

우리나라 일부 우유의 무기질 함량 조성에 관한 연구

이영희 · 정문호[†]

서울대학교 보건대학원 환경보건학과

Composition of Mineral Contents in Korean Cow's Milk

Young Hee Lee · Moon Ho Chung[†]

Department of Environmental Health, Graduate School of Public Health, Seoul National University

(Received January 16, 2004; Accepted March 10, 2004)

ABSTRACT

This study was performed to investigate and assess the composition of mineral and macronutrient contents in Korean cow's milk. 48 individual farm raw milk, 10 plant raw milk and 29 market milk were collected from June to August in 2003. The minerals such as calcium(Ca), potassium(K), magnesium(Mg), sodium(Na), zinc(Zn), iron(Fe) and phosphorus(P) were determined by using atomic absorption spectrometer(AAS). The macronutrients such as fat, protein and lactose were tested by using IR spectrometer. The obtained analytical results of minerals(mg/100 g) and macronutrients(%) are as follows : 1. In case of raw cow's milk ; Ca 113.56, K 144.09, Mg 10.86, Na 42.53, Zn 0.42, Fe 0.030, P 113.32, fat 3.85, protein 3.08, lactose 4.80, 2. In case of market cow's milk ; Ca 103.04, K 142.46, Mg 10.27, Na 43.21, Zn 0.40, Fe 0.034, P 97.30, fat 3.78, protein 3.05, lactose 4.70, 3. In case of fortified market cow's milk ; Ca 165.40, K 145.79, Mg 10.57, Na 42.55, Zn 0.57, Fe 0.414, P 94.68, fat 3.74, protein 3.08, lactose 4.68, 4. In case of processed market cow's milk ; Ca 134.72, K 142.74, Mg 10.33, Na 45.07, Zn 0.50, Fe 0.650, P 92.48, fat 3.72, protein 3.07, lactose 4.74. According to the group of market milk(milk, fortified market cow's milk, processed market cow's milk), the mean concentration of Ca and Fe were significantly higher in fortified and processed milk than milk($p<0.05$). There were no significant differences in macronutrient(fat, protein, lactose) and mineral contents between pasteurized milk and UHT(ultra high temperature) treated milk($\alpha=0.05$). The labeled "Nutritional Facts" of market milk were satisfied with "Labeling Standards for Livestock Products of Korea". The measured mean concentrations of Ca, Fe, Zn were generally higher than lower limit of labeled value(above 80% of labeled value). The mean concentration of sodium was lower than upper limit of labeled value(below 120% of labeled value).

Keywords: raw cow's milk, fortified market cow's milk, processed market cow's milk, mineral, macronutrient, Atomic Absorption Spectrometer(AAS)

I. 서 론

우유는 사람이 요구하는 영양소의 비율에 가장 가까운 조성을 이루고 있으며 또한 소화 이용되기 쉬운 형태로 구성되어 완전식품으로 볼러질 만큼 가장 이상적인 건강영양식품이다. 우유에는 지방, 단백질, 유당 등 대량영양소(macronutrients) 이외에도 건강 증진 효과가 큰 Ca 등의 무기질과 비타민B를 비롯한 각종 비타민

등의 미량영양소(micronutrients) 역시 균형 있게 함유되어 있어 영양섭취와 건강증진 측면에서 다른 어떤 식품보다 중요하다고 할 수 있다.

우유 중 무기질은 약 0.7% 함유되어 있으며, 그 존재형태는 이온상태와 염류로 존재하며 일부는 카제인 등 유단백질과 결합하거나 지방구 껍막에 결합하여 존재한다. 우유 중의 무기질을 그 함량에 따라 대량무기질과 미량무기질로 구분할 수 있는데, 칼륨(K), 칼슘(Ca), 나트륨(Na), 마그네슘(Mg), 인(P), 염소(Cl), 황(S) 등을 대량무기질로, 구리(Cu), 철(Fe), 아연(Zn), 망간(Mn) 등을 미량무기질로 나눌 수 있다. 우유의 무기질은 그 본연의 영양가치 이외에도 구성과 존재형태 및

[†]Corresponding author : Department of Environmental Health, Graduate School of Public Health, Seoul National University
Tel: 82-2-740-8881, Fax: 82-2-3672-1140
E-mail : chungmh@snu.ac.kr

평형상태에 따라서 우유단백질의 안정성에 영향을 미치므로 여러 유제품의 가공과정에서도 염류평형은 매우 중요하다고 할 수 있다.

과거에는 다양한 유가공제품의 원료로 사용되며 우유의 품질에 가장 많은 영향을 미치는 유지방 등 주로 우유의 대량영양소 함량에 치중했었다. 그러나 최근에는 소비수준이 증가하고 건강 및 보건의 관심이 증진됨에 따라 필수미량영양소에 더욱 관심을 갖게 되었고, 우유시장에 있어서도 필수미량영양소의 건강증진 효과에 마케팅 역량을 집중하고 있다. 칼슘, 철분, 비타민D₃ 등을 첨가하여 성분 일부를 강화한 '강화우유' 및 DHA 등을 첨가한 '가공우유' 등이 신제품 시장의 대부분을 차지하는 것도 이와 같은 사회적 요구를 반영하는 결과로 볼 수 있을 것이다. 이들 제품에 강화 또는 첨가되는 성분은 특정질병에 예방효과가 있다거나 건강 위해 요인을 감소시키는 등 그 기능성에 중점을 두고 있으나, 국제적으로는 물론 우리나라에서도 아직까지 기능성을 강조한 식품에 대한 명확한 정의 및 효과적 관리가 이루어지지 않고 있는 실정으로 소비자는 해당 제품에 대한 영양함량 및 건강상 이로움 점에 대한 정보를 생산자가 제품상에 표기한 표시사항 및 광고에 전적으로 의존하게 된다.

