.00 g을 시료병에 옮겨 담았다. 여기에 마그네슘타를 넣고, hotplate 상에서 10분간 상평형을 이루게 한 후, 상부공극에 SPME fiber를 삽입하여 15분간 유리지방산을 흡착하였다. 유리지방산이 흡착된 SPME fiber를 GC injector에 주입한 후, 고온에서 탈착하여 GC-FID(Shimadzu, Japan)로 분석을 실시하였으며, 표준물질 첨가 분석결과와 표준물질을 첨가하지 않은 분석결과를 비교하여 우유시료 중에 함유된 유리지방산 함량을 분석하였다. GC 분석조건은 다음과 같다.

Column: DB-FFA (30 m \times 0.25 μm , 0.25 μm film thickness)

Injector temperature: 300°C

Oven gradient program: 3 min holding at 50°C \rightarrow 15°C/min to 210°C \rightarrow 5 min holding at 210°C \rightarrow 20°C/min to 230°C \rightarrow 5 min holding at 230°C

Detector temperature: 310°C

5. 통계분석

SPSS version 21.0 windows program(SPSS, Inc., 1998, Chicago, IL, USA)을 사용하여 분산분석을 실시하였고, Duncan의 다중검정으로 유의차를 검정하였으며, 처리구 평균치간 통계적 유의성은 $p < 0.05$ 수준에서 결정하였다.

결과 및 고찰

1. 유성분 비교

공시한 8개 목장에서 채취한 원유의 유성분 함량을 착유방식 및 보호지방 급여 여부에 따라 구분하여 Table 1에 제시하였다. 착유방식 간 또는 보호지방 급여에 따른 각 유성분 값의 통계적 유의차는 인정되지 않았으며, 대부분 우유의 정상 성분범위 내에 들어가는 것으로 나타나, 본 연구에 참여한 8개 목장은 안정적인 사양관리를 실시하고 있는 것으로 보인다. 기존의 AMS 착유 시 체세포수가 늘어난다는 보고(Klungel *et al.*, 2000)와 비교했을 때, 본 연구에서는 AMS 착유 목장의 체세포수가 높은 경향을 보였으나 유의적 차이는 나타나지 않았다. Rasmussen 등(2002)은 AMS 도입초기 3개월은 체세포수가 증가했으나 9개월에서는 차이가 없었다고 보고하였고, Abeni 등(2008)도 착유방식이 체세포수에 영향을 주지 않았다고 보고하여 본 연구 결과와 일치하는 경향을 나타내었다. Mollenhorst 등(2011)은 AMS로 착유 간격을 달리한 실험

에서 착유 간격과 체세포수가 큰 차이는 아니지만 유의적인 영향을 미쳤다고 보고하였는데, 일일 2회 착유하는 CMS에 비해 AMS의 체세포수가 높은 경향을 보이는 것은 착유기나 착유 방식의 차이라기보다는 착유 횟수가 더 높기 때문일 가능성이 있다.

2. 유지방구 크기

유지방구의 크기는 0.2 μm 이하인 것에서부터 15 μm 이상인 것까지 다양하며(Huppertz and Kelly, 2006), 평균 크기는 3~3.5 μm 정도로 알려져 있다(Timmen and Patton, 1988; Attaie and Richter, 2000; Ménard *et al.*, 2010). 유지방구의 크기는 지방산 함량이 많을수록 커지며(Cecchi *et al.*, 2003; Martini *et al.*, 2005a; Martini *et al.*, 2005b), 착유횟수의 증가에 따라서도 커진다고 보고되었다(Wiking *et al.*, 2006). 또한 Michalski 등(2003)과 St-Gelais 등(1997)의 보고에 의하면 유지방구 크기가 치즈의 특성에도 영향을 미칠 수 있다. 공시한 8개 목장에서 채취한 총 80개의 집합유 시료에 대하여 유지방구 크기 분포를 분석한 결과 착유방식에 따른 통계적 차이는 나타나지 않았으며(Table 2), 이는 Abeni 등(2005)의 연구결과와 일치하는 경향이다. 보호지방의 급여에 따라서는 유지방구의 크기가 통계적 유의성이 얻어지지 않았으나(Table 2) 비급여 시에 비하여 유지방구가 커지는 경향이 관찰되었는데, 특히 평균 크기인 3.5 μm 이상의 입자 수가 증가한 것으로 나타났다

Table 1. Milk compositions affected by milking methods and supplemental fat feeding

