

젖소의 우유 중 단백질과 요소태질소 측정에 의한 사료의 에너지와 단백질 균형 상태 예측

문진산* · 주이석* · 강현미* · 장금찬* · 김종만* · 이보균** · 박용호*** · 손창호****
국립수의과학검역원*, 애그리브랜드 퓨리나코리아**, 서울대학교 수의과대학***,
전남대학교 수의과대학****

Prediction of Dietary Protein-Energy Balance by Milk Urea Nitrogen and Protein Contents in Dairy Cow

J. S. Moon*, Y. S. Joo, H. M. Kang*, G. C. Jang*, J. M. Kim*, B. K. Lee**, Y. H. Park***
and C. H. Son****

National Veterinary Research and Quarantine Service*, Agribrands Purina Korea, Inc.**,
College of Veterinary Medicine, Seoul National University***,
College of Veterinary Medicine, Chonnam National University****

ABSTRACT

Milk urea nitrogen (MUN) and Milk protein (MP) are being used as indicators of the protein-energy balance and for actual farm feeding practices. The purpose of this study was to investigate the MUN and MP concentrations of individual cows and bulk tank milk to evaluate the dietary protein-energy balance from lactating Holstein cows. Mean MUN and MP concentrations in the milk samples obtained from 132,636 cows of 4,856 herd during Jan. 1999 to Dec. 2001 were 16.2±5.2mg/dl and 3.30±0.35%, respectively. The highest values were found during summer and lowest valued during winter in MUN. But, the average contents of MP were the highest during winter and the lowest during summer. In order to evaluate protein-energy balance for feeding, we set the level of recommended MP range of 2.90~3.29% in early lactation considering a negative energy balance. The recommended level of MP in mid-lactation and late lactation were set as 3.10~3.49%, and 3.30~3.69%, respectively. Recommended MUN range of 12~18 mg/dl was determined through the whole lactation period. Individual cows milk were analyzed by the 9 types based on this levels of MP and MUN in this study. Among the total cows investigated, 26.8%, 25.8%, and 22.2% have shown the recommended criteria of MP and MUN values, respectively. Also, of total herds surveyed, 11.6% had MUN values lower than 12.0 mg/dl and 32.9% had values higher than 18.0 mg/dl and 44.5% of total herd have not met with the recommended criteria of MP values in bulk tank milk. In case of MP, out of the total herd surveyed, 26.0% had MP values lower than 3.10% and 24.0% had values higher than 3.30% and 50.0% had MP values outside the recommended interval (3.1~3.3%). This study has indicates that many dairy farms are under improper feeding management practice of the dietary protein-energy balance.

(Key words : Cow, Milk urea nitrogen, Milk protein)

Corresponding author : J. S. Moon, National Veterinary Research and Quarantine Service, MAF, 480, Anyang
6-Dong Anyang Kyunggido, 430-016, Tel : 031-467-1767, E-mail : Moonjs@nvrqs.go.kr

I. 서 론

젖소는 다른 기축과 달리 성장단계 및 비유 시기에 따른 영양소 요구량의 차이가 크기 때문에 우군의 영양 상태를 정기적으로 평가하여 적절하게 사료를 급여하는 것이 건강관리에 무엇보다도 중요하다(Goff와 Horst, 1997; Lucy, 1999). 분만 직후의 젖소에게 적절한 에너지의 공급은 난포의 발육촉진으로 황체발육 상태를 호전시켜 수태에 긍정적인 영향을 줄 수 있지만(Larson 등, 1997; Eicher 등, 1999), 과량의 단백질 급여는 암모니아의 과다 생성으로 황체 형성호르몬의 작용을 저해하여 황체 형성이 억제되고, 성장중인 수정란에 유독 물질로 작용하여 수태를 저하를 초래한다(Larson 등, 1997; Carroll 등, 1988; Ferguson 등, 1988). 이에 반하여 젖소의 에너지가 부족하면 산유량 감소와 케토시스, 지방간 등과 같은 대사성 질병 증가 및 자궁과 난소의 기능 회복을 지연시킨다(Lean 등, 1991; Tveit 등, 1992). 또한, 당, 전분과 같은 발효성 탄수화물의 과다 급여에 의한 젖소의 에너지 과다는 제1위의 산성화(acidosis)로 대사성 질병과 발굽질환 등을 유도하여 젖소의 건강에 부정적인 영향을 준다(Batajoo와 Shaver, 1993; Aldrich 등, 1993; Poore 등, 1993; Ostergaard와 Grohn, 2000).

한편 젖소의 우유 중에는 300여종의 성분이 함유되어 있으며, 이러한 유성분의 변화는 유방의 건강 및 대사 상태와 직접적으로 관련되어 있다(Heuer 등, 2000; Hamann와 Kromker, 1997; Schutz, 1994). 우유 중 단백질(milk protein; MP)은 젖소에서 급여되는 사료내 에너지 함량에 의하여 증가됨으로 착유우의 에너지 충족 상태를 반영하는 것으로, 우유중 요소질소(milk urea nitrogen; MUN)는 젖소에게 있어서 사료를 통하여 흡수된 질소(N)가 성장이나 유단백질 합성에 이용되지 않는 정도를 평가해 주는 지표로 각각 활용되고 있다. 따라서 독일, 미국, 일본 등에서는 MP와 MUN 수준을 측정하여 젖소에게 급여되고 있는 사료 내 에너지와 단백질 수준을 점검하여 올바른 사료급여 방법을 제시하고 있다. 즉, 적절한 사료 영

양 공급을 유도하기 위하여 국가별 MUN 권장 기준을 설정하고, 우군의 평균적 MUN 수준을 적용해서 저수준 MUN, 적정 MUN, 고수준 MUN으로 구분하여 단백질 및 에너지의 영양 상태를 해석하고 있다(Broderick과 Clayton, 1997; Nishibu, 1998; Jonker 등, 1999).

이러한 MUN 검사는 1990년대에 적외선을 통과시켜 유성분의 화학적 결합의 차이를 이용하여 신속하게 검사할 수 있는 자동화 장비(Infrared spectrophotometric methods)가 개발되어 유질 향상과 우군의 영양상태 평가에 많은 국가의 산유능력검정협회(Dairy Herd Improvement Association; DHIA)에서 폭넓게 응용되고 있다(Godden 등, 2001). 최근 국내에서도 이러한 장비가 연구소, 검정소, 대학 등에 도입되어 다양한 연구에 활용되고 있다(손, 2000; 문 등, 2000abc; 이 등, 2001). 그러나, 이러한 연구결과는 대부분 일부 지역을 중심으로 제한된 시료를 대상으로 수행되었으므로, 국내에 MUN 검사가 실시된 지 4년이 지난 현 시점에는 그동안의 MUN 검사 결과에 대한 다각적인 검토와 국내 실정에 맞는 잠정적인 기준치 설정이 필요하다.