현재 우리 나라의 경우, 시유는 "축산물의 가공기준 및 성분규격"¹⁾에 따라, 원유를 살균 또는 멸균 처리한 '우유', 우유에 비타민 또는 무기질을 강화한 '강화우유', 원유 또는 유가공품을 원료로 이에 다른 식품 또는 식품첨가물을 첨가한 '가공우유' 등의 유형으로 시판되고 있으며, 강화 또는 첨가되는 성분에 대한 기준 및 규격은 따로 정하고 있지 않다. 다만, 제품상의 표시는 "축산물의 표시기준"²⁾을 준수토록 하고 있으며, 강화우유의 경우 영양강조표시를 하는 때에는 해당 영양소의 명칭, 함량 및 영양소 기준치에 대한 비율(%)을 표시토록 하고, 영양소 표시량과 실제측정값의 허용오차의 범위는 성분에 따라 상하한을 정하고 있다.

본 연구에서는 우리나라에서 생산되는 원유와 백색시유(우유, 강화우유, 가공우유)의 대량영양소(일반성분) 및 무기질의 함량을 조사하여 기초자료를 확보하고 기존의 국내외 연구결과와 비교하고자 하였다. 아울러 백색시유의 유형별(우유, 강화우유, 가공우유), 열처리방법별(파스퇴라이제이션, 초고온순간처리)로 무기질의 함량을 비교 분석하여 유형 또는 열처리조건이 무기질의 함량에 영향을 미치는지를 조사하였다. 동시에 본 연구의 개별 무기질의 분석치와 제품상 영양소함량 기재내용과의 상관성을 분석하여 정확한 영양정보를 제공하고 있는지 조사하였고 분석결과를 축산물의 표시기준

및 영양소기준치와 비교하였다.

II. 연구방법

1. 대상

본 연구에 사용한 원유와 시유는 2003년도 6월에서 8월에 걸쳐 수집하였으며 원유는 경기도 안성, 이천, 여주, 평택 등 5개 시군 및 충남 천안소재 개별 목장원유와 경기도 소재 3개 유가공업체 탱크로리의 집합유를 채취하여 시료로 사용하였다. 시유는 경기도 및 충남 소재 유가공장에서 생산된 시유를 대상으로 서울과 경기 일원 백화점, 대형할인점, 슈퍼마켓 등에서 구매하여 시료로 사용하였다. 시유 시료는 총 10개 업체에서 생산된 시유 29종으로, 이중 성분조정을 하지 않은 일반우유가 17종, 강화우유가 7종, 가공우유가 5종이었다.

우유의 일반성분 분석을 위한 시료는 4°C에 냉장보관하며 채취 당일 분석하였으며, 무기질 분석을 위한 시료는 polypropylene tube에 채취하여 -18°C에서 분석시까지 냉동 보관하였다.

분석의 정확도 및 정밀도를 확인하기 위하여 표준물질로 NIST(National Institute of Standards and Technology, USA)에서 생산한 SRM 8435(whole milk powder)를 사용하였다.

2. 방법

우유의 지방, 단백질, 유당 등의 일반성분 분석은 "축산물의 가공기준 및 성분규격"¹⁾과 "IDF standard 141C:2000"³⁾을 참고로 하였다. 또한, 무기질 분석을 위한 시료전처리와 그 분석은 "축산물의 가공기준 및 성분규격"²⁾과 "AOAC official method"^{4,5)}를 참고로 하여 수행하였다.

1) 분석장비

우유의 일반성분 분석을 위하여 근적외선 분광광도계(Lactoscope, Delta Instrument, Netherlands)를 이용하였다. 이는 적외선 투과로 인한 분자의 진동운동에 기인하는 특정분자의 파장대를 측정하여 우유 중 지방, 단백질, 유당 등의 유기물질을 정량하는 장비이다.

무기질분석을 위한 시료전처리는 초고압초음파 분해장치(Q lab 6000, Questron Corp., USA)와 압력 및 온도 제어를 위한 소프트웨어(Q-wave 2.5 microwave controller, Questron Corp., USA)를 사용하였다.

전처리 후 각 무기질의 분석은 원자흡광광도계(atomic absorption spectrometer, AAanalyt 800, PerkinElmer Inc., USA)를 사용하였고, 그 제어를 위하여 연계 소프트웨어(AAwinlab, PerkinElmer Inc., USA)를 활용하였

다. Graphite furnace AA(GFAA) 분석시에는 분석의 정밀도를 높이기 위해 autosampler(AS800, PerkinElmer Inc., USA)를 장착하였다.

2) 초자

실험에 사용한 초자기구는 다른 유기물에 의한 오염을 피하기 위하여 사용전 5% Decon 용액(Decon Laboratories Limited, England)에 30분간 초음파처리 후 초순수로 세척하였다. 그 후 다시 1% 질산(Dongwoo Fine-Chem Co. LTD, Korea)에 하루밤 동안 침지하고 사용하기 전 초순수로 5회 이상 수회에 걸쳐 충분히 세척하여 사용하였다.

3) 시약

분석과정에 사용된 모든 물은 Purislab ultrapure water system(Mirae Sci. Corp., Korea)으로 생산한 초순수를 사용하였다.

무기질 분석을 위한 시료의 분해는 65% 질산(Merck, Germany)을 이용하였다. 각 무기원소별 calibration curve 작성을 위해 Ca, K, Mg, Na, Zn, Fe, P의 표준용액(각 1,000 mg/l in 2%HNO₃, PerkinElmer, USA)을 사용하였으며, 무염방식(Graphite Furnace AAS, GFAA)으로 분석시 시료 매질의 화학적 간섭을 최소화하기 위해 원소의 특성에 따라 장비제조사에서 권장하는 방법으로 matrix modifier(10,000 mg/l Mg(NO₃)₂, 10,000 mg/l Pd(NO₃)₂ in 15%HNO₃, PerkinElmer, USA)를 사용하였다.

