

게껍질의 급여가 우유내 타우린함량에 미치는 영향

박동진 · 이지선* · 김동신** · 박태선**^{*}

경북낙농협동조합 목우촌우유 제3공장

*연세대학교 식품영양학과

**경북대학교 동물공학과

Effect of Crab Shell Supplementation in Feeds on Taurine Content of Cow's Milk

Dong-Jin Park, Jee-Sun Lee*, Dong-Shin Kim** and Taesun Park**^{*}

Moguchon Milk Factory 3, Kyongbuk Dairy Cooperative, Kyongju 780-911, Korea

*Dept. of Food and Nutrition, Yonsei University, Seoul 120-749, Korea

**Dept. of Animal Science and Biotechnology, Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea

Abstract

Effects of dietary crab shell supplementation on milk taurine concentration were evaluated in 25 dairy cows fed one of the following feeds for 30 days : control feed, 1% crab shell meal supplemented feed (1%CS), 3% crab shell meal supplemented feed (3%CS), 5% crab shell meal supplemented feed (5%CS), or 3% formaldehyde treated crab shell meal supplemented feed (3%FCS). The crab shell meal used in this study consisted of the wasted parts of shells, excluding the front leg and back shells of snow crab (*Chionoecetes japonicus*). Amino acid concentrations of the crab shell and milk samples, either as a free form or a protein component, were determined using an automatic amino acid analyzer based on ion exchange chromatography. Analysis of the amino acid composition of crab shell protein hydrolyzates showed that phenylalanine existed at the highest concentration, which was followed by glutamate, aspartate, glycine, serine, histidine and arginine. Unlike to the amino acid composition of most proteins found in animal tissues, branched-chain amino acid existed as relatively low levels in crab shell meal. Taurine was the most abundant free amino acid found in three different parts of the crab shell. Front leg shells contained 37% and 41% higher levels of taurine (509 $\mu\text{mol}/100\text{ g}$) compared to the back shell (319 $\mu\text{mol}/100\text{ g}$) and the crab shell meal (296 $\mu\text{mol}/100\text{ g}$), respectively. Effect of crab shell feeding on milk taurine concentration was significant at $p<0.01$ by ANOVA test. Cows fed 1%CS and 3%CS showed 20% and 49% increased milk taurine concentrations respectively, compared to the value for the control cows ($p<0.01$). Formaldehyde treatment of the crab shell meal was not effective in increasing the milk taurine concentration. This study is the first report suggesting the natural enhancement of taurine in cow's milk by supplementing feeds with crab shell, and our results could be applied to the enhancement of taurine levels in other animal products.

Key words: cow's milk, taurine, crab shell, amino acid composition, milk protein

서 론

유리아미노산의 일종인 타우린은 가장 오래전부터 알려져 온 담즙산의 포함기능이외에도 두뇌발달, 망막의 광수용체활성, 생식 및 정상적인 성장발달 그리고 항산화활성 등 다양한 생물학적 기능을 나타냄이 최근 보고되고 있다(1). 타우린은 다양한 종류의 포유류조직에서 거의 일정한 수준으로 고농도를 유지하나, 예외적으로 유즙의 타우린함량은 동물의 종류에 따라 놀라울 정도로

큰 차이를 보이고 있다. Rassin 등(2)이 다양한 종류의 포유류를 대상으로 성숙우에 함유된 타우린농도를 측정 한 바에 의하면(Table 1), 열록말과 고양이의 경우 각기 595 $\mu\text{mol}/100\text{ mL}$ 과 287 $\mu\text{mol}/100\text{ mL}$ 의 타우린을 함유하여 유즙에 함유된 유리아미노산 중 가장 농도가 높았으며, 모유에는 34 $\mu\text{mol}/100\text{ mL}$ 의 타우린이 함유되어 glutamate 다음으로 농도가 높았다. 한편 쥐, 토끼와 양의 성숙우에는 14~15 $\mu\text{mol}/100\text{ mL}$ 의 타우린이 함유되어 있었고, 소의 성숙우에는 1 $\mu\text{mol}/100\text{ mL}$ 의 타우린이

^{*}To whom all correspondence should be addressed

Table 1. Taurine content of milk from various species¹⁾
($\mu\text{mole}/100\text{ mL}$)

Species	More than 5 day after birth	Less than 5 days after birth
Gebril	595	-
Cat	287	-
Beagle dog	191	264
Mouse (C57 B1/6J)	75	-
Rhesus monkey	56	61
Chimpanzee	26	71
Water buffalo	19	-
Man	34	41
Sheep	14	68
Guinea pig	17	56
Rat	15	63
Java monkey	14	-
Rabbit	14	-
Horse	3	-
Cow	1	31

¹⁾Adapted form Rassin et al, 1978 (2).

함유되어 포유류의 유즙중 타우린함량이 가장 낮았다. 여기서 특히 주목할 것은 모유의 경우 타우린이 총유리 아미노산 풀의 약 13% 정도를 차지하는 주된 아미노산인 반면, 조제유의 주성분인 우유에는 상대적으로 타우린함량이 매우 낮다는 점이다. 이에 대한 보충자료로서 저자 등(3)이 한국인 수유부를 대상으로 모유의 타우린 농도를 측정한 바에 의하면 초유와 성숙우유에 각기 $54.9 \pm 5.8 \mu\text{mole}/100\text{ mL}$ 과 $23.3 \pm 4.1 \mu\text{mole}/100\text{ mL}$ 의 타우린이 함유되어 있었다. 아울러, Park 등(3)과 Kim 등(4)이 국내에서 시판되는 다양한 종류의 우유에 함유된 타우린 농도를 분석한 결과 모유농도의 약 1/2~1/5에 해당되는 $8 \sim 13 \mu\text{mole}/100\text{ mL}$ 의 타우린이 발견되었으며(3,4), 외국의 자료(2,5)에 의하면 우유의 타우린농도가 이보다 더 낮은 $1.0 \sim 3.3 \mu\text{mole}/100\text{ mL}$ 의 범위로 발표되었다.