따라서, 본 연구에서는 1999년 1월부터 2001년 12월까지 전국의 4,856개 목장, 132,636두의 착유우를 대상으로 사료내 에너지 및 단백질 균형상태를 평가할 수 있는 MP와 MUN을 측정된 결과에 대하여 보고하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 대상동물 및 시료채취

1999년 1월부터 2001년 12월까지 경기 1,661, 충청 1,065, 전라 1,044, 경상 872, 강원 214개 등 전국 4,856개 목장 132,636두의 착유우를 무작위로 선발하여 유성분 검사를 실시하였다. 시료채취 전 목장의 사육현황과 산차, 비유일수, 유량 등의 개체별 자료를 기록한 뒤 아침 또는 저녁의 개체유를 유량계를 이용하여 채취하였으며, 목장 집합유도 동시에 채취하였다. 조사목장의 사료급여형태는 목장별로 차이가

있었으나 농후사료 비율이 전반적으로 높고, 주요 조사료 원으로 벼짚, 면실, 비트펄프, 알팔파 큐브, 티모시 및 식품부산물 등이 급여되고 있었다.

2. 유성분 검사

원유 중 지방, 단백질, 유당, 요소태질소는 Milkoscan 4,000 Series(FOSS Electric Co.)에 의하여 분석하였다. 검사기기의 정확한 결과를 얻기 위하여 지방은 Gerber법, 단백질은 Kjeldahl법, 유당은 HPLC법으로 측정된 결과치에 의하여 기기를 매월 보정하였다. 요소태질소는 우유중의 산도(pH)를 이용하여 측정하는 CL-10 Micro 분석법(Eurochem Co.)을 이용하여 3개월 간격으로 보정 및 주기적인 비교실험을 실시하였으며, 표준화 결과는 Table 1과 같다.

3. 통계분석

유성분 검사결과에 대한 통계분석은 컴퓨터 통계 프로그램인 Microcal사의 Origin 6.1을 이용하여 쌍체비교(paired T-test)로 t-검정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 조사목장의 사육현황 및 연도별 개체유 유성분 수준 비교

1999년 1월부터 2001년 12월까지 전국 4,856개 조사목장의 사육현황은 Table 2와 같다. 즉, 총 조사두수는 132,636두였으며, 호당 평균 착유두수는 27.3두, 목장 일일 두당 평균 산유량은 26.7 ± 3.6 kg, 평균 산차는 2.45 ± 1.32 회, 비유일수는 212 ± 137 일 이었다. 이와 같은 결과는 1999년 6월 국내 호당 평균 착유두수가 20.6두(축협, 1999)인 것을 비교해 볼 때 본 연구에서 조사한 목장은 국내 평균 목장보다 규모가 크고, 산유량이 높았으며, 결과 분석시에는 이러한 점을 고려해야 할 것이다.

본 연구에서 3년 동안 조사된 개체유의 평균 지방, 단백질, 유당과 MUN 함량은 Table 2와 같다. 이러한 성적은 국내에서 손(2000)이 경기 북부지역 소재 212개 검정농가를 대상으로 1998년 3월부터 1999년 2월까지 12개월 동안의 MUN 평균 수준 19.2 mg/dl 보다는 낮고, MP 3.20% 보다는 높은 결과를 나타내었다. 또한 일본의 Nishibu(1998)가 북해도 지역의 젖소에

Table 1. Reference values for milk component analysis by Milkoscan

Milk component	Reference method	No. of samples	Correlation
Fat	Gerber	5	r = 0.993
Protein	Kjeldahl	5	r = 0.991
Lactose	HPLC	5	r = 0.961
MUN	CL-10	30	r = 0.810

Table 2. Farm status and level of milk composition from individual cow milk

Year	No. of herd	No. of cow	Fat (%)	Protein (%)	Lactose (%)	SNF (%)	MUN (mg/dl)
1999	1,077	26,467	3.65	3.28	4.67	8.68	16.6
2000	1,600	42,458	3.85	3.29	4.67	8.69	16.0
2001	2,179	63,711	3.91	3.32	4.72	8.77	15.6
Total	4,856	132,636	3.81 ± 0.91	3.30 ± 0.35	4.69 ± 0.28	8.71 ± 0.46	16.0 ± 5.2

* Average daily milk yield per cow (26.7 ± 3.6 kg), number of parity (2.45 ± 1.32), day in milk (212 ± 137) of selected cow, respectively.

서 조사 보고한 MP 함량 $3.20 \pm 0.32\%$ 와 MUN 함량 $13.1 \pm 4.0 \text{mg/dl}$ 과 미국의 평균 MUN 농도 13.1mg/dl (Jonker 등, 1999)에 비하여 높은 수준을 나타내었다. 이러한 결과는 MUN 농도는 무엇보다도 사료 단백질의 종류와 급여량, 그리고 에너지 섭취량의 사료적 요인에 의해 영향을 받는다는 사실(DePeters와 Ferguson, 1992)에 비추어 볼 때, 본 연구에서 조사한 MUN 수준이 미국과 일본에 비하여 높은 것은 초지 방목에 대한 의존도의 차이에 의하여 단백질 함량이 높은 농후사료 및 조사료에 대한 의존도가 높다는 사실을 반영해 주는 것으로서, 유단백질과 MUN 수준의 차이는 조사지역 및 시점, 그리고 사료급여 상황과 사양관리 방법 및 환경적 요인 등에 의한 것으로 사료된다.

한편, 본 연구에서 연도별 유성분 수준의 변화에 있어서 1999년에 비하여 2001년에는 지방, 단백질은 증가한 반면 MUN 농도는 점차적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 이러한 결과는 유검정 사업의 참여율 증가와 MUN 검사 장비의 도입으로 적정 사양관리를 위한 낙농가의 적극적인 노력의 결과로 사료된다.