4) 시료전처리

유성분 분석을 위한 시료는 유리재질의 샘플용기에 옮겨 42°C water bath에서 5분간 가온한 후, 샘플용기를 위아래로 10회 이상 교반하여 균질화한 후에 근적외선 분광광도계에 주입하였다.

무기질 분석을 위하여 액상의 우유시료와 분말상의 표준물질 SRM8435에 대하여 Table 1의 조건에서 초

고압초음파법으로 전처리하였으며, 분해용 용기는 테플론 재질을 사용하였다. 분해가 완료된 후 분해용기를 완전히 냉각시키고 충분히 흔들어 분해액을 균질화한 후 검액으로 하였다.

5) 성분분석

(1) 대량영양소(일반성분)

우유 중 대량영양소(일반성분)의 분석은 근적외선 분광광도계(Lactoscope, Delta Instrument, Netherlands)로 유지방은 573 nm, 유단백은 646 nm, 유당은 953 nm에서 흡광도를 측정하여 시료중의 각 성분에 대한 농도를 산정하였다. 환경 온도의 변화로 인한 영향을 최소화하기 위해 분석기간 동안 장비를 항상 켜놓았으며, 장비의 교정 및 점검은 제조사가 권장하는 방법 및 "IDF standard 141C:2000"³⁾을 따랐다.

(2) 무기질

우유 중 무기질의 분석은 질산을 이용하여 초고압초음파법으로 전처리하여 얻어진 맑은 용액을 분석에 사용한 원자흡광광도계의 원소별 검출한계(LOD, Limit of detection) 및 직선성범위(linear range)를 고려하여 적정농도로 희석하여 실시하였다. 각 무기질의 표준곡선은 Table 2의 농도범위로 작성하였다.

특히 Fe의 경우 시료중의 예상 농도를 고려하여 원유 및 Fe가 강화되지 않은 시유 시료에 대한 표준곡선과 Fe가 강화된 시유 시료에 대한 표준곡선을 각각 따로 작성하였다. 분석방법은 Ca, K, Mg, Na, Zn의 경우에는 화염방식(flame method), Fe와 P은 무염방식(Graphite Furnace AAS, GFAA)을 이용하였다. 무염방식에 의한 분석시에는 시료 매질의 화학적 간섭을 최소화하기 위해 원소의 특성에 따라 장비제조사에서 권장하는 방법으로 matrix modifier(10,000 mg/l Mg(NO₃)₂, 10,000 mg/l Pd(NO₃)₂ in 15%HNO₃, PerkinElmer,

Table 1. Microwave digestion conditions for mineralization

HNO ₃ digestion conditions		
	Powder samples	Liquid samples
Sample	1.0 g	5 ml
HNO ₃	5 ml	5 ml
Power	750 watts	750 watts
Temp	Step 1: 110°C (ramp 5 min, dwell 5 min)	Step 1: 110°C (ramp 5 min, dwell 5 min)
	Step 2: 140°C (ramp 5 min, dwell 10 min)	Step 2: 140°C (ramp 5 min, dwell 10 min)
	Step 3: 160°C (ramp 10 min, dwell 30 min)	Step 3: 160°C (ramp 10 min, dwell 30 min)

Table 2. Range of standard concentration solutions for Ca, K, Mg, Na, Zn, Fe and P and their correlation coefficient

Element	Concentration			Unit	Correlation coefficient
	std 1	std 2	std 3		
Ca	0.5	1.0	2.0	ppm	0.99999
K	0.5	1.0	2.0	ppm	0.99992
Mg	0.05	0.1	0.2	ppm	0.99754
Na	0.25	0.5	1.0	ppm	0.99857
Zn	0.25	0.5	1.0	ppm	0.99945
Fe(Raw & Fe unfortified milk)	2.5	5	10	ppb	0.99989
Fe(Fe fortified milk)	25	50	100	ppb	0.99502
P	5	10	20	ppm	1.00000

Table 3. Instrumental conditions for the determination of the studied minerals by atomic absorption spectrometer (AAS)

Element	Wave length (nm)	Slit width (nm)	Method	Gas	Matrix modifier
Ca	422.7	0.7	flame	air-acetylene	-
K	766.5	0.7	flame	air-acetylene	-
Mg	285.2	0.7	flame	air-acetylene	-
Na	589.0	0.2	flame	air-acetylene	-
Zn	213.9	0.7	flame	air-acetylene	-
Fe	248.3	0.2	GFAA	argon	0.015 mg Mg(NO ₃) ₂
P	213.6	0.7	GFAA	argon	0.020 mg Pd + 0.005 mg Mg(NO ₃) ₂

--: Not Applicable.

USA)를 제조하여 사용하였으며, 그 농도 및 분석장비의 조건은 Table 3과 같다. 분석과정에서 생길 수 있는 매트릭스의 간섭이나 방해물질들의 영향을 최소화하고 원하는 성분의 정확한 농도를 측정할 수 있도록 하기 위해 지면방식(Zeeman Background Correction)으로 바탕선을 보정하였다.

6) 통계분석

결과분석은 SAS(Statistical analysis system, version 8.1, SAS Institute, USA) 및 EXCEL 2000(Microsoft, USA)을 사용하여 기초통계량, t-test, 상관분석, 분산분석 등을 실시하였다. 대량영양소(일반성분) 및 무기질의 분석결과에 대한 기초통계량을 산출하였으며, 무기질 및 대량영양소 즉 일반성분과의 상관성을 파악하기 위해 상관분석을 실시하여 상관계수와 p-value를 산출하였다. 아울러 시유의 제품상 표기된 무기질 영양함량과 본 연구에서의 분석치와 상관성을 분석하였다. 시유의 제품 유형별(우유, 강화우유, 가공우유)로 일원분산분석(one-way ANOVA)을 통해 p-value를 산출하여 시유의 유형에 따른 무기질의 함량 차이에 대한 통계적 유의성을 검정하였고 이를 다시 다중비교(Duncan's multi-range test)하여 유형 집단별 유의성을 검정하여, 일반성분 및 무기질의 함량차이를 비교하였다. 시유의 열처리 조건이 대량영양소(일반성분) 및 무기질의 함량에 영향을 미치는지 알아보기 위하여 파스퇴라이제이션(저온장시간살균, 고온단시간살균) 우유와 초고온순간처리 우유간의 t-test를 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