포유류의 조직에서 타우린은 합성아미노산인 시스테인으로부터 생합성되는데, 인체의 경우 타우린의 생합성에 관여하는 cysteine dioxygenase와 cysteine sulfinate decarboxylase의 활성이 매우 낮아 타우린의 생합성이 거의 이루어지지 않고 있으며 따라서 외부로부터 타우린을 공급받아야만 한다(6). 정상적으로 음식을 섭취하는 성인에게 있어서 타우린 결핍증의 임상적 보고는 없었지만 타우린이 보강되지 않은 합성조제분유를 섭취하는 미숙아와 영아의 경우 모유를 섭취하는 영아에 비해 혈장 타우린수준이 감소되었음이 보고된 바 있다(7,8). 또한 영유아기는 신세뇨관의 미성숙으로 인해 타우린의 재흡수 능력이 낮은 반면(9), 신체의 급성장으로 인한 체내의 타우린 요구도는 증가하는 시기로서 건강한 성장발달을 위해 타우린의 조건적 필수성(conditional essentiality)이 대두되고 있다. 같은 맥락에서 미국에서는 1984년 이래 모든 시판 조제유에 타우린을 모유수준($35 \mu\text{mole}/\text{dL}$)으로 보강시키고 있으며(10), 현재 우리나라에서 시판되는

신생아용 조제유에도 타우린이 보강되어 있다.

타우린 급원식품을 발굴하기 위한 노력의 일환으로 본 연구실에서 개 및 새우껍질의 타우린함량을 분석해 본 결과, 각기 $362 \mu\text{mol}(45.2\text{ mg})/100\text{ g}$ 과 $354 \mu\text{mol}(44.3\text{ mg})/100\text{ g}$ 로 육류에 버금가는 많은 양의 타우린이 함유되어 있음을 확인한 바 있다(미발표 자료). 우리나라에서는 개 폐기물이 매년 5.4×10^4 톤 정도 생산되어 그대로 버려질 경우 환경오염문제가 우려되는데(11), 최근에는 키틴 등과 같은 유용한 생리활성물질이 함유되어 있음이 밝혀지면서 기능성 식품소재로서 개껍질의 이용가능성이 제시된 바 있다(12,13). 개 깍질에는 키틴 이외에도, 30%~40%의 단백질과 30%~50%의 탄산칼슘이 함유되어 있고, 타우린 또한 풍부하여 절소의 사료에 첨가될 경우 원유의 영양적 품질을 향상시키는데 기여할 수 있을 것으로 사료된다. 본 연구는 일차적으로 개껍질의 아미노산조성을 평가하고, 더 나아가 절소를 대상으로 사료에 개껍질을 첨가시킴으로써 우유의 타우린함량을 높이는 데 기여할 수 있는지를 확인하고자 시도되었다. 이와 같은 시도는 폐기물의 자원화라는 바람직한 측면이외에도 '천연 타우린강화우유'를 생산할 수 있다는 점에서 중요성이 크며, 특히 국내에서 시판되는 우유의 타우린 함량이 외국에서 생산되는 제품에 비해 월등히 높다는 점을 감안한다면 이와 같은 천연 타우린우유의 개발은 수입유제품에 대한 차별화된 제품으로서 평가받을 수 있을 것이다.

재료 및 방법

개껍질분말의 제조 및 formaldehyde 처리

본 논문에서 사용된 개껍질은 영덕지역의 홍게(snow crab, *Chionoecetes japonicus*)에서 얻어진 것으로 경북 영덕군내 연간 1,700톤(1일 5톤 정도)이 발생된다. 식품재료로 이용되는 게살, 등투경과 앞다리부분을 떼어낸 후, 버려지는 나머지 부위의 개껍질(이하 개껍질분말)을 경북 영덕군 강구면 오포리 소재 태훈산업(주) 강구공장에서 수집하여, 직경 5 mm이하로 분쇄한 다음 24시간 이상 일광건조하여 본 사양시험에 사용하였다.

개껍질의 formaldehyde 처리를 위해서는 Chalupa (14)의 보고에 따라 단백질 중량당 0.5%로 처리되도록 formaldehyde(Sigma # F-1268)용액에 침지하여 1시간 동안 정지한 다음 수분함량이 10%미만이 되도록 50°C 에서 72시간 동안 건조한 후 사용하였다.

개껍질의 일반영양성분 분석

개껍질분말과 농후사료의 수분함량은 적외선 수분측정기(Ohaus MB200, USA)를 이용하여 측정하였으며, 조지방, 조단백질, 조섬유 및 회분함량은 AOAC 방법

(15)에 따라 분석하였다. 우유시료의 유조성분은 Mikoscan (133B Foss Electric, Denmark)을 이용하여 측정하였으며, 상기의 분석은 모두 2회 반복 측정하여 평균값으로 제시하였다.

사양시험 및 급여사료

본 연구의 사양시험을 위해 체중 550~650 kg, 평균 산유량 20~30 kg/day의 Holsteine 젖소 25두를 공시하여 1999년 2월 6일부터 3월 6일까지 30일간 경북 영덕군 영해면 소재 김영철씨 목장에서 사양시험을 수행하였다.

