

우모분 및 우모분 Digest 첨가가 우유 내 Taurine 함량에 미치는 영향

배귀석 · 김혜숙 · 백인기 · 장문백
중앙대학교 산업과학대학 동물자원과학과

Effects of Dietary Supplementation of Feather Meal and It's Digest on Taurine Content of Cow Milk

Bae, G. S., H, S, Kim, I. K. Paik and M. B. Chang
Department of Animal Science & Technology, Chung-Ang University

ABSTRACT

This study, consisting of three experiments, was conducted to determine the effects of feeding feather meal (FM), feather meal digest (FMD), L-cystine and methionine hydroxyl analogue (MHA) on taurine content of milk and milk production of Holstein dairy cows. In experiment 1, FM or FMD was supplemented at 0, 1, 3 and 5% of dry matter intake (DMI), respectively. Taurine concentration of 3% FM and 5% FMD treatment were increased by 14% and 22%, respectively. The 5% FM treatment had a negative effect on milk yield and FM and FMD treatments had no significant or consistent effects on milk fat, protein, lactose, milk urea nitrogen (MUN) and somatic cell count (SCC). In experiment 2, L-cystine or MHA was supplemented at 0, 1, 3, and 5g or ml/d along with 5% FMD, respectively. Milk yield decreased at 3 and 5g or ml L-cystine or MHA supplementation along with 5% FMD. Fat and lactose in milk were not significantly affected by treatments. However, milk protein level increased significantly in the 5 ml HMA with 5% FMD treatment. SCC decreased significantly in 1ml MHA with 5% FMD supplemented treatment but increased in 5g L-cystine with 5% FMD and 5 ml MHA with 5% FMD treatments. Increase of milk taurine concentration of L-cystine with 5% FMD treatments was not significant but those of MHA with 5% FMD treatments were significantly higher than the control. The highest increase of milk taurine concentration was 65% shown in 1 ml MHA with 5% FMD treatment. In experiment 3, 5% FM, 5% FM+3% molasses or 5% FM+3% molasses+1 ml MHA was supplemented to the based TMR diet. The molasses treatments (5% FM+3% molasses and 5% FM+3% molasses+1 ml MHA) showed significantly higher milk taurine content than the 5% FM treatment. The molasses treatments significantly reduced MUN but increased SCC. It was concluded that FMD is more effective than FM in enriching taurine in milk. Maximum taurine enrichment (65%) in the milk was obtained by supplementation of 5% FMD/DMI+1 ml MHA/d/cow. Molasses supplementation to 5% FM diet increased milk taurine content. However, MHA supplementation in dairy cows increased ruminal escape, gastrointestinal absorption and response of serum methionine.

(Key words) : Feather meal, Feather meal digest, MHA, Molasses, Taurine, Milk composition, Dairy cows)

본 연구는 농림기술센터와 ㈜제일사료에서 제공한 연구비로 수행하였음

Corresponding author : M. B. Chang, Department of Animal Science & Technology, College of Industrial Sciences Chung-Ang University, NaeRi 72-1, DaeDuk, AnSung, KyungGi. 456-756, Korea. Tel : 031-670-3029, E-mail : moonbaek@post.cau.ac.kr

I. 서 론

육계산업의 발달과 함께 부산물인 우모의 생산량도 꾸준히 증가하고 있으며 부존자원 활용에 따른 환경친화적 축산에 대한 연구가 활발이 이루어지고 있다. 그러나 현재 우모분이 동물성 단백질 원료로서 사용이 금지 되어 있는 실정이나 현재 우모분은 광우병 유발과는 관계가 없는 것으로 알려져 있다. 때문에 우모분과 육골분의 과학적인 분리가 꾸준히 연구되고 있는 단계이며 이것이 해결될 경우 우모분의 이용은 친환경 축산에 일조할 것으로 사료된다.

사료로 이용하기 위해 전처리 된 우모분은 4.34%의 높은 cystine과 80% 이상의 조단백질로 이루어져 있으며 이 중에는 30%의 rumen degradable protein (RDP)를 포함하고 있다. 또한 단백질소화율이 약 75% 정도이고 (Harris와 Staples, 1992), 항영양인자를 함유하지 않기 때문에 사료화 하는데 용이하며, 현재 양돈 및 양계용으로 이용되고 있다 (NRC, 1995). 그러나 우모분은 histidine, methionine, lysine, tryptophan과 같은 필수아미노산 함량이 낮아 반추위 내에서 반추위미생물 단백질 합성의 단백질 보충 사료원으로써 이용가능성이 높으며, 또한 젖소에 있어서는 우유 내 taurine 합성을 위해 taurine의 전구물질인 cystine의 공급원으로 전환될 수 있다. Methionine hydroxy analogue (MHA)는 반추위 내에서 미생물에 의한 분해에 저항성을 나타내며 (Salsbury 등, 1971; Belasco, 1972; Patterson과 Kung, 1988), 체내에서 methionine으로 대사되어 (Wester 등, 2000; Belasco, 1980), 반추위를 우회한 methionine의 역할을 하며, 또한 cystine으로 전환될 수 있다. Taurine의 전구물질인 cystine의 첨가 또한 우유 내 taurine 함량을 향상시킬 수 있다 (Koenig 등, 1999; Uchida 등, 2003).

Taurine (2-aminoethanesulfonic acid, MW 125.14)은 포유동물의 체내에서 생합성되는 함황아미노산의 하나로서 세포 내액에서 유리된 상태로 존재하고 (Huxtable, 1992; Worden과 Stipanuk, 1985), 해독과 항산화 작용을 통해 간 기능 강화와 혈중 cholesterol 수치감소, 혈압조절, 항산

화작용, 면역기능 강화, 신경 전달 물질 촉진, 성장호르몬 분비 촉진 등 다양한 기능성을 가진다 (John 등, 1995; Yan 등, 1992; Park 등, 1998; Lampson, 1983; Huxtable, 1992; Hayes 등, 1975; Li 등, 1993; Trachtman 등, 1993; Gaull 등, 1982; Pion 등, 1987; Huxtable과 Bressler, 1974; Jacobsen과 Smith, 1968; Ikuyama 등, 1988). 젖소의 우유 내 평균 taurine 함량은 10~54 $\mu\text{mol/l}$ 로 다른 포유류의 유즙 내 taurine 농도에 비해 현저히 낮았으며 (Rassin 등 1978; Harris와 Lee, 1999), 국내에서 시판되고 있는 우유의 경우 80~130 $\mu\text{mol/l}$ 로 한국인 모유 내 taurine 함량 192~274 $\mu\text{mol/l}$ 에 비해 낮은 수준이므로 모유 수준으로 조제유 공정 중 인위적인 taurine 첨가가 이뤄지고 있는 실정이다 (Park 등, 1998; Kim 등, 1999).