2. 개체유의 단백질 및 MUN 농도 분포

개체유의 유단백질 수준을 0.1% 간격으로 구분하여 분포도를 조사하였다. 그 결과 Fig. 1에서와 같이 3.10~3.20%를 중심으로 하는 정규곡선에 가까운 분포도를 나타내었으며, 전체 시료의 76.8%가 유단백질 2.90~3.69%에 해당되었다. 또한 MUN 수치를 1mg/dl 단위의 간격으로 구분하여 분포도를 조사한 결과, 15.0mg/dl을 중심으로 하는 정규곡선에 가까운 분포를 나타내었다. 동일한 사료를 급여한 우군내에서 젖소의 개체별 MUN 허용오차 범위가 $\pm 6 \text{mg/dl}$ 이고, 그 범위에 해당하는 소가 우군의 95% 수준임을 고려해 볼 때 본 연구에서 평균 MUN 값(16.0mg/dl)의 허용범위는 10.0~22.0mg/dl이며, 이 범위에 해당되는 개체우가 전체 조사 대상우의 80% 정도를 차지하였다. 각 나라별 사양관리 실태에 따라 차이가 있으나, 대부분의 연구에 의하여 적정 MUN 수준으로 인정하

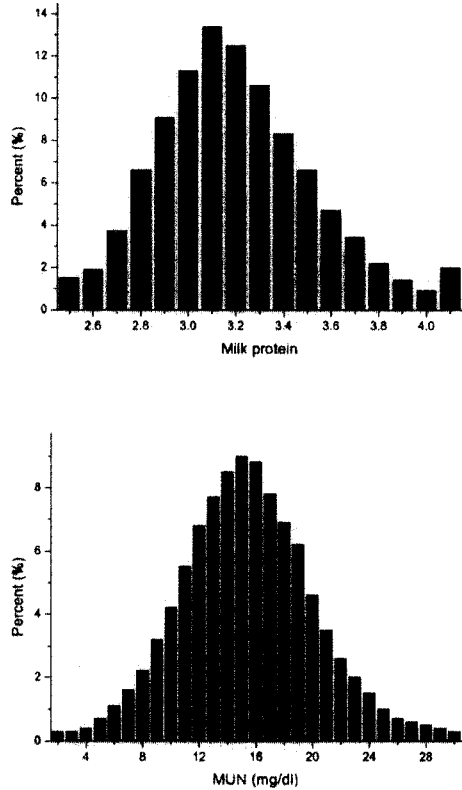


Fig. 1. Distribution of different levels of milk protein (left) and milk urea nitrogen (right) from individual cow milk.

는 12.0~18.0mg/dl 범위에 해당되는 개체는 전체 대상우의 48.6%를 나타내었으며, 본 연구에서는 19.7%와 31.8%의 개체가 각각 12.0mg/dl 미만과 18.0mg/dl 이상의 범위를 나타냄으로써 전체 개체의 50% 정도의 젖소가 사료 에너지와 단백질의 과부족 또는, 불균형이 추정되는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 동일한 우군내의 성적이 아니라도 국내의 경우 개체별 MP 및 MUN 분포가 매우 다양하다는 사실을 의미하며, 이는 사료 영양적 불균형이 매우 심각할 것으로 판단된다.

3. 비유일수별 단백질 및 MUN 수준 비교

젖소의 경우 비유시기에 따른 영양소 요구량의 차이가 크며, 분만 등 생리적 변동 요인이

많기 때문에 유성분의 차이가 크다(Goff와 Horst, 1997; Lucy, 1999; 안 등, 1998; 문 등 2000a). 따라서, 본 연구에서는 분만 후 30일 간격으로 유성분 수준을 조사하였으며, 그 결과는 Fig. 2와 같다. 유성분 중 MP 수준은 초유 중에 가장 높고 점차 감소하여 분만 후 30~90일 사이에 가장 낮았고(3.05%), 이후 점차 증가하여 비유말기인 300일 이후에는 3.50% 전후를 나타내었다. MUN은 분만 후 10일 이내에 가장 높고, 점차 감소하지만 분만 60일 이후부터는 모든 비유기 동안 큰 차이를 보이지 않았다. 이와 같은 결과는 비유초기 급격한 감소를 보인 후 비유가 진행될수록 점차적으로 증가했다는 보고(Ng-Kwai-Hang 등, 1985)와 분만 후 1~2개월에는 MUN 수준이 증가한 후 비유말기에는 감소했다는 보고(WolfschoonPombo 등, 1981)와, Godden 등(2001)이 분만 후에 가장 낮은 농도를 보인 뒤 비유 3~6개월 후에 가장 높은 수치를 나타낸 뒤 점차적으로 감소했다는 보고와는 약간의 차이를 나타내었다. 하지만 비유생리와 같은 비영양적 요소는 MUN 값에 큰 영향을 주지 않는다는 보고와는 유사한 경향을 나타내었다.

4. 개체유의 월별 단백질 및 MUN 수준 비교

조사대상 젖소가 동일하지 않고, 사료급여 형태도 일정하지 않는 상황에서 월별 유성분 수준을 정확하게 비교한다는 것은 매우 어렵다. 그러나 전체 착유우의 월별 유성분 분포를 통하여 기후와 같은 외부환경에 의한 유성분의 변화 수준을 간접적으로 알 수 있다. 따라서 본 연구에서는 유성분 수준을 월별로 비교해 보았다(Table 3). 그 결과 외기 온도가 높은 6~7월의 하절기에는 MP가 3.2% 이하로 감소한 반면, MUN 수준은 16.5mg/dl 이상으로 가장 높은 수준을 나타내었다. 이와는 반대로 11~1월의 동절기에는 우유내 단백질 함량이 3.35% 이상으로 가장 높았으며, MUN 수준은 15.0mg/dl 이하의 가장 낮은 수치를 나타내었다(p<0.05). 하절기 결과는 외기 온도의 상승에 의한 더위 스트레스로 조사료 섭취 감소와 청

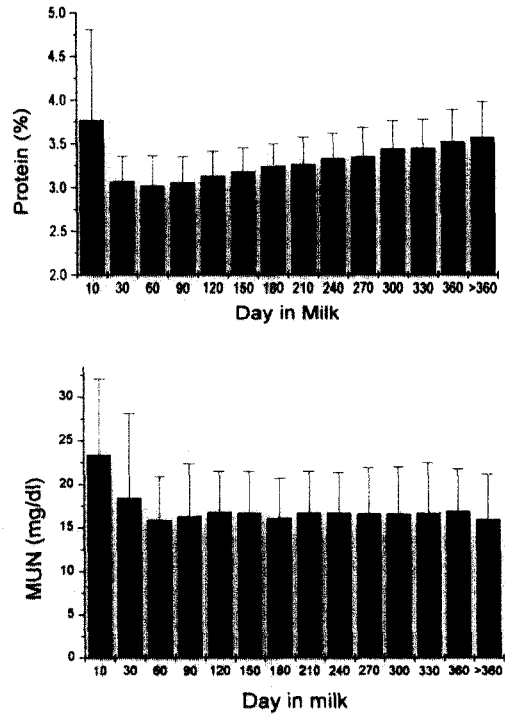


Fig. 2. Comparison of milk protein (left) and milk urea nitrogen (right) change by stage of lactation in individual cow milk (mean±S.D).

초섭취량의 상대적 증가, 그리고 반추위 미생물 단백질 합성 저하 등에 의하여 우유내 총단백질 함량 및 유량 감소로 인하여 MUN과 뇨내 질소 함량의 증가에 의한 것으로 사료된다(Nishibu, 1998; Wittwer 등, 1999; 손, 2000. Godden 등, 2001).