우유에는 무기질이 약 0.7% 함유되어 있으며, 이들은

염류를 구성하거나 일부는 카제인 등의 유단백질과 결합 또는 지방질 피막에 흡착하여 존재한다. 우유의 무기질함량에 영향을 미치는 요인 중에는 비유기에 따른 변화가 가장 크다고 알려져 있으며, 초유와 비유 말기 유에 Ca, P, Mg, Na 등의 함량이 높아지며 우유에 존재하는 Fe, Cu, Mn 등 미량무기질은 급여하는 사료 및 연령에 따라 그 함량에 차이가 있을 수 있다.⁶⁾ 또한 Coni 등⁷⁾은 우유와 유제품 중의 미량무기질 함량에 계절, 사육 환경 조건, 제품의 제조공정 등이 영향을 미친다고 하였다.

각 무기질의 주요 함유원과 그 기능 및 부작용을 살펴보면 다음과 같다. 칼슘(Ca)은 우유 및 유제품, 육류, 생선류, 계란, 곡류, 콩, 과일, 채소 등이 주공급원이며 그 기능은 뼈와 치아의 형성, 혈액응고, 신경근육계 자극, 근육수축, 심근전도에 관여하며 결핍시 저칼슘혈증, 강직성 경련, 신경근계 과다흥분 등을 유발할 수 있다. 과잉섭취에 따른 독성은 고칼슘혈증, 소화기계 무력증, 신장 기능 부전, 정신이상 등이 나타날 수 있다.⁸⁾ 칼륨(K)은 식품 중에 다양하게 분포하며 우유 및 탈지우유, 바나나, 자두, 건포도, 육류 등이 주공급원이다. 그 기능은 근육운동, 신경전달, 세포내 산염기 평형과 수분보유에 관여하며 결핍시 저칼륨혈증, 마비, 심장 장애를 유발할 수 있고 과잉섭취에 따른 독성으로 고칼륨혈증, 마비, 심장 장애 등이 있다.⁸⁾ 나트륨(Na)은 식품 중에 다양하게 분포하며 쇠고기, 돼지고기, 정어리, 치즈, 녹색올리브, 옥수수빵, 감자칩 등이 주공급원이다. 그 기능은 산염기평형, 삼투압조절, 혈액 pH 조절, 근육수축, 신경전달, 나트륨펌프에 관여하며 결핍시 저나트륨혈증, 정신혼란, 코마 등을 유발할 수 있고 과잉섭취에 따른 독성은 고나트륨혈증, 정신혼란, 코마 등이 보고되고 있다.⁸⁾ 마그네슘(Mg)은 녹색잎채소, 견과류, 곡류, 해산물이 주공급원이며 그 기능은 뼈와 치아 형성, 신경전달, 근육수축, 효소활성에 관여한다. 결핍시 저마그네슘혈증을 유발할 수 있으며 과잉섭취에 따른 독성으로 고마그네슘혈증, 저혈압, 호흡기부전, 심장 장애 등이 나타날 수 있다.⁸⁾ 아연(Zn)은 육류, 간, 계란, 굴, 땅콩, 곡류가 주공급원이며,⁸⁾ 일반적으로 단백질함량이 높은 동물성식품(육류, 생선, 계란)과 식물성식품(견과과일, 시리얼)에서 Zn 함량이 유의하게 높았다는(p<0.01) 보고⁹⁾가 있으며, 그 기능은 각종 효소의 구성성분으로 특히 산화과정으로부터 방어 역할을 하는 superoxide dismutase를 활성화시킨다.⁹⁾ 그밖에도 상처치유, 성장과정 등에 관여하며 결핍시 성장지연을 유발하기도 하며 아연결핍에 따라 이차적으로 경변증, 피부염 등이 나타날 수 있다.⁸⁾ 철(Fe)은 식품중에 다양

하게 분포하며, 주공급원은 콩, 쇠고기, 간, 대합, 복숭아 등이다. 특히 유가공품은 다른 식품에 비해 상대적으로 철이 적게 함유되어 있다. 육류 중의 헴철(heme iron)은 흡수율이 10~30%로 높은 편이나 야채중의 비헴철(nonheme iron)은 흡수율이 좋지 않아 1~10% 정도로 낮다. 그 기능은 헤모글로빈과 마이오글로빈을 형성하고 사이토크롬 효소, 철 황 단백질의 구성요소이다. 결핍증으로 빈혈, 대뇌장애로 인한 부전실어증, 장질환, 작업능력저하, 학습능력저하 등이 있으며, 과잉섭취에 따른 독성으로는 혈색소침착증, 경변증, 당뇨병, 피부착색 등이 나타날 수 있다.⁸⁾ 인(P)은 우유, 치즈, 육류, 가금육, 생선, 곡류, 견과류가 주공급원이다. 결핍시 저인혈증, 자극반응성 증대, 허약, 혈구세포 이상, 소화기

계와 신장 기능부전 등이 나타날 수 있으며, 과잉섭취에 따른 독성으로는 신장 기능부전에 따른 고인혈증이 있다.⁸⁾

1. 분석의 정도관리

표준물질 SRM 8435(whole milk powder, NIST, USA)의 무기질 분석결과는 Table 4와 같으며, 그 결과는 대체적으로 NIST의 certified value와 일치하였다.