본 실험은 실험 1은 우모분 (FM)과 우모분 digest (FMD)의 수준별 첨가에 따른 우유 내 taurine 함량과 유생산에 미치는 영향을 검토하였고 실험 2는 L-cystine과 MHA를 FMD에 각각 수준별로 첨가하여 우유 내 taurine 함량에 미치는 영향을 알아보기 위해 실시되었으며, 실험 3은 우모분과 당밀과 MHA 첨가가 우유 내 taurine 함량에 미치는 영향을 검토하기 위하여 실시되었다.

II. 재료 및 방법

1. 공시동물 및 시험설계

실험 1은 Holstein Friesian 착유우 16두 (평균 체중 580 kg, 평균유량 27.8 kg/day)를 공시동물로 하였으며, 기본 TMR 사료 (23.7 kg DMI/day) (Table 1)에 각각의 첨가제를 배합하여 급여하였다. Feather meal (FM)와 feather meal digest (FMD)를 각각 1일 건물섭취량을 기준으로 사료 내 0, 1, 3, 5%씩 첨가하여 각각 4처리 4반복 (개체)으로 FM 시험 후 FMD 시험을 연속적으로 실시하였다. 실험 2는 실험 1과 같은 공시동물 즉, Holstein Friesian (평균체중 584 kg, 평균유량 28.04 kg/day) 착유우를 이용하여 실험 1에서 우유 내 taurine 생산량이 최대인 FMD

Table 1. Ingredient and chemical composition of TMR used in the experiments

Item	— % —
Ingredient composition	
Corn silage	43.7
Whole cotton seed	4.5
Oat hay	4.5
High green ¹⁾	3.7
Concentrate mix ²⁾	43.6
Chemical composition, assayed value	
Dry matter	61.99
Ash	0.52
Crude protein	10.36
Ether extract	2.47
Neutral detergent fiber	46.82
Acid detergent fiber	16.48

¹⁾ High green[®] contained alfalfa, tall fescue, orchard grass, malt barley, malt oat, calcium phosphates and chemical composition is 9.0 % CP, 0.5 % EE, 35.0 % CF, 0.3 % Ca, 0.2 % P and 12.0 % crude ash.

²⁾ Concentrate mixes contained 24.31 % wheat, 7.00 % ground corn, 20.0 % soybean hulls, 19.06 % canola meal, 18.73 % soybean meal (44 % CP), 0.07 % corn gluten meal (59 % CP), 3.53 % salt, 3.23 % sodium bicarbonate, 1.84 % calcium supplement, 2.23 % vitamin & mineral.

처리구에 L-cystine과 MHA (methionine hydroxyl analogue)를 실험 1의 사료에 각각 0, 1, 3, 5g 또는 ml/day 첨가하여 1일 2회 균등 급여하였고, 실험 1과 같이 4처리 4반복(개체)으로 L-cystine 시험 후 MHA 시험을 연속적으로 실시하였다. 실험 3은 실험 1, 2와 같은 착유우 즉 Holstein Friesian 12두를 평균 유량이 같게 3 group으로 나눈 후 우모분(5%) 구와 우모분(5%) + 당밀(3%) 처리구, 우모분(5%) + 당밀(3%) + MHA (1 ml) 처리구를 두고 1일 2회 균등급여 하였으며 3처리 4반복(개체)으로 비교실험 하였다. 실험 1과 2의 분석용 시료채취(처리 전)는 시험사료 급여 전 3일간 실시하였고, 19일간 시험사료 적응기간을 가졌으며 이후 3일

간 샘플(처리후)을 취하였다. 실험 3의 경우는 실험개시 19일 후에 샘플을 채취하여 분석하였다.

2. 우모소화물(Feather meal digest; FMD 제조)

본 실험에서 사용된 feather meal digest (FMD)는 우모 keratin의 단백질 구조가 동물체내에서의 taurine 합성과정에서 보다 용이하게 이용될 수 있도록 하기 위하여 feather meal 20 kg에 물 23L와 H₂O₂ 600 ml를 가하여 실온에서 12시간 반응시켜 우모 keratin의 cystine 결합 (S-S)을 cysteine (-SH, HS-)으로 환원시켰으며, 다음 5N NaOH 600 ml를 첨가하여 12시간 동안 산화시킨 뒤 60 °C drying oven에서 3일간 건조 후 Wiley mill을 이용하여 1-mm screen로 분쇄하여 이용하였다.

3. 분석항목 및 분석방법

시험사료의 분석은 A.O.A.C (1990)의 방법에 따라 dry matter, ash, crude protein, ether extract를 분석하였고, Van Soest (1991)의 분석방법에 따라 NDF (neutral detergent fiber)와 ADF (acid detergent fiber)를 분석하였다 (Table 1).

산유량은 1일 2회 착유 시 (05:00와 17:00) milk meter (TRU-TEST[®], Denmark)를 이용하여 측정하였으며 각각의 우유를 50 ml tube에 채취하여 Milko-Scan (FOSS-4000, Foss Electric, Denmark)을 이용하여 유성분과 SCC (somatic cell count)를 측정하였다.

우유 내 taurine 분석은 5배로 희석시킨 시료 200 µl에 methanol 2 ml를 가한 후 centrifuge (VS6000CF, Vision scientific Co, Korea)를 이용하여 2,000 × g에서 30분 동안 원심분리한 뒤 0.45 µm syringe filter (16555K, Minisart[®], Germany)로 여과 후 시료 내 유리아미노산을 o-phthalaldehyde (OPA) derivatives로 만들어 Merck Lichro CART column (Superspher 100RP-18 end-capped, 125 × 4mmID)이 장착된 HPLC (Gilson 305 system, Gilson, France)로 측정하였다 (Zunin

과 Evangelisti, 1999). 분석 시 이동상으로는 0.8 ml/min 속도로 0.1 M sodium acetate (pH 5.80) 와 methanol을 각각 80:20 (v/v)으로 혼합한 용액 A와 20:80 (v/v)으로 혼합한 용액 B를 흐르게 하여 fluorescence detector (excitation wavelength: 350 nm, emission wavelength: 426 nm)로 측정하였으며, taurine은 12.56 ± 0.05분 후에 분리되었다. 샘플 20 µl를 주입한 peak의 면적을 standard taurine (Sigma)과 각 시료 중 taurine의 얻어진 peak의 면적과 비교하여 계산하였다.