5. 개체유의 단백질 함량에 따른 MUN 수준 의 변화

Jeong 등(1988)은 비유중기 젖소에 사료내 단백질 수준을 일정하게 급여하고 에너지 수준을 증가시키면 혈 중 요소태 질소 농도가 23.8mg/dl에서 21.3mg/dl로 감소되었으며, 에너지 수준을 일정하게 놓고 단백질 함량만을 증가시켰을 때에는 혈 중 요소태 질소 농도에 변화가 없었다고 보고하였다. 또한, 사료내 에너지와 단백질 급여 수준은 MP 및 MUN 농도에 영향을

Table 3. Change of milk composition by month from individual cow milk

Month	Fat (%)	Protein (%)	Lactose (%)	MUN(mg/dl)
1	3.97±0.55 ^b	3.35±0.16 ^b	4.67±0.16	15.8±2.0
2	4.08±0.42 ^b	3.31±0.17 ^b	4.66±0.13	15.8±3.6
3	3.99±0.47 ^b	3.28±0.17	4.66±0.13	15.1±2.4
4	3.82±0.33	3.29±0.17	4.68±0.18	15.6±3.6
5	3.74±0.32	3.22±0.14	4.71±0.13	16.5±3.0
6	3.70±0.46	3.20±0.17	4.69±0.14	16.8±3.8
7	3.69±0.35 ^a	3.17±0.15 ^a	4.65±0.14	16.5±4.6 ^a
8	3.73±0.32	3.21±0.15	4.64±0.09	16.0±3.8
9	3.87±0.36	3.26±0.10	4.66±0.09	16.0±3.1
10	3.84±0.48	3.33±0.11 ^b	4.64±0.14	16.1±2.9
11	3.99±0.48 ^b	3.38±0.13 ^b	4.68±0.10	14.3±3.4 ^b
12	4.01±0.53 ^b	3.43±0.18 ^b	4.73±0.18	14.8±4.4 ^b

^{a-b} : Different superscripts in the same column are significantly different ($p < 0.05$).

Table 4. Relationship between levels of milk protein and milk urea nitrogen

(Mean±S.D)

Level of protein	No. of sample (%)	MUN (mg/dl)	Proportion on level of MUN (%)		
			<12.0mg/dl	12-18mg/dl	≥ 18mg/dl
2.50 미만	796 (0.5)	20.5±6.8	7.7	34.0	58.3
2.50-2.69	487 (2.7)	18.4±5.6	9.5	40.0	50.8
2.70-2.89	18,579 (10.3)	16.9±5.1	15.2	45.8	39.0
Subtotal	18,038 (14.2)	17.3±5.2	13.7	44.1	42.2
2.90-3.09	27,190 (20.5)	16.2±4.7	17.2	50.0	32.8
3.10-3.29	34,486 (26.0)	15.7±4.7	19.1	52.6	28.3
3.30-3.49	25,201 (19.0)	15.6±5.1	21.8	50.3	27.9
3.50-3.69	14,988 (11.3)	15.7±5.6	23.4	47.4	29.1
Subtotal	101,865 (76.8)	15.8±5.0	19.9	50.5	29.5
3.70-3.89	7,428 (5.6)	15.8±5.7	23.7	45.4	30.9
3.90-4.09	2,918 (2.2)	15.6±6.2	26.9	40.9	32.1
4.10 이상	2,387 (1.8)	16.1±7.2	27.2	37.5	35.2
Subtotal	12,733 (9.6)	15.8±6.1	25.2	42.8	32.0
Total	132,636 (100)	16.0±5.1	19.6	49.0	31.5

주는 것으로 보고되고 있다(Oltner와 Wiktorsson, 1983; Roseler 등, 1993; Hof 등, 1997).

따라서, 본 연구에서는 MP와 MUN 농도와와의 관계를 비교·조사한 결과 Table 4에서와 같이 MP가 2.90% 미만의 낮은 농도에서는 MUN 농도가 전체 평균(16.0±5.2mg/dl)보다 높았고 (17.3±5.2mg/dl), MP가 정상 기준보다도 높은

3.70% 이상에서는 전체 평균과 비슷한 수준을 나타내었다. 하지만 적정 MUN 기준을 중심으로 분포도에 있어서는 유단백질 함량이 낮을수록 상대적으로 고수준의 MUN(18.0mg/dl 이상)의 개체가 많았으며, 유단백질 함량이 높을수록 저수준의 MUN(12.0mg/dl 미만)의 개체가 많은 것으로 조사되어 MP와 MUN과는 반비례

적인 상관관계를 나타냈다. 이러한 결과는 손 (2000)이 MP 함량이 증가될 경우 전체 평균 MUN 농도는 감소하였다는 성적과 유사하며, 이러한 사실은 젖소의 사료내 에너지와 단백질의 균형 잡힌 공급을 위해서는 MP와 MUN 측정이 매우 중요하다는 것을 암시해 준다.

6. 개체유 MP와 MUN 농도 측정에 의한 젖소의 영양 상태 예측

사료내 조단백질 함량을 1% 증가시킬 경우에는 MUN 농도는 3.7mg/dl씩 증가되며, 높은 수준의 MUN은 분해성 단백질을 증가시키거나 너무 적은 양의 에너지 공급과 탄수화물과 단백질의 불균형 등에 의해서 이루어진다. 이러한 높은 수준의 MUN은 사료중 비단백태질소 화합물의 활용이 체내에서 적절하게 이루어지지 못하여 암모니아 과다 생성을 암시하며, 이렇게 과다 생성된 암모니아는 젖소의 건강에 부정적인 영향을 준다. 따라서, 외국의 경우 DHIA에서 우유 중 MP와 MUN 수준을 근거로 하여 요소보고서(urea report)를 작성하여 비유 초기 착유우들의 대사장애 가능성을 조기에 경고하고, 번식기에 있는 착유우들의 영양관리를 실시하여 수태율을 향상시키는 등 목장의 생산성 향상에 활용되고 있다(Jonker 등, 1999; Broderick과 Clayton, 1997; Nishibu, 1998). 그러나 MP 및 MUN 수준은 여러 가지 요인에 의해서 영향을 받기 때문에 정상 범위를 설정할 때 외국의 기준을 일률적으로 적용할 수는 없고, 국가별 또는 지역별 특유의 여건을 고려해야 한다. MP의 경우에는 사료적 요인, 계절적 요인, 품종 및 유전적 요인, 유방염, 비유단계, 산유량과 같은 생리적 요인 등에 의해서 크게 영향을 받는다. 즉, 사료 중 에너지와 단백질 섭취량이 증가하거나 메티오닌과 라이신을 급여할 경우 MP는 증가하고, 사료중 지방 급여량이 증가하면 MP 함량은 감소한다. 산유량과는 반비례적인 관계를 나타내며, 유전적 능력에 의해서도 유단백질의 차이를 나타낸다(De-Peters과 Ferguson, 1992; Baker 등, 1995).