2. 원유 및 시유 분석 결과

1) 원유의 무기질 및 대량영양소(일반성분)

경기 및 충청지역 6개 시군의 목장원유의 무기질 함량을 분석한 결과는 Table 5와 같으며, Ca 114 mg/100 g, K 144 mg/100 g, Na 43 mg/100 g, Mg 11 mg/100 g, Zn 0.42 mg/100 g, P 113 mg/100 g, Fe 0.030 mg/100 g이었다. 분산분석 결과 Ca을 제외한 무기질 함량에서는 지역에 따른 유의한 차이를 나타내지 않았다($\alpha=0.05$). 다만, Ca의 함량은 지역에 따른 유의한 차이가 있었으며($p<0.01$), Duncan's multi-range test를 통한 사후다중비교 결과 화성지역은 높은 그룹으로 여주와 평택지역은 낮은 그룹으로 나누어졌으나, 그 차이는 8 mg/100 g(108~116 mg/100 g) 정도로 크지 않았다.

이와 같은 결과는 정근희 등¹⁰⁾이 계절별로 서울근교 지역의 원유와 시유를 채취하여 원자흡광광도법으로 분석한 결과와 유사한 것으로, 우유내 Ca 함량은 원유와 시유에서 모두 0.1%에 가까운 값을 나타내었으며 지역

Table 4. Analytical results of standard reference material (SRM 8435, Whole milk powder, NIST, USA)*

Element	Unit	Certified value	Found value		
			Mean \pm sd	Recovery (%)	CV (%)
Ca	%	0.922 \pm 0.049	0.914 \pm 0.74	99.13	0.81
K	%	1.363 \pm 0.047	1.336 \pm 0.66	98.00	0.50
Mg	mg/kg	814 \pm 76	787 \pm 0.62	96.63	0.79
Na	%	0.356 \pm 0.040	0.329 \pm 0.63	92.33	1.92
Zn	mg/kg	28.0 \pm 3.1	28.6 \pm 0.01	102.15	2.8
Fe	mg/kg	1.8 \pm 1.1	2.8 \pm 0.02	155.00	7.59
P	%	0.780 \pm 0.049	0.828 \pm 6.56	106.23	7.91

*Results are the mean of 10 independent sample preparations.

Table 5. Mean concentration values and range of minerals in individual farm milk samples

Division		Contents of minerals(mg/100 g)						
		Ca	K	Na	Mg	Zn	P	Fe
Gyeonggi	Anseong (n=3)	114.23 \pm 3.78 (111.90~118.60)	138.90 \pm 3.49 (134.90~141.30)	45.24 \pm 4.88 (40.44~50.20)	11.25 \pm 1.08 (10.00~11.93)	0.42 \pm 0.04 (0.39~0.47)	106.81 \pm 8.78 (96.84~113.40)	0.030 \pm 0.002 (0.027~0.031)
	Yeoju (n=3)	108.10 \pm 0.26 (107.90~108.40)	144.80 \pm 2.16 (143.00~147.20)	38.82 \pm 0.14 (38.68~38.96)	11.20 \pm 0.82 (10.62~12.14)	0.41 \pm 0.01 (0.41~0.42)	107.57 \pm 16.05 (98.08~126.10)	0.025 \pm 0.001 (0.024~0.027)
	Icheon (n=9)	112.26 \pm 3.82 (107.90~120.50)	144.68 \pm 5.24 (136.70~154.10)	41.96 \pm 3.43 (39.14~50.50)	10.82 \pm 0.69 (9.43~11.71)	0.43 \pm 0.04 (0.37~0.48)	116.73 \pm 17.42 (99.18~147.65)	0.033 \pm 0.007 (0.024~0.047)
	Pyeongtaek (n=3)	107.87 \pm 2.50 (105.30~110.30)	140.83 \pm 4.46 (136.20~145.10)	41.59 \pm 2.17 (39.85~44.02)	11.21 \pm 0.67 (10.46~11.74)	0.40 \pm 0.02 (0.38~0.42)	103.65 \pm 1.87 (102.05~105.70)	0.034 \pm 0.001 (0.023~0.043)
	Hwaseong (n=27)	115.59 \pm 4.89 (105.50~123.20)	144.86 \pm 7.63 (131.90~164.60)	42.86 \pm 3.64 (37.84~54.82)	10.75 \pm 0.86 (9.19~12.41)	0.41 \pm 0.03 (0.36~0.47)	113.46 \pm 14.16 (82.73~149.70)	0.030 \pm 0.006 (0.022~0.054)
Chungnam	Cheonan (n=3)	109.70 \pm 1.18 (108.70~111.00)	143.13 \pm 4.86 (138.50~148.20)	43.17 \pm 2.24 (40.60~44.67)	10.90 \pm 0.87 (10.19~11.87)	0.42 \pm 0.06 (0.38~0.49)	123.78 \pm 6.78 (116.85~130.40)	0.031 \pm 0.006 (0.027~0.038)
	Total (n=48)	113.56 \pm 4.93 (105.30~123.20)	144.09 \pm 6.51 (131.90~164.60)	42.53 \pm 3.51 (37.84~54.82)	10.86 \pm 0.81 (9.19~12.41)	0.42 \pm 0.03 (0.36~0.49)	113.32 \pm 14.10 (82.73~149.7)	0.030 \pm 0.006 (0.022~0.054)

mean \pm standard deviation(min~max).