4. 통계분석

본 실험의 모든 통계처리는 SAS (2000)의 program package의 GLM (General Linear Model) 방법에 의해 표준오차를 구하였고, 실험 1, 2는 t-test를, 실험 3은 분산분석 후 Duncan's multiple range test (Steel과 Torrie, 1981)를 통하여 P<0.05에서 처리간 평균의 유의차를 검정하였다.

III. 결과 및 고찰

실험 1. 우모분과 우모 digest의 수준별 첨가가 우유 내 taurine 함량과 착유우의 생산성에 미치는 영향

본 실험에 사용된 FM과 FMD의 화학적 구성 성분은 DM 95.9%와 98.7%, 조회분 6.7%와 8.4%, CP 82%와 83%, EE 6.8%와 12.8%, NDF 78%와 48%, ADF 26.5%와 28.8%로 나타났는데 FM의 NDF와 ADF는 Harris와 Staples (1992)에 의해 보고된 2% ADF 함량에 비해 매우 높은 결과를 나타내었다.

FM과 FMD의 수준별 첨가에 따른 우유 내 taurine 함량의 변화를 보면 Fig. 1과 2에서와 같이 시험사료 급여 전 3일 동안 채취한 우유 내 taurine 함량은 FM 처리구는 평균 41.76 ± 1.14 µmol/l이었고, FMD 처리구는 41.89 ± 1.47 µmol/l이었다. 이와 같은 수치는 박 등 (2000)의 연구에서 대조군의 우유 내 taurine 함량이 41.42 ± 2.9 µmol/l이었던 것과 비슷한 경향이있

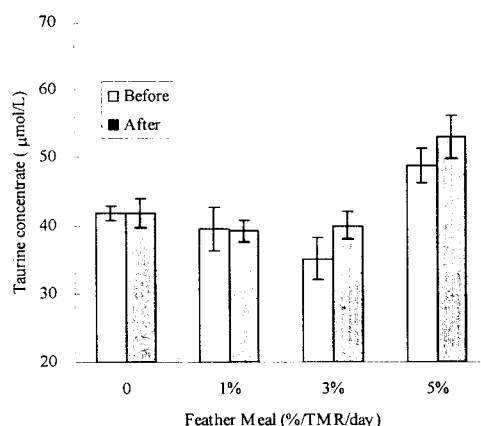


Fig. 1. Effect of dietary supplementation of feather meal on taurine content in milk (n=4/treatment) (Exp. 1).

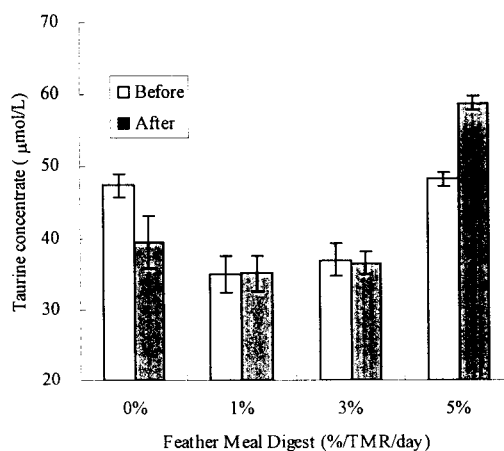


Fig. 2. Effect of dietary supplementation of feather meal digest on taurine content in milk (n=4/treatment) (Exp. 1).

으나, Rassin 등 (1978)과 Harris & Lee (1999)가 보고한 우유 내 taurine 함량인 10 ~ 54 µmol/l 보다는 높은 결과를 나타내었는데, 이는 외국의 경우 착유우의 방목사양관리에 의해 단백질 함량이 낮은 조사료위주의 사양관리가 이루어지는 반면 국내에서는 함황아미노산을 강화시킨 단백질 함량이 높은 농후사료에 의한 사양관리 때문인 것으로 사료된다 (Park 등, 2001).

우유 내 taurine 함량은 FM과 FMD의 첨가량이 증가함에 따라 증가였으며, 전체 FM 처리구의 급여 후 평균 taurine 함량은 0% 대조구를 포

함하여 $43.53 \mu\text{mol}/\text{l} \pm 6.43$ ($39.18 \sim 53.09 \mu\text{mol}/\text{l}$)으로 급여전 $41.76 \mu\text{mol}/\text{l}$ 보다 높았다. 3% FM 급여구에서의 taurine 함량이 평균 $39.96 \pm 2.03 \mu\text{mol}/\text{l}$ 으로 FM 급여전에 비해 13.91%의 증가율을 나타내었으며, 5% FM 처리구는 7.91% 증가하였다.

전체 FMD 처리구의 급여 후 평균 taurine 함량은 0% 대조구를 포함하여 $42.49 \pm 11.05 \mu\text{mol}/\text{l}$ ($35.10 \sim 58.83 \mu\text{mol}/\text{l}$)으로 측정되었다. 5% FMD 처리구에서 평균 $58.83 \pm 1.00 \mu\text{mol}/\text{l}$ 으로 가장 높은 taurine 함량을 나타내었으며 급여전에 비해 21.90% 증가하였다. 이는 FMD의 가공과정 중 우모 keratin의 구조가 산과 염기에 의한 화학적 처리, 높은 온도에서 교반과정을 통한 물리적 처리와 protease 처리에 의해 우모분의 표면적의 증가와 분자량의 감소로 반추미생물들에 의해 보다 용이하게 이용되어 결과적으로 반추위 내에서의 단백질 이용율과 반추미생물 합성량의 증가로 이어져 소장으로의 보다 많은 아미노산의 유입과 흡수가 이루어짐으로써 taurine 합성이 증가된 것으로 사료된다(Harris와 Lee, 1999; Agostoni 등, 2000).