25두의 젖소를 난괴법에 의해 5군으로 나누고, 각기 대조사료, 1% 계껌질분말사료(1%CS), 3% 계껌질분말사료(3%CS), 5% 계껌질분말사료(5%CS)와 formaldehyde로 처리된 3% 계껌질분말사료(3%FCS)를 30일간 급여하였다. 사양시험에 이용된 모든 개체에 농후사료는 15 kg/day씩 제한 급여하였고, 물과 조사료는 무제한 급여하였다. 1%CS, 3%CS 및 5%CS군에는 계껌질분말을 1일 2회(06:00와 18:00) 착유시 농후사료와 함께 각기 150, 450, 750 g/day씩 급여하였고, 3%FCS군에는 formaldehyde로 처리된 계껌질분말을 농후사료와 함께 450 g/day씩 급여하였다. 본 시험에 사용된 농후사료는 낙농스타프라임 3호(농협중앙회, 울산 배합사료공장)로 배합비는 Table 2와 같으며, 조사료로 아끼바레벳질을 급여하였다. 농후사료의 자세한 영양성분조성은 Table 3에 제시된 바와 같다. 이상에서와 같이 본 연구에서는 급여사료를 규격화하고, 착유시에만 농후사료와 함께 첨가물을 급여하는 제한급여 방식을 실시하므로써 섭취량을 시험기간내 일정하게 유지하고자 하였다.

시험개체별 원유시료는 착유기와 파이프라인 사이에 시료채취기(Waikato milk meter Mark 5, Newzealand)를 장착하여 계껌질분말 급여 30일째에 채취하였다.

계껌질의 유리아미노산 농도 분석

계껌질분말 2 g을 75% ethanol 100 mL에 넣고 90°C에서 30분간 진탕한 다음 7,000 rpm에서 10분간 원심분리

Table 2. Ingredients of the concentrated feed

Ingredient	%	Remarks
Grain	49.0	corn, wheat, rye, lupin
Brans	20.0	wheat bran, flour, cane, alfalfa
Meals	16.0	soybean, rapeseed, palm
Fiber	10.0	mixed fiber
Vitamin and mineral premix	1.7	
Additives	1.5	growth factor, probiotics, drug, etc
Limestone	0.7	
NaCl	0.6	
Buffer	0.5	
Total	100	

Table 3. Nutrient contents of the concentrated feed and crab shell meal (%)

Nutrients	Concentrated feed	Crab shell meal
Moisture	12.5 ¹⁾	13.9
Crude protein	16.0	28.2
Crude fat	3.5	0.16
Crude fiber	8.9	22.5
Mineral	6.2	41.5
NFE (nitrogen free extract)	52.4	-
TDN (total digestible nutrient)	71.2	-
NDF (neutral detergent fiber)	23.3	-
ADF (acid detergent fiber)	13.8	-

¹⁾Values are average of duplicate analyses

하여 상층액을 분리하였다. 침전물에 ethanol을 첨가하여 원심분리한 후 얻어진 상층액을 앞에서 분리한 상층액과 함께 감압농축하여 ethanol을 제거하였다. 25% trichloroacetic acid와 ethyl ether를 첨가하여 섞은 뒤 ether 층과 침전물을 제외한 하층액을 분리하여 감압건조하고, loading buffer(0.2 N sodium citrate buffer, pH 2.2)에 용해한 다음 0.2 µm filter(PVDF Aerodisc 13, Gelman Sciences)를 사용하여 여과하였다

시료의 아미노산농도는 ion-exchange chromatography(16)에 입각한 아미노산 전용분석기(Biochrom 20, Pharmacia LKB Biotech, Cambridge, England)를 사용하여 측정하였다. Lithium high performance column을 이용하여 유리아미노산을 성공적으로 분리시키기 위해서 이동상으로 pH와 이온농도를 단계적으로 증가시킨 lithium citrate buffer를 20 mL/h의 유속에서 사용하였다(0.2 M, pH 2.80; 0.30 M, pH 3.00; 0.50 M, pH 3.15; 0.90 M, pH 3.50; and 1.65 M, pH 3.55). Column을 통해 분리된 각 아미노산을 ninhydrin과 반응시켜 보라색의 착색물을 형성한 후 440 nm와 570 nm에서 흡광도를 각기 측정하였다. 산성이 강한 phosphoserine이 가장 먼저 column을 빠져나오고 taurine과 phosphoethanolamine이 그 뒤를 이었으며, 염기성이 강한 arginine이 마지막으로 분리되기까지 총 188분이 소요되었고, column을 씻어내고 재정비하여 다음 시료가 주입되기까지는 총 237분이 소요되었다.

각 시료의 아미노산농도는 0.5 mM 표준아미노산용액(Sigma # A-6407 & A-1585), 20 µL을 주입하여 얻어진 peak의 면적을 각 시료에서 얻어진 peak의 면적과 비교하여 계산하였다. 반복실험의 오차계수(coefficient of variation)는 5% 이내이었으며, internal standard(norleucine)를 시료에 첨가시켜 시료의 전처리 및 분석과정에서 발생하는 손실을 보정하였다.

계껌질 단백질의 가수분해 및 총아미노산 함량 분석
계껌질의 총아미노산함량을 분석하기 위해서는 단백질

질의 가수분해가 선행되어야 하고, 이를 위해 Moore와 Stein(16)의 6 N HCl 가수분해방법을 사용하였다. 가수분해된 계껍질 단백질의 아미노산함량은 위에서 언급된 아미노산 전용분석기를 사용하여 측정하였다. 단백질 가수분해물에 함유된 18가지 아미노산의 분리를 위해서는 sodium high performance column을 이용하였으며, 이동상으로는 sodium citrate buffer를 pH와 이온농도에 따라 단계적으로 사용하였다(0.2 M, pH 3.20; 0.2 M, pH 4.25; 1.2 M, pH 6.45). Aspartate가 가장 먼저 column을 빠져나오고, arginine가 마지막으로 분리되기까지 48분이 소요되었으며, column을 씻어내고 재정비하여 다음 시료가 주입되기까지는 약 65분이 소요되었다.