및 계절에 따라서도 거의 일정하였고, Mg 함량은 원유와 시유 모두 0.01%에 가까운 값을 나타냈으며, Zn의 경우 2~5 ppm으로 지역별, 계절별, 제품별로 큰 차이가 없는 것으로 보고한 것과 일치하였다. 또한, 김광수¹¹⁾는 원유의 성분에 관한 연구에서 유업체의 집합유를 원자흡광도법으로 분석한 결과, 6월~8월에 채취한 원유의 무기질 조성이 Ca 0.13%, P 0.11%, K 0.36%, Na 0.08%, Mg 0.01%, Fe 2.76 mg/kg, Zn 3.99 mg/kg라고 보고하였는데, 이와 비교해 볼 때 K, Na 및 Fe의 함량은 더 낮게 나타났다. 그밖에도 김광수 등¹²⁾은 액상 유제품의 조성분 및 무기물 함량에 관한 조사연구에서 원유 중 함량은 Ca 0.10%, P 0.07%, K 0.22%, Na 0.06%, Mg 0.01%, Fe 0.28 mg/100 g, Zn 0.35 mg/100 g으로, 시유 중 함량은 Ca 0.10%, P 0.07%, K 0.18%, Na 0.06%, Mg 0.01%, Fe 0.20 mg/100 g,

Zn 0.40 mg/100 g으로 원유와 시유의 모든 무기물 함량에 있어 유의차가 없다고 보고한 바 있다. 또한 박필상 등¹³⁾은 경기도 일원의 원유에 대한 지역별, 계절별 무기질 함량변화에 관한 연구에서 Ca, P, Mg, K, Na 등의 대량무기질 및 Zn, Fe, Cu 등의 미량무기질에서 계절별, 지역별로 큰 차이를 나타내지 않은 것으로 보고하였다. Anderson¹⁴⁾은 우유중의 평균 Zn 함량은 3.5 ppm으로, alkaline phosphatase, carbonic anhydrase, lactic dehydrogenase 등 100여종 이상의 효소를 활성화시키고 면역과정, 콜라겐 합성, 성적발달(sexual development), 호르몬대사에 관여하므로 우유중의 Zn은 특히 성장속도가 빠른 신생아의 내분비계와 영양적 측면에서 중요하다고 하였다.

아울러, 대량영양소인 일반성분의 평균 함량은 지방 3.85%, 단백질 3.08%, 유당 4.80%로 Table 6과 같으며 각 함량에 있어서 지역별로 유의한 차이는 관찰되지 않았다($\alpha=0.05$). 본 연구 결과를 홀스타인종 우유의 대량영양소 연간 평균 함량인 지방 3.32~3.72%, 단백질 3.20~3.44%, 유당 4.30~4.60%⁶⁾와 비교해 볼 때, 시료 채취 시기가 지방 및 단백질의 함량이 낮아지는 하절기였음에도 불구하고 지방함량은 높게, 단백질 함량은 낮게 나타났다. 이는 현재 우리나라의 유대 지급 기준이 유고형분 중 지방의 함량만을 산정기준으로 하고 있어 이에 따른 사양의 불균형에 기인한 것으로 생각된다.

2) 시유의 무기질 및 대량영양소(일반성분)

(1) 시유 시료의 특성

시유 시료에 영양 강화 목적으로 첨가된 무기질의 종류와 기타 다른 성분의 첨가 등 각 유형별 특성은 Table 7과 같다.

무기질 강화우유의 경우 모든 시료가 Ca이 강화된 제품이었고, Ca과 Fe을 강화한 제품과 Ca, Fe, Zn을 강화한 제품이 있었다. Ca을 강화한 경우 그 흡수를 돕기 위해 비타민 D₃를 함께 강화한 경우가 대부분이

Table 6. Mean concentration values and range of macronutrients in individual farm milk samples

Division	Fat(%)	Protein(%)	Lactose(%)
Gyeonggi Anseong (n=3)	3.86 ± 0.16 (3.68~3.99)	3.11 ± 0.15 (2.94~3.22)	4.77 ± 0.04 (4.744~.81)
Yeoju (n=3)	3.94 ± 0.12 (3.81~4.03)	3.02 ± 0.06 (2.95~3.07)	4.84 ± 0.05 (4.78~4.88)
Icheon (n=9)	3.91 ± 0.26 (3.33~4.24)	3.12 ± 0.08 (3.04~3.25)	4.82 ± 0.09 (4.66~4.98)
Pyeongtaek (n=3)	3.92 ± 0.02 (3.90~3.94)	2.96 ± 0.09 (2.87~3.04)	4.78 ± 0.10 (4.67~4.87)
Hwaseong (n=27)	3.81 ± 0.19 (3.31~4.14)	3.08 ± 0.12 (2.90~3.37)	4.81 ± 0.08 (4.68~4.95)
Chungnam Cheonan (n=3)	3.91 ± 0.20 (3.72~4.11)	3.14 ± 0.04 (3.12~3.19)	4.75 ± 0.07 (4.67~4.80)
Total (n=48)	3.85 ± 0.19 (3.31~4.24)	3.08 ± 0.11 (2.87~3.37)	4.80 ± 0.08 (4.66~4.98)

mean ± standard deviation(min~max)

Table 7. Fortified minerals and other additional ingredients of market milk samples

Group	No. of brand	No. of sample	Fortified mineral (Labeled nutritional information)	Other additional ingredients
Milk	8	17	-	-
Fortified Milk	6	7	Ca fortified(n=4) Ca & Fe fortified(n=2) Ca, Fe & Zn fortified (n=1)	Vit D ₃ , A, B ₁ , B ₁₂ , E, niacinamide
Processed Milk	4	5	Ca fortified(n=1) Ca & Fe fortified(n=2) Ca, Fe & Zn fortified(n=2)	DHA, Vit D ₃ , A, B ₁ , K ₂ , E, nucleotide, L-carnitin, niacin, taurin, CPP, CGF

Table 8. Mean concentration(mg/100 g) values of minerals in market milk samples

Minerals	Raw cow's milk		Market cow's milk		
	from plant (n=10)		Milk (n=17)	Fortified milk (n=7)	Processed milk (n=5)
Ca	118.63 ± 2.42		103.04 ± 5.41	165.40 ± 50.97	134.72 ± 32.20
K	132.40 ± 2.13		142.46 ± 3.15	145.79 ± 6.02	142.74 ± 3.47
Mg	10.32 ± 0.16		10.27 ± 0.22	10.57 ± 0.48	10.33 ± 0.09
Na	42.22 ± 1.58		43.21 ± 2.15	42.55 ± 1.95	45.07 ± 3.10
Zn	0.40 ± 0.01		0.40 ± 0.01	0.57 ± 0.38	0.50 ± 0.16
Fe	0.034 ± 0.003		0.041 ± 0.011	0.414 ± 0.571	0.650 ± 0.438
P	98.68 ± 21.59		97.30 ± 16.17	94.68 ± 14.13	92.48 ± 7.40

mean ± standard deviation.