착유우에 있어 FM과 FMD의 수준별 첨가에 따른 유량, 유성분 및 체세포수의 변화는 Table 2와 같다. 유량은 통계적 차이 없이 3% FM 처리구와 5% FMD 처리구에서 증가하였으나 나머지 처리구에서는 감소하는 경향을 보였으며, 특히 5% FM를 급여한 처리구는 처리 전보다 9.63% 감소하였다. 이와 같은 결과는 사료 내 FM의 첨가량이 증가할수록 기호성 감소에 의한 유생산성이 감소하는 경향을 나타낸 Moss와 Holliman(1990)의 결과와 일치하였다. Harris 등 (1992)은 사료 내 FM을 0, 3과 6%씩 첨가하여 급여한 시험에서 유량은 14% 조단백질 사료에서 3% FM을 급여했을 때 $3.7 \text{kg}/\text{d}$ 증가하였으나, 본 실험에서는 대조구 사료의 조단백질 함량이 10.36%로 비교적 낮았으나 FM 또는 FMD 첨가에 따른 유의한 차이는 없었다. 유지방 함량은 무처리구에서 착유기간에 따른 차이가 가장 많이 나타내었으며, 모든 FM 처리구에서 통계적 차이 없이 증가하였다. FMD 처리구의 무처리구(0% 구) 또한 시험 전

후 기간에 따라 12.56%의 유의한 증가율을 나타내었으나 다른 FMD 처리구들은 FMD 첨가에 따른 유지방함량의 변화는 없었다.

유단백질 함량은 통계적 차이 없이 모든 FM 처리구에서 감소하였고, FMD 처리구에서는 증가하였다. FM 처리구의 유단백질의 감소는 사료 내 우모분 첨가량의 증가에 따라 유단백질 함량이 감소하였고 이와 같은 결과는 FM의 부분적인 아미노산 결핍에 의한 결과로 사료된다(Moss와 Holliman, 1990; Harris 등, 1992). 반면 유단백질 함량이 FMD 첨가 전에 비해 FMD 첨가 후에 다소 증가한 것은 본 연구에 사용된 FMD가 우모 keratin의 -S-S-의 이중결합을 깨기 위한 H_2O_2 처리 결과로 우모분 단백질의 반추위 내 소화율을 증가시킨 결과인 것으로 사료되며, *in situ* 시험에서 약 5% 정도의 H_2O_2 처리한 우모분은 반추위 내 단백질 소화율을 증가시켰다는 보고와 일치하였다(Löest 등, 2002).

무처리구를 포함하여 모든 FM 처리구의 lactose 함량은 통계적 차이 없이 감소하였고, FMD 처리구에서는 증가하였다. 착유우에 대한 FM과 FMD 처리는 우유 내 lactose 함량에 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

MUN(milk urea nitrogen)은 FM과 FMD 처리구 모두에서 통계적 차이는 없었고, 1% FM 처리구는 다소 감소하였고, 나머지 처리구에서는 증가하는 경향을 나타내었으나 FMD 처리구는 전체 처리구에서 감소하였다. Harris 등 (1992)의 연구에서 우모분의 급여 후 BUM(blood urea nitrogen)이 증가한다고 하였으며, 본 시험에서도 FM 처리에 의한 MUN이 증가하였다. 반면에 FMD 처리구에서의 MUN 감소는 간접적으로 BUN 농도가 감소한 것을 나타내며, 이와 같이 보다 낮은 BUN 농도는 사료 내 조단백질의 이용률이 높아진 것과 관련하여 nitrogen utilization efficiency (NUE)가 향상되었기 때문일 것이다(Ferguson 등, 1986). 또한 FM과 FMD 급여 후 MUN 농도는 $11.88 \sim 15.51 \text{ml}/100 \text{ml}$ 의 범위로 측정되었는데, 이와 같은 결과는 일반적으로 알려진 $12 \sim 18 \text{ml}/100 \text{ml}$ (Barker 등, 1995; Roseler 등, 1993)과 유사하며, 착유우에

Table 2. Effects of feather meal (FM) and feather meal digest (FMD) supplementation on yield and composition of milk (Exp.1)

	Supplementation level											
	0%			1%			3%			5%		
	Before	After	SEM	Before	After	SEM	Before	After	SEM	Before	After	SEM
	<i>FM</i>											
MY (kg/day) ¹	28.44	28.00	0.22	30.88	30.19	0.34	24.75	25.88	0.06	27.25 ^a	24.63 ^b	1.31
Fat (%)	3.30 ^a	4.41 ^b	0.55	3.59	4.01	0.21	3.26	3.79	0.26	3.46	4.44	0.49
Protein (%)	3.29	3.27	0.01	3.19	3.10	0.05	3.32	3.07	0.13	3.22	3.18	0.02
Lactose (%)	4.99	4.88	0.06	5.08	4.93	0.08	4.93	4.88	0.03	4.97	4.96	0.01
MUN(mg/100ml) ²	17.05	18.87	0.91	16.96	16.00	0.48	18.82	20.25	0.71	14.30	14.91	0.30
SCC ($\times 10^3$ /ml) ³	98.50 ^a	227.75 ^b	64.63	95.13 ^a	186.75 ^b	45.81	226.38 ^a	179.50 ^b	23.44	90.25 ^a	146.00 ^b	27.88
	<i>FMD</i>											
MY (kg/day) ¹	27.17	26.78	0.20	25.88	24.63	0.63	29.46	28.54	0.46	29.04	29.92	0.19
Fat (%)	3.55 ^a	4.06 ^b	0.26	3.85	3.79	0.03	3.73	3.79	0.03	3.70	3.63	0.04
Protein (%)	3.16	3.13	0.01	3.18	3.21	0.01	3.20	3.21	0.04	3.00	3.12	0.06
Lactose (%)	5.07	5.13	0.03	5.01	5.04	0.01	5.05	5.17	0.06	5.02	5.11	0.04
MUN (mg/100ml)	14.96	14.90	0.03	21.01	13.36	3.82	17.69	15.51	1.09	16.24	11.88	2.18
SCC ($\times 10^3$ /ml)	41.88 ^a	63.00 ^b	10.56	116.54	139.25	11.35	94.54	104.50	4.98	46.00	50.50	7.25

¹ MY: Milk yield. ² MUN: Milk urea nitrogen. ³ SCC: Somatic cell count.^{a, b} Means with different superscripts in the same row of each treatment column are significantly different.

대한 단백질 공급량이 적절하였음을 나타내고 있다.