원유의 타우린함량 분석

우유 시료 500 μ L을 1.5 mL microependorf tube에 취하고 20% sulfosalicylic acid 용액 125 μ L를 가하여 vortex한 후 4°C에서 60분간 방치하였다. 14,000 \times g에서 10분간 원심분리하여 단백질을 침전물로 제거시키고, 상층액을 취하여 깨끗한 튜브에 옮긴 후 아미노산 분석기에 주입시키기 직전에 0.2 μ m filter(PVDF Aerodisc 13, Gelman Sciences)를 사용하여 여과하였다.

타우린농도 분석을 위해 전처리된 시료 40 μ L를 아미노산 전용분석기의 lithium high performance column (90 \times 4.6 mm, Pharmacia LKB Biotech)에 주입하였으며, 이동상으로는 lithium citrate buffer(0.2 M, pH 2.80; 0.30 M, pH 3.00)를 사용하였다. Column을 씻어내고 재정비하여 다음 시료가 주입되기까지 약 60분이 소요되었으며, 여러개의 우유시료에 일정량의 타우린을 첨가시켜 회수율을 측정한 결과 98~102% 범위의 높은 회수율을 보였다.

통계처리

계껍질첨여가 우유의 타우린농도에 미치는 영향은 one-way ANOVA test에 의해 $p < 0.01$ 수준에서 유의성 여부를 검증하였으며, 각 실험군간의 평균값의 차이는 Duncan's multiple range test에 의해 $p < 0.01$ 수준에서 검증하였다.

결과 및 고찰

계껍질의 일반 영양성분

유선조직에서 유즙이 합성되기 위해서는 영양소의 적절한 공급을 필요로 하며, 따라서 사료뿐 아니라 사료에 첨가되는 계껍질분말에 대한 일반 영양성분의 분석이 우선적으로 이루어져야 한다. 본 연구에 이용된 계껍질분말은 28.2%의 조단백질을 함유하고 있어 유단백질 합성의 재료가 되는 아미노산을 풍부히 제공할 것으로 생각

된다. 그 외에도 41.5%의 조회분과 22.5%의 조섬유를 함유하는 것으로 분석되었다(Table 3). 이와 같은 결과는 우리나라에서 생산되는 계폐기물의 주된 성분이, 갑각류의 종류와 계절에 따라 차이를 보이기는 하지만, 일반적으로 단백질 30~40%과 탄산칼슘 30~50%을 함유하고 있다는 선행보고들(12,13)과 일치하고 있다.

계껍질 단백질의 아미노산조성

계껍질분말에 함유된 단백질 가수분해물의 아미노산 함량을 평가한 결과가 Table 4에 제시되어 있으며, 참고로 짐게다리껍질 및 등부껍에 함유된 단백질의 아미노산 조성이 함께 분석 평가되었다. 단백질 가수분해물의 아미노산조성은 계껍질 부위별로 매우 유사한 패턴을 나타냈다(Table 4). 계껍질분말에 함유된 단백질의 아미노산 조성은 phenylalanine이 가장 높은 반면(33.4 mg/g), phenylalanine에서부터 생합성되는 tyrosine의 농도(0.8 mg/g)는 상대적으로 매우 낮았다. Phenylalanine 다음으로는 산성아미노산인 glutamate과 aspartate의 함량이 높았고, 그 다음으로 glycine, serine, alanine, histidine, arginine, threonine과 valine이 17.9~10.5 mg/g 범위의 농도로 계껍질분말에 함유되어 있었다. Branched-chain 아미노산이 주된 구성아미노산인 다른 동물조직의 단백질과는 달리 계껍질단백질에는 leucine과 isoleucine의 함량이 각기 4.1과 2.9 mg/g로 비교적 낮았다. 본 연구에서 단백질의 가수분해를 위해 이용된 6 N HCl 방법은 tryptophan, 그리고 함황아미노산인 cysteine과 methionine을 파괴시키는 단점을 가지고 있으며(16), 따라서 본 연구결과에서도 이들 아미노산의 함량이 거의 0에 가깝게 나타났다.

Table 4. Amino acid concentrations of crab shell protein hydrolyzates (mg/g crab shell)

Amino acid	Crab shell meal	Front leg shell	Back shell
Aspartic acid	26.7	20.7	25.5
Threonine	11.2	7.5	10.7
Serine	15.1	14.3	15.7
Glutamic acid	30.4	21.8	29.3
Proline	8.0	8.4	9.9
Glycine	17.9	15.2	18.1
Alanine	13.9	10.3	13.5
Cystine	1.5	0.5	1.3
Valine	10.5	8.4	10.6
Methionine	2.0	0.8	2.0
Isoleucine	2.9	1.9	3.3
Leucine	4.1	2.4	3.9
Tyrosine	0.8	0.3	0.7
Phenylalanine	33.4	58.4	38.5
Lysine	4.6	3.8	4.6
Histidine	12.2	5.9	10.8
Arginine	12.0	8.8	11.3

Values are average of two hydrolyzates

이상에서 살펴 본 게껍질 단백질의 아미노산조성은 젖소의 사료로 이용되는 곡물단백질의 아미노산조성과는 매우 상이한 패턴을 지니므로 게껍질을 사료에 첨가시키는 경우 아미노산 보충효과를 통한 단백질의 질적 개선을 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

게껍질의 유리아미노산 함량

게껍질에 함유되어 있는 유리아미노산 함량 역시 게껍질분말, 집게다리과 등뚜껑부위로 구분지어 Table 5에 제시되어 있다. 타우린은 세가지 부위의 게껍질시료에서 모두 가장 고농도로 존재하는 유리아미노산중의 하나이었으며, 특히 집게다리껍질에 509 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ 이 함유되어, 등뚜껑(319 $\mu\text{mol}/100\text{g}$) 및 게껍질분말(296 $\mu\text{mol}/100\text{g}$)에 비해 월등히 그 함량이 높았다. 게살의 타우린 함량은 껍질보다 약 10배정도 더 높아 종류에 따라 약 3,200~5,600 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ (406~721 $\text{mg}/100\text{g}$)의 타우린을 함유하고 있는 것으로 나타나 있다(17).