Table 9. Mean concentration values(%) of macronutrients in market milk samples

Macro-nutrient	Raw cow's milk from plant (n=10)	Market cow's milk		
		Milk (n=17)	Fortified milk (n=7)	Processed milk (n=5)
Fat	3.86 ± 0.07	3.78 ± 0.17	3.74 ± 0.15	3.72 ± 0.05
Protein	3.08 ± 0.04	3.05 ± 0.04	3.08 ± 0.05	3.07 ± 0.06
Lactose	4.77 ± 0.04	4.70 ± 0.06	4.68 ± 0.12	4.74 ± 0.10

mean ± standard deviation.

있으며, 그밖에 비타민 B군, 비타민 E 등을 강화하였다. 가공우유에서도 모든 시료에서 Ca를 강화하는 등 강화우유에서의 무기질 및 비타민 첨가와 같은 경향을 나타내었으며, 이에 칼슘 흡수를 촉진시키기 위한 CPP(casein phospho peptide), DHA(docosa hexaenoic acid), 뉴클레오타이드 등을 첨가하는 경우도 있었다.

(2) 시유의 유형에 따른 비교

“축산물의 가공기준 및 성분규격”¹⁵⁾상의 시유의 유형(우유, 강화우유, 가공우유)에 따른 무기질 및 대량영양소(일반성분)의 분석결과는 Table 8 및 Table 9와 같다. 무기질의 평균 함량은 일반우유의 경우 Ca 103 mg/100 g, K 142 mg/100 g, Mg 10 mg/100 g, Na 43 mg/100 g, Zn 0.40 mg/100 g, Fe 0.041 mg/100 g, P 97 mg/100 g이였으며, 강화우유의 경우, Ca 165 mg/100 g, K 146 mg/100 g, Mg 11 mg/100 g, Na 43 mg/100 g, Zn 0.57 mg/100 g, Fe 0.414 mg/100 g, P 95 mg/100 g, 가공우유에 있어서는 Ca 135 mg/100 g, K 143 mg/100 g, Mg 10 mg/100 g, Na 45 mg/100 g, Zn 0.50 mg/100 g, Fe 0.650 mg/100 g, P 92 mg/100 g이였다. 특히 Fe의 함량은 강화우유 및 가공우유에서 표준 편차가 크게 나타났는데 그 원인은 Fe의 강화가 Ca 강

화와는 달리 일부의 강화우유 및 가공우유에서 첨가되었기 때문인 것으로 판단된다. 서정숙 등¹⁵⁾은 우유 및 유제품의 무기질 함량에 관한 연구에서 시유의 무기질 함량을 Ca 63.75 mg/100 ml, P 69.23 mg/100 ml, K 86.98 mg/100 ml, Na 37.19 mg/100 ml, Mg 27.71 mg/100 ml로 보고하였으나 본 연구결과에서는 Ca, K, Na의 함량이 높게 나타났다.

유형별 무기질 함량의 분산분석 결과, Ca과 Fe에서 유의한 차이를 나타내었는데($\alpha=0.05$) 그룹간 차이를 확인하기 위해 Duncan's multi-range test를 통한 사후다중비교 결과, Ca의 경우 세가지 유형의 시유 사이에서 유의한 차이가 확인되었다. 이는 강화우유와 가공우유 모두 Ca를 첨가하는 경우가 많으나, 가공우유보다 강화우유의 Ca 첨가량이 많기 때문인 것으로 판단되며, 강화우유의 경우 다른 무기질보다 Ca의 강화에 특히 집중되어 있는 것을 알 수 있다. Fe의 경우에는 강화우유와 가공우유가 같은 그룹으로 일반우유와 구분되었다. 다만 Zn의 경우에는 일부 강화우유 및 가공우유에 첨가되어 일반우유에서보다 높은 함량을 나타내었으나 유형에 따라 통계적으로 유의한 차이는 관찰되지 않았다($\alpha=0.05$).

대량영양소(일반성분)의 평균 함량은 일반우유에서는 지방 3.78%, 단백질 3.05%, 유당 4.70%, 강화우유에서는 지방 3.74%, 단백질 3.08%, 유당 4.68%, 가공우유에서는 지방 3.72%, 단백질 3.07%, 유당 4.74%로 나타났으며, 유형에 따른 각각의 함량에 통계적으로 유의한 차이는 관찰되지 않았다($\alpha=0.05$).

특정 무기질이 강화된 우유의 섭취가 질병예방 또는 치료효과가 있는지에 대하여 Ca과 Fe를 중심으로 최근 다양한 설계의 역학연구가 수행되어 왔다. 우유섭취를 거부하는 3세에서 10세의 어린이 50명을 대상으로 칼슘 섭취량과 골밀도를 측정한 연구에서,¹⁶⁾ 장기간의 우

유섭취 거부는 칼슘 섭취량과 골밀도를 유의하게 감소시켰다($p < 0.01$). Cleghorn 등¹⁷⁾은 호주의 일부 지역사회 여성을 대상으로 연구를 실시한 결과 칼슘 강화우유의 섭취가 폐경기 이후 척추 골밀도 감소를 지연시키는 효과를 나타내었다고 보고하였다. 1,543명의 캐나다인을 대상으로 한 대규모 연구¹⁸⁾에서는 우유, 치즈 등의 유제품 섭취는 칼슘 섭취량을 증가시켰으며, 50세 이하의 남성에서는 칼슘결핍증의 유병율이 적었으나 다른 성별과 연령층에서는 칼슘 섭취량이 권장량에 미치지 못하였다고 하였다. 또한 이러한 문제를 해결하기 위해서는 상용식품에 칼슘을 강화하는 것이 칼슘섭취 부족을 해결하는 현실적인 방안이라고 제시하기도 하였다.