Items*	MF (%)	MP (%)	Lact. (%)	SnF (%)	SCC (1,000/mL)	MUN
AMS	3.79±0.06	3.21±0.02	4.74±0.03	8.61±0.03	197.62±22.18	12.96±0.66
CMS	3.70±0.11	3.26±0.03	4.76±0.01	8.69±0.03	144.60±14.62	13.73±0.59
with PF	3.75±0.08	3.16±0.03	4.73±0.05	8.58±0.05	170.17±31.20	12.23±0.65
without PF	3.60±0.20	3.26±0.04	4.75±0.02	8.65±0.04	156.08±31.05	12.22±0.70

* All values are Mean±SE.

MF: milk fat; MP: milk protein; Lact: lactose; SnF: solids-not-fat; SCC: somatic cell count; MUN: milk urea nitrogen; AMS: automatic milking system; CMS: conventional milking system; PF: protected fat.

Table 2. Characteristics of MFG size affected by milking methods and supplement fat feeding

Items*	Fat globule size (number %, μm)				Fat globule size (volume %, μm)			
	Mean	d10	d50	d90	Mean	d10	d50	d90
AMS	2.65±0.03	1.21±0.01	2.39±0.02	4.44±0.08	4.67±0.11	2.59±0.05	4.42±0.10	6.82±0.15
CMS	2.55±0.07	1.21±0.01	2.48±0.06	4.65±0.06	4.83±0.05	2.73±0.05	4.64±0.07	7.13±0.17
with PF	2.67±0.02	1.20±0.00	2.41±0.01	4.52±0.05	4.80±0.11	2.65±0.03	4.52±0.07	6.96±0.16
without PF	2.49±0.07	1.20±0.01	2.38±0.04	4.39±0.18	4.53±0.17	2.56±0.11	4.32±0.18	6.56±0.16

* All values are Mean±SE.

d10, d50, d90 : 10% with respect to the cumulative distribution of the particles up to a value of 50%, particle size refers to the value corresponding to 90%; AMS: automatic milking system; CMS: conventional milking system; PF: protected fat

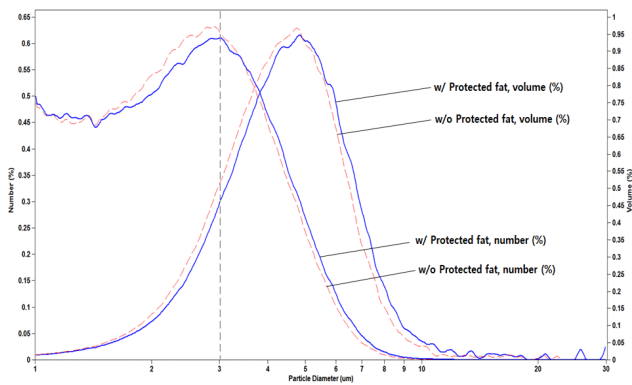


Fig. 1. Particle size distributions of the fat globule for bulk milk depending upon milking systems (A) and protected fat feeding (B). AMS means automatic milking system and CMS means conventional milking system.

(Fig. 1). 이는 예를 들어 목장형 유가공을 실시하는 경우, 제조하는 유제품(예: 치즈)의 종류에 따라 사양 단계에서부터 유지방구 크기를 조절하여 원료유를 생산할 수 있음을 암시한다.

3. 지방산 및 유리지방산 조성

착유방식 및 보호지방 급여에 따른 지방산 조성을 포화도와 탄소수에 따라 구분하여 Table 3과 Table 4에, 탄소수 4부터 8까지의 유리지방산 함량을 Table 5에 제시하였다. 포화 및 불포화 지방산 조성은 착유 방식과 보호지방 급여에 따른 차이가 나타나지 않았으며, 장쇄지방산(LCFA)의 경우에는 보호지방을 급여한 농가가 비급여 목장에 비해 높은 값을 보였는데, 탄소수 16개 이상의 장쇄 지방산은 사료로부터 공급받거나 체지방의 중성지방이 분해되면서 동원되며(Parodi, 2004), 본 연구가 집유 탱크 원유를 분석시료로 사용한 점과 연구기간 동안 각 목장 보유우들의 체중실지수에 큰 변동이 없었던

Table 3. Compositions of saturated and unsaturated fatty acids affected by milking methods and supplement fat feeding (FA g/100g of milk)

Items*	MUFA	PUFA	Total UFA	SFA
AMS	1.21±0.02	0.27±0.01	1.22±0.06	2.43±0.04
CMS	1.17±0.03	0.27±0.01	1.14±0.06	2.38±0.08
with PF	1.20±0.03	0.28±0.01	1.24±0.10	2.40±0.06
without PF	1.15±0.05	0.26±0.01	1.12±0.07	2.32±0.13

* All values are Mean±SE.