본 연구팀이 선행연구(18)에서 닭고기 및 돼지고기의

Table 5. Free amino acid concentrations of crab shell ($\mu\text{mol}/100\text{g}$ crab shell)

Amino acid	Crab shell meal	Front leg shell	Back shell
Phosphoserine	0	0	0
Taurine	296	509	319
Phosphoethanolamine	0	0	0
Urea	0	0	0
Aspartic acid	0	0	0
Hydroxyproline	0	0	0
Threonine	8.9	20.7	14.1
Serine	13.2	9.3	11.8
Asparagine	0	0	0
Glutamic acid	8.9	7.3	25.5
Glutamine	0	0	0
Sarcosine	174	244	353
Proline	290.4	73.1	94.9
Glycine	301	411	270
Alanine	138	217	287
Citrulline	6.6	5.9	24.0
α -Aminoisobutyric acid	0	3.3	6.4
Valine	57.3	72.8	124
Cystine	0	0	0
Methionine	0	2.4	4.2
Cystathionine	0	0	0
Isoleucine	50.0	69.3	87.6
Leucine	54.9	72.5	102
Tyrosine	40.7	65.6	26.7
β -Alanine	0	0	0
Phenylalanine	45.5	94.9	82.3
β -Aminoisobutyric acid	0	0	0
γ -Aminoisobutyric acid	5.3	5.6	11.2
DL-5-hydroxylysine	0	0	3.4
Ornithine	3.3	5.9	5.8
Lysine	14.0	24.2	23.2
L-methylhistidine	0	0	0

Values are average of duplicate analyses

타우린함량을 분석한 결과에 의하면 운동을 많이 하는 다리부분은 다른 부위 살코기의 약 2~8배에 해당하는 타우린을 함유하는 것으로 나타났다. 게살의 타우린함량을 앞다리과 몸통부위로 구분하여 측정된 보고는 없었으나, 게앞다리 껍질의 타우린함량이 다른 부위 껍질에 비해 더 높게 나타난 본 연구의 결과는 앞다리부위의 게살에 다른 부위에 비해 타우린이 더 농축되어 존재할 가능성이 시사하는 것이다. 운동을 많이 하는 근육의 경우 운동을 하지 않는 근육에 비해 타우린함량이 더 높을 수 있다는 가정은 앞으로 동물을 대상으로 한 운동부하실험에서 명확히 규명될 수 있을 것으로 생각된다.

앞다리부위의 게껍질에는 taurine 다음으로 glycine, sarcosine 및 alanine의 함량이 높았다. 게껍질의 sarcosine농도는 174~353 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ 으로 비교적 높았으며, 특히 등뚜껑부위에서 가장 높게 나타났다. 합황아미노산이며 타우린의 전구체인 methionine함량은 세가지 종류의 게껍질시료에서 모두 매우 낮았으며, branched chain 아미노산인 valine, leucine 및 isoleucine의 농도는 50~124 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ 의 범위를 나타내 유리아미노산중에서 중간정도의 농도를 나타냈다. 앞다리와 등뚜껑부위를 제외한 게껍질분말의 경우 대부분의 유리아미노산 농도가 앞다리껍질 또는 등뚜껑부분에 비해 낮게 나타나는 경향을 보였으나, 흥미롭게도 proline의 농도는 3~4배정도 더 높게 나타났다. 게껍질분말의 유리아미노산조성을 살펴 보면 glycine과 taurine농도가 각각 301과 296 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ 으로 가장 높았고, proline, sarcosine 및 alanine의 순으로 그 농도가 높았다.

게껍질분말 글여가 우유의 타우린농도에 미치는 영향

타우린, phosphoserine과 phosphoethanolamine을 함유하는 표준아미노산용액의 chromatogram이 Fig. 1에 제시되어 있다. 타우린은 phosphoserine 및 phospho-

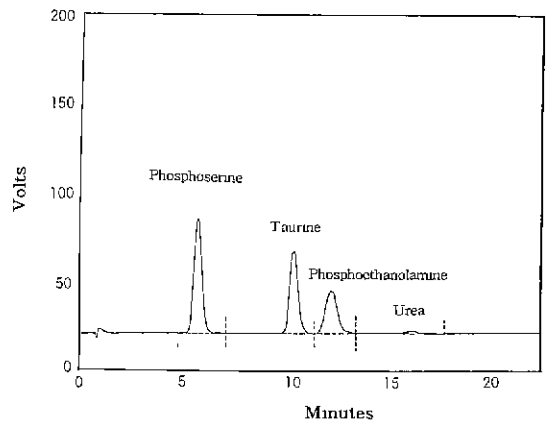


Fig. 1. Chromatogram of the standard amino acid mixture by the amino acid analyzer.

thanolamine peak과는 완전히 분리되어진 단일 peak로 분리되었으며, resolution time은 약 10.4~10.6분 정도였다. 한편, 같은 아미노산 전용분석기에 의해 분리된 우유 시료의 chromatogram을 표준아미노산용액과 비교해 보면, 타우린 peak 바로 앞부분(약 9.3분 정도)에서 미지의 peak가 검출되는 특징을 나타내었다(Fig. 2). 본 연구실에서 약 300여종의 다양한 식품시료를 대상으로 타우린 농도를 분석한 결과(18)에서도 오직 우유 및 유제품시료에 국한되어 같은 위치에 이와 같은 미지의 peak가 나타났다. 일정량의 타우린을 우유시료에 첨가시켜 spiking test를 해 본 결과 약 10.5분 정도에 나타난 peak가 진정한 타우린 peak임을 확인할 수 있었다. 한편, 미지의 peak가 타우린과 구조가 유사한 타우린 전구체 또는 대사물질 가능성을 확인하기 위하여 cysteine sulfinic acid, cysteic acid, isethionate 및 hypotaurine 등을 우유시료에 첨가하여 spiking test를 해 본 결과 peak가 일치하지 않았고, 따라서 적어도 이들 4가지 대사물질은 아닌 것으로 밝혀졌다.