현재 국가별 MUN 권장기준은 독일 7.0~

14.0mg/dl, 덴마크 8.4~14.0mg/dl, 일본 9.0~18.0mg/dl, 미국 10~18.0mg/dl이다. MP의 경우는 미국과 일본에서 3.0~3.2%, 독일이 3.2~3.8%를 각각 정상범위로 설정하고 있다. 이와 같이 대부분의 국가에서 MUN과 MP 농도를 3개 범위로 구분함으로써 전체적으로 9개의 영역으로 구분하여 단백질 및 에너지의 영양상태를 해석하고 있으나, 미국의 동북부 DHIA에서는 유럽지역의 자료와 자체현장 경험을 바탕으로 비유일수를 고려하여 분만 후 45일까지, 46~150일, 그리고 150일 이후의 3단계로 다시 세분하여 27개 영역으로 구분하여 운용하고 있다. 즉, MP는 3.0~3.2%, MUN은 12~16mg/dl를 적정기준으로 설정하여 착유우의 영양상태를 해석하고 있다(Nishibu, 1998).

한편, 홀스타인이 주종이면서 외국과는 매우 다른 사료급여 형태와 환경요인을 갖고 있는 국내 현실을 감안할 때, 외국의 기준을 그대로 적용하는 것은 적절하지 않다. 따라서, 국내의 경우 개체유 MP와 MUN 측정에 의한 젖소 영양상태를 평가하는 기준은 농후사료 의존도가 높고, 주요 조사료원으로 벼짚이 이용되고 있으며 일부 수입전초와 식품부산물 사용되고 있는 사료급여 체계와 젖소의 유단백질 수준과 산유능력, 그리고 외부 온도 변화와 같은 환경적 요인을 고려해서 설정해야 할 것이다(손, 2000; 문 등, 2000b). 본 연구에서는 우선적으로 미국, 독일, 스웨덴, 일본 등 외국의 자료(Broderick과 Clayton, 1997; Nishibu, 1998; Jonker 등, 1999)와 국내 젖소의 영양상태, 유성분 수준, 그리고 젖소의 건강과 번식에 대한 영향 등을 고려하여(문 등, 2000a; 문 등, 2000c; 손, 2000; 문 등, 2002) 비유단계별로 MP와 MUN 수준에 의한 사료의 에너지와 단백질 균형 상태의 평가기준을 Table 5와 같이 설정하였다. 즉, 젖소의 에너지 상태를 나타내는 MP 수준은 분만과 비유 등의 생리적 요인에 의해서 결과치가 매우 다양하기 때문에 비유전기간 동안 동일한 수치를 적용하는 것은 젖소의 영양상태를 정확하게 평가하는 데는 한계가 있다. 따라서, 본 연구에서는 미국의 동북부 DHIA에서와 같이 비유일수를 고려하여 잠정적인 기준

Table 5. Evaluation and prediction of dietary protein-energy balance by the levels of milk protein and milk urea nitrogen (MUN) in early lactation cows from Jan 1999 to Dec 1999

MUN Protein ¹⁾	< 12.0 mg/dl	12.0~17.9 mg/dl	≥ 18.0 mg/dl	Total (%)
	Energy(-) Protein(-) (3.0%*, 4.6%**)	Energy(-) (13.8%*, 18.3%**)	Energy(-) Protein(+) (15.8%*, 16.2%**)	
< 2.90 %	3.0% (3.0%*, 4.6%**)	11.0% (13.8%*, 18.3%**)	16.0% (15.8%*, 16.2%**)	30.0% (32.6%*, 39.1%*)
2.90~3.29%	Protein (-) 11.3% (8.7%*, 7.2%**)	Optimum 26.8% (25.8%*, 22.2%**)	Protein(+) 13.8% (16.6%*, 16.9%**)	51.9% (51.1%*, 46.3%*)
≥ 3.30 %	Energy(+) 4.3% (3.6%*, 3.1%**)	Energy(+) 8.8% (7.1%*, 4.9%**)	Energy(+) 5.0% (5.7%*, 6.5%**)	18.1% (16.4%*, 14.5%*)
Total (%)	18.6% (15.3%*, 14.9%*)	46.6% (46.7%*, 45.4%*)	34.8% (38.1%*, 39.6%*)	100%

¹⁾ Level of protein recommended in mid-lactation* : 3.10~3.49%, and level of protein recommended in late lactation** : 3.30 ~ 3.69%, respectively.

치를 설정하였다. 비유초기 즉, 분만 후 100일까지는 2.90~3.29%, 비유중기는 3.10~3.49%, 그리고 분만 후 200일 이후의 비유말기에는 3.30~3.69%를 권장기준으로 각각 설정하였다. 또한 MUN 값은 비유일수에 큰 영향을 받지 않고, 농후사료 의존도가 높은 국내 여건과 수태율 향상 등 효과적인 번식관리를 위하여 12.0~18.0mg/dl를 잠정적인 적정 기준으로 설정하였다(문 등, 2000b; 문 등, 2000c).

본 연구에서 설정한 9가지 유형을 기준으로 젖소의 영양 상태를 평가해 보았다. 그 결과 비유초기에는 에너지 부족 상태가 전체의 30.0%, 그리고 에너지 과다 상태는 18.1%로 나타났으며, 단백질이 부족하거나 과다한 상태는 각각 18.6%와 34.8%로 나타났다. 한편 에너지 및 단백질이 균형을 이루고 있는 젖소는 전체의 26.8%, 그리고 에너지 부족과 단백질 과다로 번식에 부정적인 영향을 주는 상태는 16.0%로 나타났다. 비유중기 젖소는 에너지와 단백질 상태가 적정 수준은 25.8%로 나타났으며, 에너지 부족은 전체의 32.6%, 에너지 과다는 16.4%로 나타났다. 또한 단백질 부족과 과다는 각각 15.3%와 38.1%로 나타났다. 비유말기 젖소는 에너지와 단백질 적정 상태는 22.2%로 조사되어 다른 비유기에 비하여 낮게 나타났다

며, 에너지 과다(14.5%)보다는 에너지 부족(39.1%)이 많은 것으로 나타났다. 비유단계별 MP와 MUN 수준에 의한 젖소 영양상태를 종합하여 분석해 볼 때 전반적으로 단백질은 부족보다는 과다가, 그리고 에너지는 과다보다는 부족이 많은 것으로 조사되었다. 특히, 비유초기에는 에너지 부족이, 비유말기에는 단백질 과다가 상대적으로 많은 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 착유율을 산유량 및 비유일수에 의한 그룹 분류를 하지 않고 일괄적으로 사료를 급여하며, 농후사료 위주의 사료급여 체제에 의한 영양소 불균형, 그리고 지역에서 생산되는 혼합 TMR 사료의 무분별 사용의 결과라고 사료된다(채 등, 1994; 손, 2000). 또한 국내의 경우 착유에 비하여 건유우 또는, 초임우 관리에 대한 중요성의 인식 부족과 번식효율 저하에 의한 비유일수의 증가도 비유단계별 영양소 불균형의 중요한 요인으로 사료된다.