MUFA: mono unsaturated fatty acids=10:1, 14:1, 15:1, 16:1, 17:1, 18:1; PUFA(poly unsaturated fatty acids) = 18:2, 18:3; SFA(saturated fatty acids)=4:0, 6:0, 8:0, 10:0, 12:0, 14:0, 15:0, 16:0, 17:0, 18:0, 20:0; AMS: automatic milking system; CMS: conventional milking system; PF: protected fat

Table 4. Compositions of short, medium and long chain fatty acids by milking methods and supplement fat feeding. AMS means automatic milking system and CMS means conventional milking system (mg/L)

Items*	SCFA	MCFA	LCFA	CLA
with AMS	3.63 ^b ±0.03	6.62 ^{ab} ±0.13	90.06 ^b ±0.46	0.29 ^b ±0.02
PF CMS	2.57 ^b ±0.18	4.35 ^c ±0.01	92.09 ^a ±0.171	0.48 ^b ±0.02
without AMS	4.56 ^a ±0.17	5.54 ^b ±0.55	89.90 ^b ±0.70	0.96 ^a ±0.17
PF CMS	3.40 ^b ±0.10	6.90 ^a ±0.06	89.71 ^b ±0.03	0.28 ^b ±0.00

*All values are Mean±SE. ^{a-c} Values within a column with different letters are significantly different (p<0.05).

SCFA(short chain fatty acids) = sum of C4:0 to C8:0; MCFA(medium chain fatty acids) = sum of C10:0 to C12:0; LCFA(long chain fatty acids) = sum of C14:0 to C 18:3; CLA: conjugated linoleic acids AMS: automatic milking system; CMS: conventional milking system; PF: protected fat

Table 5. Compositions of free fatty acids affected by milking methods and supplement fat feeding (mg/L)

Items*	C4:0	C6:0	C8:0	C10:0
with AMS	19.09 ^a ±0.31	13.40 ^a ±0.26	14.10 ^a ±0.25	28.84 ^a ±0.52
PF CMS	8.00 ^b ±0.40	4.89 ^b ±0.10	4.24 ^b ±0.31	9.29 ^b ±1.31
without AMS	7.94 ^b ±0.34	5.41 ^b ±0.50	4.96 ^b ±1.03	9.83 ^b ±2.43
PF CMS	4.00 ^b ±2.54	2.71 ^b ±1.60	2.42 ^b ±1.63	5.46 ^b ±3.49

* All values are Mean±SE.

AMS: automatic milking system; CMS: conventional milking system; PF: protected fat

점을 고려할 때, 보호지방 급여 목장의 우유가 장쇄지방산 비율이 높았던 것은 보호지방의 급여에 기인한 가능성이 높은 것으로 판단된다. 장쇄지방산은 산유량 및 유지방생산량 증가 시 지방구 크기 증가와도 연관이 있어(Wiking *et al.*, 2004), 사료 및 보호지방을 통한 지방 보충급여는 우유 및 유제품 품질에도 영향을 줄 수 있음을 암시한다(Mun *et al.*, 2014).

요 약

AMS와 CMS 및 보호지방의 급여 여부가 우유 성분과 유지방 특성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 본 연구를 실시하였다. 착유방식과 보호지방 급여 여부에 따라 AMS 및 CMS 목장을 각 4개소씩 선정하여 월 1회 집합유 원유시료를 채취하였으며, 총 5개월간 유성분, 유지방구(MFG) 크기, 지방산 및 유리지방산 조성을 분석하였다. 착유방식에 따른 일반 유성분, MFG 크기, 지방산 조성의 유의적 차이는 관찰되지 않았으나, AMS로 착유된 우유의 유리지방산 함량이 CMS로