체세포수는 3% FM 처리구에서 유의하게 감소하였고 ($P < 0.05$), 다른 FM 처리구들은 유의하게 증가하였으나 대조구의 SCC가 유의하게 증가하여 처리에 따른 영향이라기보다 사양시기에 따른 영향으로 보인다. 전체 FMD 처리구의 체세포수는 유의한 차이가 없었다.

실험 2. 우모 digest와 L-cystine 및 MHA의 수준별 첨가가 우유 내 taurine 함량과 착유우의 생산성에 미치는 영향

1. 우유 내 taurine 함량

5% FMD와 함께 L-cystine 또는 MHA의 수준별 첨가에 따른 우유 내 taurine 농도의 변화를 Fig. 3과 4에 나타내었다. 시험사료 급여 전 3일 동안 채취한 우유 내 평균 taurine 농도는 $28.47 \pm 14.70 \mu\text{mol/l}$ ($15.99 \sim 63.55 \mu\text{mol/l}$)였다. 이 농도는 실험 1의 FM과 FMD 처리구에 비해 낮은 결과였으나, Rassin 등(1978)과 Harris와 Lee (1999)의 보고와는 비슷한 경향을 나타내었는데, 이와 같은 결과는 우유 내 taurine 농도가 착유우의 비유기간에 의해 영향을 받기 때문인 것으로 사료된다.

L-cystine + 5% FMD와 MHA + 5% FMD 처리구의 우유 내 taurine 농도는 증가하는 경향을 나타내었는데 특히 MHA + 5% FMD 처리구의 증가는 유의하였다. 특히, MHA + 5% FMD 처리구의 우유 내 taurine 농도는 모든 처리구에서 증가하였는데, 1, 3, 5 ml MHA + 5% FMD의 taurine 농도는 시험사료 급여 전에 비해 각각 65.27%, 60.31%, 34.92% 증가하였다. 이와 같은 결과는 실험 1에서 시험사료 급여전보다 21.90%의 높은 taurine 증가율을 나타낸 5% FMD 첨가에 의한 영향과 MHA가 착유우에 있어서 methionine의 흡수율을 높이는 추가적인 효과(Koenig, 1999)에 따른 것으로 사료된다. L-cystine + 5% FMD 처리구는 실험 1에서 5% FMD 처리에 의해 우유 내 taurine 함량이 증가하였던 것과 같은 경향을 나타내었으나 무첨가

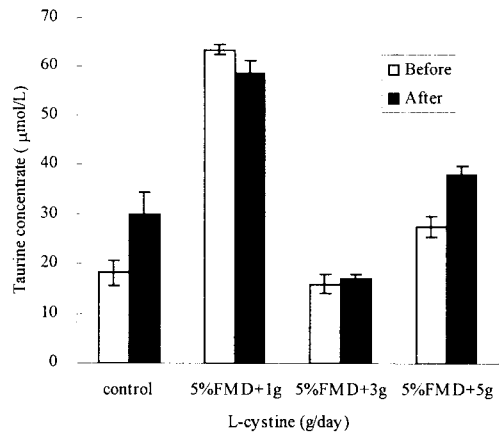


Fig. 3. Effect of dietary supplementation of L-cystine with 5% feather meal digest on taurine content in milk ($n=4/\text{treatment}$) (Exp. 2).

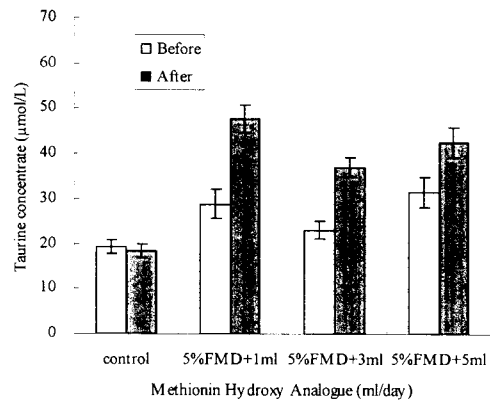


Fig. 4. Effect of dietary supplementation of methionine hydroxy analog with 5% feather meal digest on taurine content in milk ($n=4/\text{treatment}$) (Exp. 2).

대조구에서도 처리구와 같은 시기에 taurine 함량이 증가하였고, 시험사료 급여 전 taurine 함량이 평균 $63.55 \pm 2.25 \mu\text{mol/l}$ 으로 가장 높았던 1g L-cystine + 5% FMD 처리구는 오히려 7.64% 감소하였기 때문에 처리에 따른 효과는 미미한 것으로 간주된다.

2. 유량, 유성분 및 체세포수의 변화

5% FMD와 함께 L-cystine 또는 MHA의 수

준별 식이 첨가에 따른 유량, 유성분 및 체세포수의 결과를 Table 3에 나타내었다.

유량은 L-cystine + 5% FMD와 MHA + 5% FMD 처리구는 각각 1g과 1ml 처리구에서 유의적 차이 없이 증가하였으나, 그 이상의 처리구들 (3 및 5g 또는 ml)에서는 유의하게 감소였다. 본 실험에서 사용한 MHA는 완전보호 아미노산은 아니지만 반추위 미생물에 의한 분해에 저항력을 가지며 (Belasco, 1972; Patterson과 Kung, 1988), 흡수되었을 때 우유 합성에 영향을 미치는 methionine으로 대사될 수 있으므로 (Belasco, 1980; Wester 등, 2000) 유량이 증가할 것으로 기대했었으나 본 실험에서는 감소하였다. 이와 같은 결과는 첨가사료 급여기간 동안 기온상승에 의한 고온 스트레스와 L-cystine과 MHA에 의한 기호성 감소 때문으로 사료되며, 특히 5g L-cysteine + 5% FMD와 5ml MHA + 5% FMD 처리구에서 시험사료 급여 전에 보다 감소 폭이 컸다.

L-cystine + 5% FMD와 MHA + 5% FMD 처리구의 유지방 함량은 L-cysteine과 MHA 첨가 수준이 높아 질수록 증가하는 경향이 있었다. 이와 같은 결과는 반추위 보호 lysine과 methionine의 첨가 시 비유시작 첫 8주 동안 유지방 함량에 영향을 미치며 (Canole 등 1990), methionine 형태의 보호단백질의 첨가가 불포화 지방산 함량에 영향을 미친다는 보고와 유관한 것으로 보인다 (Blum 등, 1999).