계집질분말과 formaldehyde로 처리된 계집질분말을 사료에 보충시켜 30일간 급여한 후 채취한 원유의 타우린농도는 Fig. 3에 제시된 바와 같다. 먼저 대조구에서 채취한 원유의 타우린농도는 $4.84 \pm 0.29 \mu\text{mole}/100 \text{ mL}$ 로 나타났는데, 이는 Rassin 등(2)이 보고한 수치인 $1.0 \mu\text{mole}/100 \text{ mL}$ 의 약 5배, 그리고 Harris와 Lee(5)가 보고한 수치인 $1.7 \sim 3.3 \mu\text{mole}/100 \text{ mL}$ 의 약 2배에 해당되는 수치이다. 이에 대한 주된 이유 중의 하나로 젖소의 사료에 함유된 타우린 및 합황아미노산 농도의 차이를 들 수 있겠다. 서구의 경우 건초, 청예 등 단백질함량이 낮은 식물성 사료에 의한 사양이 일반적이지만, 조사료의 수급사정이 원활하지 못한 국내에서는 식물성단백질외에 합황아미노산 등을 보강한 단백질함량이 높은 농후사료의 급여량이 많기 때문으로 생각된다. 포유류의 타우린 또는 합황아미노산 섭취량이 유즙의 타우린함량에 반영될 수 있다는 가능성은 채식자(vegetarian) 수유부의 모유내 타우린농도가 비채식자(omnivore) 수유부의 모유

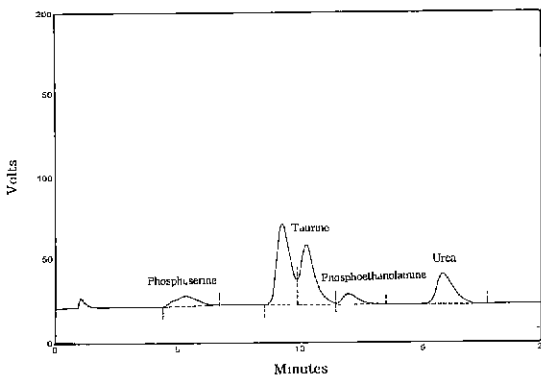


Fig. 2. Chromatogram of a cow's milk sample by the amino acid analyzer.

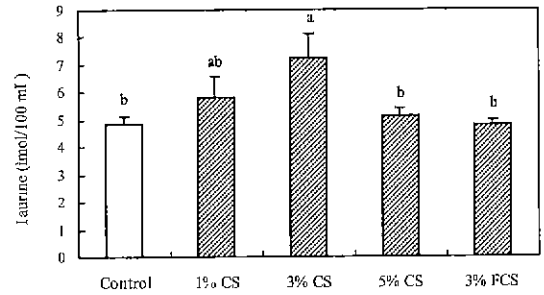


Fig. 3. Concentration of taurine in raw milk from dairy cows fed crab shell supplemented feeds. Values are means \pm SEM of 5 cows. Different alpha-bets above the bar indicate significant difference by the Duncan's multiple range test at $p < 0.01$.
 1%CS : 1% crab shell meal.
 3%CS : 3% crab shell meal.
 5%CS : 5% crab shell meal
 3%FCS : 3% formaldehyde treated crab shell meal.

내 타우린농도보다 유의적으로 더 낮다는 보고(19,20)에서도 밝혀진 바 있다. 같은 맥락에서 본 연구실에서는 농후사료의 섭취량이 높은 겨울철 원유의 경우 더운 날씨와 스트레스로 인해 사료섭취량이 떨어지는 여름철 원유에 비해 약 10~15%정도 더 많은 타우린이 함유되어 있음을 거듭 관찰한 바 있다(미발표자료).

단백질합성에 이용되지 않은 체 생체내에서 유리아미노산으로 존재하는 타우린은 동물의 거의 모든 조직에서 밀리몰 범위의 고농도로 존재하는 반면, 식물성 조직의 경우 일부 해조류(21,22)를 제외하고는 거의 발견되지 않는다(23). 반추동물은 단위동물에 비해 조직, 혈액, 뇨 및 유즙의 타우린 및 시스테인함량이 매우 낮는데, 이는 초식동물이 섭취하는 사료에 타우린이 결핍되어 있다는 사실로 미루어 볼 때 지극히 당연한 결과로 사려된다.