7. 집합유의 단백질 및 MUN 분포 현황

목장 집합유에서의 단백질과 MUN 측정은 개체유 검사보다 시료채취 등과 같은 노동력 감소와 검사비용의 절감을 가져올 수 있고, 목장의 사료내 에너지와 단백질 공급 수준의 균

형상태가 적절한지를 일차적으로 점검할 수 있는 지표가 될 수 있다는 점에서 중요한 의미를 갖는다(Hof 등, 1997). 본 연구에서는 목장 집합유의 잠정적인 기준 설정을 위하여 MP 수준을 0.1% 간격으로 구분하여 분포도를 조사하였다. 그 결과 Table 6에서와 같이 3.10~3.19%를 중심으로 하는 정규 분포를 나타내었으며, 전체 목장의 81.2%가 3.0~3.39%의 범위에 있었다. 또한 MUN 수준에 있어서는 17.0mg/dl을 중심으로 하는 정규 분포도를 나타내었으며, MUN 수준의 분포 현황은 10.0mg/dl 미만의 목장이 전체의 4.0%, 20.0mg/dl 이상이 17.1%를 나타내는 등 대부분이 10.0~20.0mg/dl를 나타내었으며, 적정 MUN 수준으로 인정되는 12.0~18.0mg/dl의 전체의 55.2%가 해당되었다.

8. 집합유의 계절별 단백질 및 MUN 수준 비교

계절적 요인과 개체별 산유량 등에 의해서 목장 집합유의 유성분 수준의 차이가 크고, 적정 기준 설정을 위하여 집합유에 대한 MP 및 MUN 수준의 비교가 필요하다. 따라서, 본 연구에서는 월별 MP 및 MUN 수준을 비교한 결과 전체 농가의 년 평균 MP는 $3.22 \pm 0.03\%$, MUN은 $16.7 \pm 4.2\text{mg/dl}$ 로 나타났다(Table 7). 월

별 MP 농도는 개체유의 경우와 유사하게 외기 온도가 높아지는 7~8월에는 3.15% 이하로 가장 낮았고, 동절기에는 점차적으로 증가하여 12월에는 3.20% 이상의 최고 수준을 나타내었다. MUN는 MP와는 반대로 외기 온도가 높아지는 7월 여름철에 $17.8 \pm 4.0\text{mg/dl}$ 로 가장 높았으며, 12월 동절기에는 $15.0 \pm 2.9\text{mg/dl}$ 로 가장 낮았다. 이러한 결과는 국내의 경우 계절적 요인에 따른 우유중 단백질 수준에 있어서 최저값과 최고값의 차이가 0.2% 이상을 나타내고, MUN의 경우에는 최저값과 최고값의 차이가 2.8mg/dl 이상의 차이를 나타내기 때문에 목장 집합유의 MP 및 MUN 측정에 의한 영양상태 평가시 계절적 요인을 반드시 고려해야 할 것으로 판단된다.

9. 목장 집합유의 MP와 MUN 측정에 의한 사료 중 에너지와 단백질 균형 상태 예측

미국의 경우 집합유 MUN 적정기준은 지역별로 약간의 차이는 있으나, MUN 검사가 도입될 무렵에는 12~16mg/dl을 적정기준으로 설정하였으나, 최근에는 NRC 영양소 권장 요구량의 변화와 MUN 결과치에 대한 다양한 연구 결과를 통하여 10~16mg/dl으로 변경하여 설정·운영하고 있다(Jonker 등, 1999). 또한, 일

Table 6. Distribution of different levels of milk protein and milk urea nitrogen (MUN) from bulk tank milk

Level of protein (%)	No. of sample (%)	Level of MUN (mg/dl)	No. of sample (%)
> 2.80	49 (1.0)	> 8.0	57 (1.2)
2.80~2.89	102 (2.1)	8.0 ~ 9.9	135 (2.8)
2.90~2.99	330 (6.8)	10.0 ~ 11.9	372 (7.7)
3.0 ~3.09	783 (16.1)	12.0 ~ 13.9	703 (14.5)
3.10~3.19	1,229 (25.3)	14.0 ~ 15.9	941 (19.4)
3.20~3.29	1,198 (24.7)	16.0 ~ 17.9	1,052 (21.7)
3.30~3.39	731 (15.1)	18.0 ~ 19.9	771 (15.9)
3.40~3.49	288 (5.9)	20.0 ~ 21.9	440 (9.1)
3.50~3.59	98 (2.0)	22.0 ~ 23.9	270 (5.6)
≥ 3.60	48 (1.0)	≥ 24.0	115 (2.4)
Total	4,856 (100)	Total	4,856 (100)

본에서는 지역별로 약간의 차이는 있으나 북해도에 있어서는 목장 집합유 MP 적정 기준을 3.0~3.2%, MUN 적정기준을 12~18mg/dl으로 설정하여 운영하고 있다(Nishibu, 1998).

국내의 경우 대부분의 목장이 유량 증대를 목적으로 고에너지 및 고단백질의 사료를 과다 급여하고, 주요 조사료 원료로서 볏짚과 일부 수입전초와 식품부산물들이 사용되고 있는 사료 급여 체계, 그리고 조사료보다는 상대적으로 농후사료 급여량을 많게 급여하고 있다(손, 2000; 채 등, 1999). 이러한 국내 현실을 감안할 때 외국의 기준을 그대로 적용하기에는 많은 문제점이 있다. 또한, 지금까지의 수집된 자료가 미비하여 적정 기준 설정에 가변적 일수 있으나, 국내의 사료급여 여건, 사양관리 방식, 환경적 요인, 젖소의 유전적 산유능력과 목장 집합유의 단백질 수준과 분포도를 감안하는 경우 MP의 적정 기준을 3.10~3.30%, MUN 적정 기준을 12.0~18.0mg/dl로 설정하고, 전국 소재 4,856개 목장 집합유의 MP 및 MUN 수준에 의하여 사료내 에너지와 단백질 급여 상태를 예측하였다(Table 8). 그 결과 에너지 및 단