유단백 함량은 L-cysteine + 5% FMD 처리구들에서는 유의한 차이가 없었고, 5ml MHA + 5% FMD 처리구에서는 유단백질 함량이 유의하게 증가하였다.

Lactose 함량은 모든 처리구에서 유의한 차이가 없었다.

L-cystine + 5% FMD 구들의 MUN은 처리에 따라 유의하게 증가했으나 대조구도 같이 증가했기 때문에 처리에 따른 차이라기 보다는 급여시기에 따른 차이로 보이며 MHA + 5% FMD 처리구들에서는 유의한 차이가 없었다.

SCC의 변화는 1g 및 5g L-cysteine + 5% FMD처리구와 5ml MHA + 5% FMD 처리구에서 시험사료 급여 전에 비해 유의하게 증가하

였고, 1ml MHA + 5% FMD 처리구에서 시험사료 급여 전에 비해 유의하게 감소하여 전체적으로 일정한 경향이 없었다.

실험 3. 당밀과 MHA를 첨가한 우모분의 급여가 우유 내 taurine 함량과 젖소의 생산성에 미치는 영향

1. 우유 내 taurine 함량

FM (5%), FM (5%) + 당밀 (3%) 그리고 FM (5%) + 당밀 (3%) + MHA (1ml) 첨가에 따른 우유 내 taurine 함량의 변화는 Table 4와 같다. 시험사료 급여 전 3일 동안 채취한 5% FM 처리구 4마리 착유우의 우유 내 taurine 농도는 평균 $38.13 \pm 5.15 \mu\text{mol/l}$ ($32.21 \sim 40.24 \mu\text{mol/l}$)이었으며 처리 후 FM(5%) 구의 taurine 농도는 $40.01 \mu\text{mol/l}$ 로 약 5% 증가하였다. 당밀처리구들 즉, FM(5%) + 당밀(3%)와 FM(5%) + 당밀(3%) + MHA (1ml) 처리구는 FM (5%) 구에 비해 통계적으로 유의하게 taurine 함량이 증가하였으나 두 당밀 처리구 간에는 유의한 차이가 없었다. 따라서 실험 3에서는 FM에 당밀첨가 효과는 유의하나 MHA (1ml)의 첨가효과가 유의하지 않았는데 이는 실험 2에서 5% FMD에 MHA를 첨가한 모든 처리구에서 우유 내 taurine 함량이 유의하게 증가한 결과와 비교할 때 MHA (1ml)의 첨가 효과는 FM과 FMD에서 차이가 있음을 시사한다.

2. 유량, 유성분 및 체세포수의 변화

유성분 중 유량, 유지방, 유단백은 처리구간 통계적 차이가 없었으며, MUN 농도는 FM(5%) 구에 비해 FM(5%) + 당밀(3%)와 FM(5%) + 당밀(3%) + MHA (1ml) 처리구에서 통계적으로 유의하게 감소하였고, SCC는 두 처리구에서 유의하게 증가하는 결과를 나타내었다. 당밀 처리구들에서 MUN 함량이 감소한 것은 FM 단백질이 당밀첨가에 의해 미생물 단백질 합성에 더 효과적으로 이용되었음을 시사한다. SCC의 결과는 실험 1, 2, 3을 통하여 일정한 경향을

Table 3. Effects of L-cysteine and methionine hydroxy analogue (MHA) with 5% feather meal digests (FMD) supplementation on yield and composition of milk (Exp. 2)

	Supplementation level											
	<i>L-cysteine with 5% FMD</i>											
	Control			1 g			3 g			5 g		
	Before	After	SEM ⁴	Before	After	SEM	Before	After	SEM	Before	After	SEM
MY (kg/day) ¹	25.33	25.50	0.08	34.17	35.83	0.83	30.8 ^a	28.50 ^b	1.17	29.93 ^a	25.17 ^b	2.38
Fat (%)	3.75	3.81	0.03	3.19	2.92	0.14	3.72	3.86	0.07	3.31	3.89	0.29
Protein (%)	2.98	2.97	0.09	3.43	3.11	0.16	3.12	3.03	0.04	3.20	3.26	0.03
Lactose (%)	4.94	5.00	0.03	4.94	5.00	0.03	4.84	4.90	0.03	4.90	4.97	0.04
MUN (mg/100ml) ²	16.64 ^a	19.05 ^b	1.21	7.78 ^a	10.53 ^b	1.37	20.91 ^a	25.74 ^b	2.42	11.62 ^a	13.32 ^b	0.85
SCC ($\times 10^3$ /ml) ³	26.83	21.17	2.83	51.25	18.00	16.63	109.17	110.17	0.50	83.33 ^a	180.50 ^b	48.58
	<i>MHA with 5% FMD</i>											
	Control			1 ml			3 ml			5 ml		
	Before	After	SEM ⁴	Before	After	SEM	Before	After	SEM	Before	After	SEM
MY (kg/day) ¹	38.17	38.67	0.25	28.60	30.83	1.12	28.67 ^a	25.17 ^b	1.25	29.17 ^a	18.50 ^b	5.33
Fat (%)	2.59	3.28	0.35	3.53	3.30	0.12	3.46	4.32	0.43	3.64	4.29	0.33
Protein (%)	3.04	3.06	0.01	3.17	3.19	0.01	3.18	3.19	0.01	3.23 ^a	3.71 ^b	0.24
Lactose (%)	5.12	5.16	0.03	5.07	5.08	0.01	4.87	4.89	0.01	5.04	4.98	0.09
MUN (mg/100ml) ²	16.93	15.26	0.83	13.82	11.47	1.17	11.97	15.09	1.56	15.26	12.15	1.55
SCC ($\times 10^3$ /ml) ³	40.20	43.25	1.52	51.67 ^a	29.33 ^b	11.17	81.25	83.00	0.88	102.50 ^a	223.00 ^b	60.25

¹ MY: Milk yield. ² MUN: Milk urea nitrogen. ³ SCC: Somatic cell count.^{a, b} Means with different superscripts in the same row of each treatment column are significantly different.