계집질분말의 급여가 우유의 타우린농도에 미치는 영향을 one-way ANOVA test에 의해 평가한 결과 $p < 0.01$ 수준에서 유의성이 관찰되었다(Fig. 3). 1% 계집질분말 사료를 섭취한 젖소에서 착유된 원유의 타우린농도는 $5.84 \pm 0.73 \mu\text{mole}/100 \text{ mL}$ 로 대조구에 비해 약 20%정도 더 높았으며, 3%의 계집질분말사료를 급여한 군의 원유에는 $7.21 \pm 0.77 \mu\text{mole}/100 \text{ mL}$ 의 타우린이 함유되어 대조구에 비해 49%정도 유의적으로 증가하였다($p < 0.01$). 한편 5%의 계집질분말 급여시 원유의 타우린농도는 $5.14 \pm 0.26 \mu\text{mole}/100 \text{ mL}$ 로 3% 계집질분말군에 비해 다시 유의적으로 감소하였고, 사료에 formaldehyde로 처리된 계집질 3%를 첨기한 경우 원유의 타우린농도가 $4.79 \pm 0.19 \mu\text{mole}/100 \text{ mL}$ 로 나타나 3% 계집질분말군에 비해 유의적으로 낮았다($p < 0.01$). 한편, Harris와 Lee(5)의 연구에서는 반추위내에서 아미노산이 분해되는 것을 막기 위해 rumen protected methionine을 젖소에게 공급해 준 결과 원유의 타우린농도가 $3.58 \mu\text{mol}/100 \text{ mL}$ 로

대조구(1.98 $\mu\text{mol}/100\text{ mL}$)에 비해 약 2배정도 유의하게 증가하였음을 관찰하였다. 본 연구에 이용된 개체는 매일 15 kg의 사료를 공급받았고, 따라서 1%CS, 3%CS 및 5%CS군의 젖소가 섭취한 타우린함량은 적어도 444, 1332 및 2220 $\mu\text{mole}/\text{day}$ 에 해당된다. 이와 같이 다량의 타우린이 급여되었음에도 불구하고 원유의 타우린농도 증가폭이 선행연구(5)에 비해 적게 나타난 것에 관하여는 다음과 같은 두 가지 가능성을 생각해 볼 수 있겠다. 첫째로 본 연구의 대조구에서 채취된 원유의 타우린농도가 4.84 $\mu\text{mol}/100\text{ mL}$ 로 이미 외국의 수치에 비해 월등히 높은 상태에서 계절질급여를 시작하였기 때문에 원유의 타우린농도 증가폭이 비교적 더 낮게 나타난 것으로 사료된다.

두번째는 타우린이 반추미생물에 의해 암포니아와 sulfate로 분해되었을 가능성을 들 수 있겠다. 포유류의 경우 타우린은 합황아미노산 대사의 최종산물로서 더 이상 분해가 되지 않은 것으로 알려져 있고, 따라서 인체에 의해 섭취된 타우린의 95%정도가 소변으로 배설되어진다(24). 아울러 흡수되지 않은 체 대장으로 운반된 타우린은 박테리아에 의해 sulfate과 암포니아로 분해됨이 인체(25)와 쥐(26)에서 보고된 바 있다. 반추동물의 위에서 미생물에 의한 타우린의 분해가 어느 정도까지 진행되는가에 관하여는 현재까지 전혀 알려지지 않았으나, 장내 미생물의 작용이 활발한 반추동물에 있어서 섭취된 타우린의 상당량이 흡수되기 전에 분해되었을 가능성이 있을 것으로 생각된다. 반추위내에서 미생물은 강력한 protease와 deaminase 활성을 나타내 단백질과 아미노산을 분해시키고, 이를 억제하기 위하여 본 논문에서는 formaldehyde로 처리된 계절질분말을 급여하였으나, 결과적으로 타우린을 보호하는 효과를 나타내지는 못하였다. Formaldehyde처리는 아미노기와 아미이드기 간에 가역적인 cross linkage를 형성함으로써 단백질의 용해도를 감소시키고, 4위(abomasum)의 산성 pH에서 linkage가 파괴되어 host에 이용되는 원리를 이용한 것이라는 점을 감안한다면 유리상태로 존재하는 타우린의 경우 formaldehyde에 의한 용해도 저하 효과가 매우 미미할 것으로 생각되며, 따라서 반추위에서 타우린을 보호하기 위하여는 다른 방법을 시도해야 할 것으로 생각된다.

본 논문은 자연적으로 타우린이 강화된 우유를 개발하는데 있어서 계절질의 급여가 유효한 효과를 나타냄을 밝히는 최초의 보고이며, 본 연구의 결과는 앞으로 기타 축산제품의 타우린 함량을 증가시키는데 폭넓게 응용될 수 있을 것이다.

요 약

본 논문에서는 계절질분말 급여에 의한 천연 타우린

강화우유의 생산 가능성을 평가하고자 25두의 젖소를 5군으로 나누고, 각기 대조사료, 1%(1%CS), 3%(3%CS) 및 5% 계절질분말사료(5%CS), 그리고 formaldehyde로 처리된 3% 계절질분말사료(3%FCS)를 30일간 급여하였다. 계절질분말 단백질의 아미노산조성은 phenylalanine이 가장 높았고, glutamate, aspartate, glycine, serine, histidine, arginine의 순으로 나타났으며, 다른 동물 조직의 단백질과는 달리 branched-chain 아미노산의 함량이 비교적 낮았다. 계절질에 함유된 유리아미노산 중 타우린은 가장 고농도로 존재하였으며, 특히 집게다리질에 509 $\mu\text{mol}/100\text{ g}$ 이 함유되어 등뚜껑(319 $\mu\text{mol}/100\text{ g}$) 및 계절질분말(296 $\mu\text{mol}/100\text{ g}$)에 비해 월등히 그 함량이 높았다. 계절질분말의 급여가 우유의 타우린농도에 미치는 영향을 평가한 결과 $p < 0.01$ 수준에서 유의성이 관찰되었다. 1%CS군의 원유에는 $5.84 \pm 0.73\ \mu\text{mole}/100\text{ mL}$ 의 타우린이 함유되어 대조구($4.84 \pm 0.29\ \mu\text{mole}/100\text{ mL}$)에 비해 20%정도 더 높았으며, 3%CS군의 원유에는 $7.21 \pm 0.77\ \mu\text{mole}/100\text{ mL}$ 의 타우린이 함유되어 대조구에 비해 49%정도 유의적으로 증가하였다($p < 0.01$). 한편, 3%FCS군의 경우 원유의 타우린농도가 3%CS군에 비해 유의적으로 감소하였고, 따라서 계절질의 formaldehyde 처리는 반추위내에서 타우린을 보호하는데 효과적이지 못한 것으로 나타났다. 본 논문은 계절질 급여에 의해 우유의 타우린농도가 증가하였음을 밝히는 최초의 보고이며, 본 연구의 결과는 앞으로 기타 축산제품의 타우린 함량을 증가시키는데 폭넓게 응용되어질 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구비지원으로 수행되었으며, 많은 도움을 주신 목우촌우유 제3공장, 예주영농조합, 영덕군청 관계자 여러분께 감사의 뜻을 전합니다.