백질 균형을 이루고 있는 목장은 전체 농가의 28.8%였으며, MUN이 18.0mg/dl 이상으로 단백질 과다 목장은 32.9%, 에너지 과다한 목장은 24.0%, 이와는 반대로 에너지와 단백질이 부족한 목장은 각각 전체의 26.0%와 11.6%로 조사되어 국내 목장의 45~55% 정도가 착유우에 있어 실제 요구량 보다 많거나 적은 영양소를 공급하고 있는 것으로 나타났다. 이러한 성적은 손(2000)이 1998년 3월부터 1999년 2월까지 경기 북부지역에서의 212개 목장의 MUN 수준이 18.0mg/dl 이상이 전체의 44.9% 였다는 성적과 이 등(2001)이 1999년 4월부터 12월까지 전국 178개 농가에서 MUN 수준이 18.0mg/dl 이상이 전체의 72.5%였다는 성적보다는 낮게 나타났다. 이러한 차이는 실험 대상 지역 및 시점, 그리고 조사농가의 사료급여 종류 및 급여량과 사양관리 방법의 차이에 의한 것으로 사료된다(Eicher 등, 1999). 그러나 국내의 경우 MUN 권장 기준을 초과한 목장이 많았는데 이는 농후사료 급여량 비율이 높거나 조사료 비율이 상대적으로 낮고, 조사료 비율이 높은 목장에서조차 단백질 함량이 높은 알팔파 큐브와

Table 7. Change of milk protein and milk urea nitrogen (MUN) by month from bulk tank milk

Season Item	(Mean±S.D)												Total
	Spring			Summer			Fall			Winter			
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	
Protein (%)	3.23 ±0.02	3.17 ±0.03	3.15 ±0.03	3.14 ±0.04	3.10 ±0.05	3.08 ±0.05	3.20 ±0.05	3.26 ±0.03	3.32 ±0.03	3.32 ±0.03	3.30 ±0.04	3.29 ±0.03	3.22 ±0.03
MUN (mg/dl)	16.0 ±3.4	16.4 ±3.6	17.2 ±3.1	17.5 ±4.2	17.8 ±4.0	17.0 ±3.8	16.8 ±3.8	16.7 ±3.6	15.7 ±3.2	15.0 ±2.9	16.6 ±3.4	16.6 ±3.9	16.7 ±3.6

Table 8. Evaluation of protein-energy balance for feeding by milk protein and milk urea nitrogen (MUN) contents in herd bulk milk

Protein	MUN	No. of positive herd (%)			
		< 12.0 mg/dl	12~17.9 mg/dl	≥ 18.0 mg/dl	Total (%)
< 3.10 %	3.10 %	132 (2.7%)	524 (10.8%)	608 (12.5%)	1,264 (26.0%)
3.10~3.29 %	3.10~3.29 %	228 (4.7%)	1,399 (28.8%)	800 (16.5%)	2,427 (50.0%)
≥ 3.30 %	3.30 %	204 (4.2%)	773 (15.9%)	188 (3.9%)	1,165 (24.0%)
Total (%)		564 (11.6%)	2,696 (55.5%)	1,596 (32.9%)	4,856 (100%)

같은 두과식물 및 전지면실 등 부산물 사료를 과다하게 급여하거나 또는, TMR 사료 공급이 사료의 에너지 및 단백질 균형 상태와 구성 단백질의 균형에 문제가 있을 것으로 예측된다.

한편, 본 연구에서 제시된 많은 수치들은 효과적인 평가를 위해 국내외 문헌과 실제 분석 자료를 통하여 설정되었지만, 고정된 수치는 아니며, 많은 관련 연구를 통해 검증되어야 할 것으로 사료되며, 앞으로 우유내 단백질과 MUN 검사를 통하여 사료내 에너지 및 단백질 급여의 균형 상태를 평가하여 목장의 생산성 향상을 위해서는 무엇보다도 이 분야에 보다 많은 관심과 연구가 지속적으로 수행되어야 할 것으로 사료된다.

IV. 요약

젖소의 에너지 및 단백질 영양상태를 평가할 수 있는 MP와 MUN을 측정하여 농장의 사료 급여 실태를 평가하기 위해서 1999년 1월부터 2001년 12월까지 전국 4,856개 목장, 132,636두를 대상으로 유성분을 측정하였다.

조사된 개체유의 평균 MP와 MUN 수준은 각각 $3.30 \pm 0.35\%$ 와 $16.0 \pm 5.2 \text{mg/dl}$ 였으며, MP에 있어서는 3.10~3.20%를 중심으로, MUN은 15.0mg/dl을 중심으로 하는 정규곡선을 나타내었다. 계절별 MP와 MUN의 수준은 외기 온도가 높은 하절기에는 MP의 함량이 3.2% 이하로 감소한 반면, MUN 수준은 16.5mg/dl 이상으로 가장 높았고, 반대로 동절기에는 MP가 3.35% 이상으로 가장 높았으며, MUN 수준은 15.0mg/dl 이하로 가장 낮았다. MP 함량과 MUN 농도와의 관계에서는 MP가 정상 기준보다 낮은 2.90% 미만에서는 MUN 농도가 전체 평균보다도 높았고($17.3 \pm 5.2 \text{mg/dl}$), MP가 정상 기준보다도 높은 3.70% 이상에서는 전체 평균과 비슷한 수준을 나타내었다.

개체유 및 집합유를 대상으로 MP 및 MUN 측정에 의한 사료내 에너지와 단백질 균형상태를 예측하였다. 그 결과 전반적으로 단백질은 부족보다는 과다가, 그리고 에너지는 과다보다는 부족이 많은 것으로 조사되었으며, 그 중에

서도 비유초기에는 에너지 부족이, 비유말기에는 단백질 과다가 상대적으로 많은 것으로 조사되어 국내의 경우 무엇보다도 에너지 및 단백질의 균형적인 사료공급의 필요성이 제시되었다.

V. 인용 문헌

1. Aldrich, J. M., Muller, L. D. and Varga, G. A. 1993. Nonstructural carbohydrate and protein effects on rumen fermentation, nutrition flow, and performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76:1091.
2. Baker, L. D., Ferguson, J. D. and Chalupa, W. 1995. Responses in urea and true protein of milk to different feeding schemes for dairy cows. *J. Dairy Sci.* 78:2424.
3. Batajoo, K. K. and Shaver, R. D. 1993. Impact of nonfiber carbohydrate on intake, digestion, and milk production by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 77:1580.
4. Broderick, G. A. and Clayton, M. K. 1997. A statistical evaluation of animal and nutritional factors influencing concentrations of milk urea nitrogen. *J. Dairy Sci.* 80:2964.
5. Carroll, D. J. B., Barten, B. A., Anderson, G. W. and Smith, R. D. 1988. Influence of protein intake and feeding strategy on reproductive performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 71:3470.
6. DePeters, E. J. and Ferguson, J. D. 1992. Non-protein nitrogen and protein distribution in the milk of cows. *J. Dairy Sci.* 75:3192.
7. Eicher, R., Bouchard, E. and Bigras-Poulin, M. 1999. Factor affecting milk urea nitrogen and protein concentration in Quebec dairy cows. *Pre Vet Med.* 39:53.
8. Ferguson, J. D., Blanchard, D. T., Galligan, D. C., Hoshall, D. C. and Chalupa, W. 1988. Infertility in dairy cattle fed a high percentage of protein degradable in the rumen. *JAVMA.* 192:659.
9. Godden, S. M., Lissemore, K. D., Kelton, D. F., Leslie, K. E. and Walton, J. S., Lumsden, J. H. 2001. Relationships between milk urea concentrations and nutritional management, production, and economic variables in ontario dairy herds. *J. Dairy Sci.* 84:1128.
10. Goff, J. P. and Horst, R. L. 1997. Physiological change at parturition and their relationship to metabolic disorder. *J Dairy Sci.* 80:1260.
11. Hamann, J. and Kromker, V. 1997. Potential of