Table 4. Effect of FM (5%) + molasses (3%) and FM(5%) + Molasses (3%) + MHA (1 ml) supplementation on taurine content in milk (Exp. 3)

	Treatments			SEM
	FM (5%)	FM (5%) +molasses (3%)	FM (5%) +Molasses (3%) +MHA (1 ml)	
Taurine (mmol/l)	40.01 ^a	41.41 ^b	42.56 ^b	1.277
MY (Kg/day) ¹	24.43	24.64	24.55	0.105
Fat (%)	3.43	4.01	4.08	0.357
Protein (%)	3.00	3.10	3.20	0.321
MUN (mg/100 ml) ²	14.85 ^b	13.21 ^a	13.32 ^a	0.917
SCC ($\times 10^3$ /ml) ³	87.21 ^a	102.11 ^b	101.98 ^b	8.565

¹MY: Milk yield. ²MUN: Milk urea nitrogen. ³SCC: Somatic cell count.
^{a, b}Means with different superscripts in the same row are significantly different.

제시하지 못하므로 처리외적인 요인에 의해 더 큰 영향을 받은 것으로 사료된다.

IV. 요약

본 연구는 taurine 강화 우유를 생산하기 위하여 taurine의 전구물질인 cysteine의 공급원으로 우모분(FM)과 과산화수소 처리한 우모 digest(FMD)를 이용하여 3가지 사양시험을 실시하였다. 실험 1은 Holstein Friesian 착유우 16 두를 4처리(4군)로 나누고 각 처리의 처리전 및 처리후의 성적을 비교하였다. 착유우 TMR 사료 내 feather meal (FM)과 feather meal digest (FMD)를 각각 0, 1, 3, 5%씩 첨가하여 FM 실험과 FMD 실험을 연속적으로 실시하였다. 우유 내 taurine 함량은 3% FM과 5% FMD 처리구에서 각각 14%와 22%씩 증가하였다. 유량은 5% FM 처리구에서 감소하였고 유지방, 유단백질, lactose, milk urea nitrogen (MUN)과 체세포수는 유의한 차이가 없었다. 실험 2는 5% FMD와 함께 L-cystine 또는 MHA를 각각 0, 1, 3, 5 g/ml를 첨가하였고 실험 1 같은 착유우를 이용하여 L-cystine 시험과 MHA 시험을 연속적으로 실시하였다. 유량은 5% FMD에 3 g 또는 5 g L-cystine 처리구와 3 ml 또는 5 ml MHA 처리구에서 유의하게 감소하였다. 유지방과 lactose 함량은 모든 처리구에서 유의적 차이를 나타내지 않았다. 그러나 유단백질 함량은 5% FMD+

5 ml MHA 처리구에서 유의하게 증가하였다. MUN 수준은 모든 5% FMD+L-cystine 처리구에서 유의하게 증가하였다. 우유 내 체세포수는 5% FMD+1 ml MHA 처리구에서 유의하게 감소하였으나, 5% FMD+5 g L-cystine와 5% FMD+5 ml MHA 처리구에서는 유의하게 증가하였다. 우유 내 taurine 농도는 5% FMD+L-cystine 처리구들은 대조구에 비해 유의적 차이 없이 높은 경향을 나타내었으나, 5% FMD+ MHA 처리구들은 대조구에 비해 유의하게 높았다. 우유 내 taurine 함량 증가율이 가장 높은 처리구는 5% FMD+1 ml MHA 처리구로 증가율이 65% 이었다. 실험 3은 5% FM 처리구와 여기에다 3% 당밀 또는 3% 당밀+1 ml MHA를 추가로 첨가했을 때 우유 내 taurine 함량과 유 생산성에 미치는 영향에 대해 알아보았다. 우유 내 taurine 함량은 5% FM구에 비해 5% FM+3% 당밀와 5% FM+3% 당밀+1 ml MHA 처리구에서 유의하게 증가하였다. 우유 내 MUN 수준은 당밀처리구들이 유의하여 낮았으나 SCC는 유의하게 높았다. 결론적으로 우유 내 taurine 농도 강화에는 FM 보다 FMD가 그리고 L-cystine 보다는 착유우에서 흡수율이 높은 MHA가 더욱 효과적이었으며, 5% FMD+1 ml MHA/d/cow 처리구에서 최대 65% 증가 효과를 나타내었다. 5% FM 처리구에서는 3% 당밀 첨가가 유의적으로 taurine 농도를 증가시켰다. (색인어: 우모분, 우모분 digest, MHA, 당밀,

taurine, 유성분, 젖소)