문 헌

- Jacobsen, J.G. and Smith, L.H. Jr. : Biochemistry and physiology of taurine and taurine derivatives. *Physiol. Rev.*, **48**, 424-511 (1968)
- Rassin, D.K., Sturman, J.A. and Gaull, G.E. : Taurine and other free amino acids in milk of man and other mammals. *Early Hum. Dev.*, **2**, 1-13 (1978)
- Park, T., Chung, E.J., Um, Y.S., Moon, S.J. and Lee, Y.C. : Taurine concentrations are closely associated with fatty acids concentrations in breast milk from Koreans. *Kor. J. Nutr.*, **31**, 88-95 (1998)
- Kim, E.S., Kim, J.S. and Moon, H.K. : Taurine contents in commercial milks, meats and seafoods. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.*, **28**, 16-21 (1999)
- Harris, P.M. and Lee, J. : Natural enhancement of nutritionally significant amino acids in milk. *Bull. Int.*

- Dairy Fed.*, **336**, 51-55 (1999)
6. Vinton, N.E., Laidlaw, S.A., Ament, M.E. and Kopple, J.D. : Taurine concentrations in plasma, blood cells, and urine of children undergoing long-term total parenteral nutrition *Pediatr. Res.*, **21**, 399-403 (1987)
 7. Rigo, J. and Senterre, J. : Is taurine essential for the neonates? *Biol. Neonates*, **32**, 73-76 (1997)
 8. Rassin, K., Gaul, G.E., Jarvenpaa, A.L. and Raiha, N.C.R. : Feeding the low-birth-weight infant. II. Effect of taurine and cholesterol supplementation on amino acids and cholesterol *Pediatrics*, **71**, 179-186 (1983)
 9. Zeilko, I., Chesney, R.W., Friedman, A.L. and Alfors, C.E. : Taurine depletion in very low birth weight infants receiving prolonged total parenteral nutrition : role of renal immaturity. *J. Pediatr.*, **116**, 301-306 (1990)
 10. Picone, T.A. : Taurine uptake : metabolism and function. *Nutr. Today*, **July/Aug**, 16-20 (1987)
 11. 한국수산회 : 수산연감, p.99 (1992)
 12. No, H.K. and Lee, M.Y. : Isolation of chitin from crab shell waste. *J. Kor. Soc. Food Nutr.*, **24**, 105-113 (1995)
 13. Kim, S.B. and Park, T.K. : Isolation and characterization of chitin from crab shell. *Kor. J. Biotechnol. Bioeng.*, **9**, 174-179 (1994)
 14. Chalupa, W. : Rumen bypass and protection of proteins and amino acids. *J. Dairy. Sci.*, **58**, 1198-1218 (1974)
 15. AOAC : *Official Methods of Analysis*. 16th ed.. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., p.2-30 (1995)
 16. Moore, S. and Stein, W.H. : Chromatographic determination of amino acids by the use of automatic recording equipment. In *Methods in Enzymology* Colowick, S.P. and Kaplan, N.O. (eds.), Academic Press, New York, Vol. 6, p.819-831 (1963)
 17. 농촌진흥청 농촌생활연구소 : 식품성분표. 제 5 개정판 (1996)
 18. 박태선 : 타우린의 생리활성 및 급원식품개발에 관한 연구 1997년도 보건의료기술 연구개발사업 최종보고서 (2000)
 19. Choi, K.S. and Kim, E.S. : Longitudinal changes of the taurine content in the human milk of Korean lacto-ovovegetarian. *Kor. J. Nutr.*, **22**, 36-41 (1989)
 20. Lee, J.S. : A study about taurine contents of Korean human milk *J. Kor. Soc. Food Sci.*, **17**, 73-76 (1988)
 21. Schweigen, R.G. : Low-molecular-weight compounds in *Macrocystis pyrifera*, a marine algae. *Arch. Biochem. Biophys.*, **118**, 383-387 (1967)
 22. Kataoka, H. and Ohnishi, N. : Occurrence of taurine in plants. *Agric. Biol. Chem.*, **50**, 1887-1888 (1986)
 23. Park, T.S., Park, J.E., Chang, J.S., Son, M.W. and Sohn, K.H. : taurine content in Korean foods of plant origin. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.*, **27**, 801-807 (1998)
 24. Sturman, J.A., Hepner, G.W., Hofmann, A.F. and Thomas, P.J. : Metabolism of [³⁵S] taurine in man. *J. Nutr.*, **105**, 1206-1214 (1975)
 25. Hepner, G.W., Sturman, J.A., Hofmann, A.L. and Thomas, P.J. : Metabolism of steroid and amino acid moieties of conjugated bile acids in man III. Cholytaurine (taurocholic acid) *J. Clin. Invest.*, **52**, 433-440 (1973)
 26. Schram, E. and Crokaert, R. : Etude du metabolisme de la taurine chez le rat. Formation de sulfate. *Biochim. Biophys. Acta*, **26**, 300-308 (1957)

(2000년 9월 5일 접수)