착유된 우유에 비해 유의적으로($p < 0.05$) 높았으며, 이는 AMS의 착유 횟수가 CMS에 비해 더 많았기 때문인 것으로 판단된다. 보호지방을 급여한 농장의 우유를 비급여 농장과 비교하였을 때 유성분에는 차이가 없었으나 장쇄지방산(LCFA) 함량이 더 높은 것으로 나타났으며, 유지방구의 크기 또한 증가하는 경향을 보였는데 이는 급여한 보호지방의 주요지방산인 LCFA가 유지방으로 전이되었기 때문으로 해석된다. 또한 공시한 모든 AMS 목장에서 원유의 산패문제는 발생하지 않았는데, 유지방산 함량이 CMS에 비해 유의적으로 높았지만 산패를 일으킬 정도로 높은 수준은 아니었던 것으로 판단된다. 이상의 결과를 바탕으로 할 때 AMS는 유성분 및 유지방 특성의 측면에서 CMS 대비 주목할 만한 차이를 보이지 않았으며 보호지방의 급여는 유지방구 크기 및 장쇄지방산 농도에 영향을 미치므로 향후 목장형 유가공을 실시할 경우 이를 응용할 여지가 있을 것으로 사료된다.

감사의 말

본 연구는 2015년도 농촌진흥청 어젠다 연구과제(PJ 010172) 지원으로 수행되었으며, 지원에 감사드립니다.

참고문헌

- Abeni, F. D., Calza, F. L., Giangiaco, R. and Pirlo, G. 2005. Milk quality and automatic milking: Fat globule size, natural creaming, and lipolysis. *J. Dairy Sci.* 88:3519-3529.
- Abeni, F., Terzano, M. G., Speroni, M., Migliorati, L., Capelletti, M., Calza, F., Bianchi L. and Pirlo, G. 2008. Evaluation of milk enzymes and electrolytes, plasma metabolites and oxidative status in twin cows milked in an automatic milking system or twice daily in a conventional milking parlor. *J. Dairy Sci.* 91:3372-3384.
- Attaie, R. and Richter, R. L. 2000. Size distribution of fat globules in goat milk. *J. Dairy Sci.* 83:940-944.
- 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.
- De Jong, C. and Badings, H. T. 1990. Determination of free fatty acids in milk and cheese. Procedures for extraction, clean up and capillary gas chromatographic analysis. *J. High Resolution Chromatography* 13:94-98.
- Huppertz, T. and Kelly, A. L. 2006. Physical chemistry of milk fat globules. In: *Advanced dairy chemistry II. Lipid* (P. F. Fox and P. L. H. McSweeney, eds.) pp. 173-212, Springer Science+Business Media, Inc., New York.
- Klungel, G. G., Slaghuys, B. A. and Hogeveen, H. 2000. The effect of the introduction of automatic milking systems on milk quality. *J. Dairy Sci.* 83:1998-2003.
- Martini, M., Scolozzi, C. and Cecchi, F. 2005a. Studio delle correlazioni tra le caratteristiche morfometriche del globule di grasso e la qualita del latte di bufala. *Sci. Tecn. Latt. Cas.* 54:197-204.
- Martini, M., Scolozzi, C., Cecchi, 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.
- Ménard O., Ahmad, S., Rousseau, F., Briard-Bion, V., Gaucheron, F. and Lopez, C. 2010. Buffalo vs. cow milk fat globules: Size distribution, zeta-potential, compositions in total fatty acids and in polar lipids from the milk fat globule membrane. *Food Chem.* 120:544-551.
- 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.
- Mollenhorst, H., Hidayat, M. M., van den Broek, J., Neijenhuis, F. and Hogeveen, H. 2011. The relationship between milking interval and somatic cell count in automatic milking systems. *J. Dairy Sci.* 94:4531-4537.
- Mun, J. Y., Chang, K. M., Nam, I. S., Park, S. M., Oh, N. S. and Son, Y. S. 2014. Effects of automatic milking systems on raw milk quality and milk fat properties with or without feeding protected fat. *Korea. J. Dairy Sci. Technol.* 32:63-70.
- Parodi, P. 2004. Milk fat in human nutrition. *Australian Journal of Dairy Technology* 59:3-59.
- Ramussen, M. D., Bjerring, M., Justesen, P. and Jepsen, L. 2002. Milk quality on danish farms with automatic milking systems. *J. Dairy Sci.* 85:2869-2878.
- 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.
- 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. *Int. Dairy J.* 7:733-741.
- Timmen, H. and Patton, S. 1988. Milk fat globules: Fatty

- acid composition, size and *in vivo* regulation of fat liquidity. *Lipid*. 23:685-689.
19. 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.
20. 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.
21. 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.
-

Received 13 September, 2015

Revised 19 September, 2015

Accepted 20 September, 2015