V. 인 용 문 헌

1. Agostoni, C., Carratu, B., Boniglia, C., Riva, E. and Sanzini, E. 2000. Free amino acid content in standard infant formulas: comparison with human milk. *Journal of the American College of Nutrition*. 4:434-438.
2. AOAC. 1990. Official method of analysis 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington D. C.
3. Baker, L. D., Ferguson, J. D. and Chalupa, W. 1995. Responses in urea and true protein of milk to different protein feeding schemes for dairy cows. *J. Dairy Sci.* 78:2424-2434.
4. Belasco, I. J. 1972. Stability of methionine hydroxy analog in rumen fluid and its conversion *in vitro* to methionine by calf liver and kidney. *J. Dairy Sci.* 55:353-357.
5. Belasco, I. J. 1980. Fate of carbon 14 labelled methionine hydroxy analog and methionine in the lactating dairy cow. *J. Dairy Sci.* 63:775-784.
6. Blum, J. W., Bruckmaier, R. M. and Jans, F. 1999. Rumen-protected methionine fed to dairy cows: Bioavailability and effects on plasma amino acid pattern and plasma metabolite and insulin concentrations. *J. Dairy Sci.*, 82:1991-1998.
7. Canole, F. J., Muller, L. D., McCahon, H. A. Whitsel, T. J., Varga, G. A. and Lormore, M. J. 1990. Dietary fat and ruminally protected amino acids for high producing dairy cows. *J. Dairy Sci.* 73:135-141.
8. Ferguson, J. D., Blanchard, T. L., Hoshall, D. and Chalupa, W. 1986. High rumen degradable protein as a possible cause of infertility in a dairy herd. *J. Dairy Sci.* 69(Suppl. 1):120.(Abst.)
9. Gaull, G. E. 1982. Taurine in the nutrition of the human infant. *Acta. Paediatr. Scand.* 296:38-40.
10. Hayes, K. C., Carey, R. E. and Schmidt, S. Y. 1975. Retinal degeneration associated with taurine deficiency in the cat. *Science* 188:949-951.
11. Harris, B. Jr. and Staples, C. R. 1992. Animal protein by-product feedstuffs for dairy cattle. *Dairy Production Guide*, DS 34.
12. Harris, B. JR., Dorminey, D. E., Smith, W. A., Van Horn, H. H. and Wilcox, C. J. 1992. Effects of feather meal at two protein concentrations and yeast culture on production parameters in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 75:3524-3530.
13. Harris, P. M. and Lee, J. 1999. Natural enhancement of nutritionally significant amino acids in milk. *Bull. Int. Dairy Fed.* 336:51-55.
14. Huxtable, R. and Bressler, R. 1974. Taurine concentrations in congestive heart failure. *Science* 184:1187-1188.
15. Huxtable, R. J. 1992. Physiological actions of taurine. *Physiol. Rev.* 72:101-163.
16. Ikuyama, S., Okajima, T., Kato, K. I. and Ibayashi, H. 1988. Effect of taurine on growth hormone and prolactin secretion in rats: Possible interaction with opoid peptidergic system. *Life sci.* 43:807-812.
17. Jacobsen, J. G. and Smith, L. H. 1968. Biochemistry and physiology of taurine derivatives. *Physiol. Rev.* 48:424-511.
18. John, A. T., Vitor, S. and Catherine, J. W. 1995. Review: The *In vivo* and *In vitro* protective properties of taurine. *Gen. Pharmac.* Vol. 26:453-462.
19. Kim, E. S., Kim, J. S. and Moon, H. K. 1999. Taurine contents in commercial milks, meats and seafoods. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 28(1): 16-21.
20. Koenig, K. M., Rode, L. M., Knight, C. D. and McCullough, P. R. 1999. Ruminal escape, gastrointestinal absorption and response of serum methionine to supplementation of liquid methionine hydroxy analog in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82:355-361.
21. Lampson, W. G., Kramer, J. H. and Schaffer, S. W. 1983. Potentiation of the actions of insulin by taurine. *Can. J. Physiol. Pharmacol.* 61:457-463.
22. Li, J., Foote, R. H. and Simkin, M. 1993. Development of rabbit zygotes cultured in protein free medium with catalase, taurine, or superoxide dismutase. *Bio. Reprod.* 49:33-37.
23. Löest, C. A., Titgemeyer, E. C., Drouillard, J. S., Coetzer, C. M., Hunter, R. D., Bindel, D. J., Lambert, B. D. 2002. Supplemental betaine and peroxide treated feather meal for finishing cattle. *J. Anim. Sci.* 80:2234-2240.
24. Moss, B. R. and Holliman, J. L. 1990. Evaluation of feather meal as a protein source for lactating cows. *J. Dairy Sci.* 73 (Suppl. 1):265 (Abstr.)

25. National Research Council. 1995. Nutrient Requirements of Dairy Cattle 7th Rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.
 26. Park, T., Chung, E. J., Um, Y. S., Moon, S. J. and Lee, Y. C. 1998. Taurine concentrations are closely associated with fatty acids concentrations in breast milk from Koreans. *Kor. J. Nutr.*, 30: 88-95.
 27. Park, T. S. 2001. Taurine: Its physiological roles and nutritional significance. 34(5):597-607.
 28. Park, T. S., Lee K., Um Y. 1998. Dietary taurine supplementation reduces plasma and liver cholesterol and triglyceride concentrations in rats fed a high-cholesterol diet. *Nutr. Res.* 18(9):1559-1571.
 29. Patterson, J. A. and Kung, Jr. L. 1988. Metabolism of D, L-methionine and methionine analogs by rumen microorganisms. *J. Dairy Sci.* 71:3292-3301.
 30. Pion, P. D., Kittleson M. D., Rogers Q. R. and Morris, J. G. 1987. Myocardial failure in cats associated with low plasma taurine: a reversible cardiomyopathy. *Science* 237:764-767.
 31. Rassin, D. K., Sturman, J. A. and Gaull, G. E. 1978. Taurine and other free amino acids in milk of man and other mammals. *Early Hum. Dev.* 2: 1-13.
 32. Roseler, D. K., Ferguson, J. D., Sniffen, C. J. and Herrema, J. 1993. Dietary protein degradability effects on plasma and milk urea nitrogen and milk non protein nitrogen in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 76:525-534.
 33. Salsbury, R. L., Marvil, D. K., Woodmansee, C. W. and Haenlein, G. F. W. 1971. Utilization of methionine and methionine hydroxy analog by rumen microorganisms *in vitro*. *J. Dairy Sci.* 54: 390-396.
 34. SAS User's Guide: Statistics, release. 8.1 version Edition, 2000. SAS Inst. Cary, NC.
 35. Steel, R. G. D. and Torrie, J. H. 1981. Principles and procedures of statistics, 2nd ed. McGraw-Hill, New York.
 36. Trachtman, H., Futterweit, S. and Bienkowski, R. S. 1993. Taurine prevents glucose-induced lipid peroxidation and increased collagen production in cultured rat mesangial cells. *Biochem Biophys. Res. Commun.* 191:759-765.
 37. Uchida, K., Mandebvu, P., Ballard, C. S., Sniffen, C. J. and Carter, M. P. 2003. Effect of feeding methionine supplements with different rumen escape values on performance of high producing dairy cows in early lactation. *J. Anim Feed & Tech.* 107:1-14.
 38. Van Soest, P. J., Robertson, J. D. and Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary, fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.
 39. Wester, T. J., Vazquez-Anon, M., Parker, D., Dibner, J., Calder, A. G. and Lobley, G. E. 2000. Synthesis of methionine (Met) from 2-hydroxy-4-methylthio butanoic acid (HMB) in growing lambs. *J. Dairy Sci.* 83 (Suppl.1), 269 (Abstract).
 40. Worden, J. A. and Stipanuk M. H. 1985. A comparison by species, age and sex of cysteine sulfonate decarboxylase activity and taurine concentration in the liver and brain of animals. *Comp. Biochem. Physiol.* 82B 2:233-239.
 41. Yan, C. C., Bravo, E. and Cantafora, A. 1992. Effect of taurine levels on liver lipid metabolism: an *in vivo* study in the rat. *Proc Soc Exp Biol & Med* 202:88-96.
 42. Zunin, P. and Evangelisti, F. 1999. Determination of free amino acids in infant formulas. *International Dairy Journal* 9:653-656.
- (접수일자 : 2005. 1. 21. / 채택일자 : 2005. 5. 18.)