- specific milk composition variables for cow health management. *Lives Prod Sci*, 48:201.
12. Heuer, C., Van Straalen, W. M., Schukken, Y. H., Dirkwager, A. and Noordhuizen, JPTM. 2000. Prediction of energy balance in high yielding dairy cow with test-day information. *J. Dairy Sci*, 84:471.
 13. Hof, G., Vervoom, M. D., Lenaers, P. J. and Tamminga, S. 1997. Milk urea nitrogen as a tool to monitor the protein nutrition of dairy cows. *J Dairy Sci*. 80:3333.
 14. Jeong, H. Y., Kim, J. S., Ahn, B. S., Yeon, S. H., Rhy, I. S., Son, D. S. and Leong, Y. H. 1988. The effect of dietary energy and protein levels during mid lactation on milk performance and embryo production of dairy cows. The 8th World Conference of Animal Production Proceeding. Contributed papers p476.
 15. Jonker, J. S., Kohn, R. A. and Erdman, R. A. 1999. Milk urea nitrogen Target concentration for dairy cows fed according to national research council recommendations. *J Dairy Sci*. 82:1261.
 16. Larson, S. F., Butler, W. R. and Currie, W. B. 1997. Reduced fertility associated with low progesterone postbreeding and increased milk urea nitrogen in lactating cows. *J Dairy Sci*. 80:1288.
 17. Lean, L. J., Bruss, M. L., Baldwin, R. L. and Trout, H. F. 1991. Bovine ketosis: a review. I. Epidemiology and pathogenesis. *Vet Bull*, 61: 1209.
 18. Lucy, M. C. 1999. Reproductive loss in high-producing dairy cattle: Where will it end? *J. Dairy Sci*, 84:1277.
 19. Ng-Kwai-Hang., Hayes, K. F, Moxley, J. E. and Monardes, H. G. 1985. Percentages of protein and nonprotein nitrogen with varying fat and somatic cells in bovine milk. *J Dairy Sci*. 68:1257.
 20. Nishibu, J. 1998. Current status of MUN utilization in Japan, Tokachi Federation of Agricultural Cooperative. Japan. 제2차 MUN 연구회.
 21. Oltner, R. and Wiktorsson, H. 1983. Urea concentrations in milk and blood as influenced feeding varying amounts of protein and energy to dairy cows. *Lives Prod Sci*. 10:457.
 22. Ostergaard, S. and Grohn, Y. T. 2000. Concentration feeding, dry-matter intake, and metabolic disorders in Danish dairy cows. *Lives Prod Sci*. 65:107.
 23. Poore, M. H., Moore, J. A., Swingle, R. S., Eck, T. P. and Brown, W. H. 1993. Response of lactating Holstein cows to diets varying in fiber source and ruminal starch degradability. *J. Dairy Sci*. 76:2235.
 24. Roseler, D. K., Ferguson, J. D., Sniffen, C. J. and Herrema, J. 1993. Dietary protein degradability effect on plasma and milk urea nitrogen and milk nonprotein nitrogen in Holstein cows. *J Dairy Sci*. 76:525.
 25. Schutz, M. M. 1994. Genetic evaluation of somatic cell scores for united states dairy cattle. *J Dairy Sci*, 77:2113.
 26. Tveit, B., Lingaas, F., Svendsen, M. and Sjaastad, O. V. 1992. Etiology of acetonemia in norwegian cattle: Effect of ketogenic silage, season, energy level, and genetic factors. *J Dairy Sci*, 75:2421.
 27. Wittwer, F. G., Gallardo, P., Reyes, J. and Opitz, R. 1999. Bulk milk urea concentrations and their relationship with cow fertility in grazing dairy herds in Southern Chile. *Pre Vet Med*, 38:159.
 28. Wolfschoon-Pombo, A., Klostermeyer, H. and Buchberger, J. 1981. Urea in the NPN-fraction of cow's milk-determination, content and influence on it, *Milchwissenschaft*, 36:462.
 29. 문진산, 주이석, 임숙경, 장금찬, 윤용덕, 위성환, 이보균, 박용호, 손창호. 2000a. 젖소에서 유성분 분석을 통한 영양상태 평가 및 건강관리에 관한 연구. II. 우유 중 단백질과 요소태질소 농도에 영향을 주는 생리적 요인. *한국수의공중보건학회* 24:113.
 30. 문진산, 주이석, 장금찬, 윤용덕, 이보균, 박용호, 손창호. 2000b. 우유 중 단백질과 요소태질소 분석에 의한 젖소의 에너지 및 단백질 균형 상태 평가에 관한 연구. *한국동물자원학회지*, 42:499.
 31. 문진산, 주이석, 장금찬, 윤용덕, 이보균, 박용호, 손창호. 2000c. 젖소에서 유성분 분석을 통한 영양상태 평가 및 건강관리에 관한 연구. III. 고능력우 위주의 대규모 목장에서 우유 중 단백질과 요소태질소 수준이 수태율에 미치는 영향. *대한수의학회*. 40:383.
 32. 문진산, 신종봉, 손창호, 주이석, 강현미, 김종만. 2002. 분만 후 첫 번째 번식검진시 난소 및 자궁 질환에 따른 유성분 수준 비교. *대한수의학회지*, 42:163.
 33. 손용석. 2000. MUN을 이용한 젖소 영양관리의 최적화에 관한 연구, 고려대학교 자연자원연구소.
 34. 안병석, 최유림, 정하연, 김준식, 정연후. 1998. 홀스타인 젖소에 있어서 능력검정 기간의 유성분 변화. *한국축산학회지*, 40:589.
 35. 이성모, 김동원, 최병렬, 서강문, 홍종태. 2001. 유성분 분석을 통한 젖소 영양상태 및 개체관리에 관한 연구. *대한수의학회지*, 41:243.
 36. 축협. 축산관측 젖소, 1999.
- (접수일자 : 2002. 9. 11 / 채택일자 : 2002. 10. 11)