Maulen-Radovan 등¹⁹⁾은 8개월에서 60개월령의 어린이 227명을 대상으로 90일 동안 500 ml의 Fe 강화우유를 급여한 결과, 연구 개시시점에서는 영양부족 45명, 빈혈증 36명이었으나, 연구 종료시점에서는 영양부족 35명, 빈혈증 18명으로 감소하였다. 또한 혈중 비타민 B12와 헤모글로빈의 농도도 유의하게 증가하였다고 보고하였다($p < 0.01$). Sketel 등^{20,21)}은 생후 9개월에서 15개월 사이의 건강한 영아를 대상으로 철분 강화우유의 철결핍 예방효과에 대하여 종적연구(longitudinal study)를 수행하였다. 그 결과 헤모글로빈 농도가 110 g/l 이하인 빈혈의 발생율은 철분 강화우유를 섭취한 그룹에서 2.5%였으나, 대조군에서는 25.7%에 달하였다고 보고하였다. 또한 적절한 체내 Fe 농도를 유지하고 있는 1세의 어린이를 대상으로 한 연구²²⁾에서는 Fe 강화우유를 섭취한 그룹과 Fe를 강화하지 않은 우유를 섭취한 그룹 모두 생후 12~18개월 동안에는 Fe의 체내 농도가 충분히 유지되었다. 그러나 그 이후에는 Fe를 강화하지 않은 우유를 섭취한 그룹은 Fe의 섭취량이 영양권장량보다 낮았으며 체내 저장철의 함량도 낮게 나타났다고 보고하였다.

(3) 시유의 열처리방법에 따른 비교

우유의 열처리법으로는 63~65°C에서 30분간 처리하는 저온장시간살균법(LTLT, low temperature long time), 72~75°C에서 15초 내지 20초간 처리하는 고온단시간살균법(HTST, high temperature short time), 130~150°C에서 0.5초 내지 5초간 처리하는 초고온순간처리법(UHT, ultra high temperature), 또는 이와 동등 이상의 효력을 가지는 방법으로 실시하도록 하고 있다.²⁾ 이중 저온장시간살균 또는 고온단시간살균을 표시하고자 하는 경우에는 “파스퇴라이제이션”으로 표시할 수 있도록 하고 있다.²⁾ 시유 시료를 열처리방법별로 구분하여 저온장시간 또는 고온단시간 살균한 “파스퇴라

이제이션”(pasteurization)그룹($n=8$)과 초고온순간처리법(UHT, ultra high temperature)으로 열처리한 그룹($n=21$)으로 나누어 t-test를 실시한 결과, 대량영양소(일반성분)와 무기질의 함량에 유의한 차이가 발견되지 않아($\alpha=0.05$) 우유의 살균처리법에 따른 대량영양소(일반성분) 및 무기질의 함량에 차이가 없는 것으로 판단된다.

(4) 표시기준 및 영양소기준치의 비교

우유의 제품상의 표시는 축산물의 위생적이고 원활한 가공 및 관리를 도모하고 소비자에게 정확한 정보를 제공하기 위해 제정된 “축산물의 표시기준”²⁾에 따라 소비자가 제품을 구매할 때 쉽게 확인할 수 있도록 영양성분표시를 주표시면에 기재하도록 하고 있으며, 최근 건강 및 보건에 대한 소비자의 의식이 높아짐에 따라 이는 더욱 중요한 정보제공자의 역할을 하게 되었다. 영양강조표시를 하고자 영양성분을 기재하는 제품에서는 100그램(g)당, 100밀리리터(ml)당 또는 그 포장인 소비자가 1회에 섭취하는 양인 경우에는 1포장당 함유된 값으로 표시하도록 하고 있으며, 시판되는 우유에서는 100그램(g)당 함유량을 표시하는 등 규정하고 있는 표시방법을 준수하고 있었다. 영양성분 중 열량, 탄수화물, 단백질, 지방 및 나트륨은 그 명칭, 함량 및 영양소 기준치에 대한 비율(%), 열량은 제외)을 반드시 표시하여야 하는데 영양성분표시를 한 모든 제품에서는 적절하게 표시되어 있었다.

무기질의 경우 우유에서는 칼슘, 인, 철, 아연에 한하여 임의로 표시할 수 있으나 이를 표시하거나 영양강조표시를 하는 때에는 당해 영양소의 명칭, 함량 및 영양소 기준치에 대한 비율(%)을 표시하여야 하는데, 본 연구 대상 중 무기질의 함량을 표시한 시유 제품에서 이와 같은 기준을 모두 만족하였다.

“축산물의 표시기준”²⁾에 따르면 영양소 표시량과 실제측정값의 허용오차 범위는 열량, 당류, 지방, 포화지방, 콜레스테롤, 나트륨의 실제측정값은 표시량의 120% 미만으로, 비타민, 무기질, 단백질, 탄수화물, 식이섬유의 실제측정값은 표시량의 80% 이상으로 정하고 있다. 본 연구에 사용된 29종의 시유 시료 중 영양성분 표시를 한 제품을 대상으로 분석치와 표시치를 비교한 결과는 Table 10과 같다.

Na의 경우 15종의 시료에서 그 함량을 표시하였으며 분석치는 표시치에 대해 평균 84.8%로 120% 미만이어야 하는 기준에 모두 적합하였다. Ca의 함량을 표시한 12종의 시료에서 분석치는 표시치에 대해 평균 108.5%로 80% 이상이어야 하는 기준을 모두 만족하였다. 또한 Zn의 함량을 표시한 4종의 시료에서는 분석치가 표

Table 10. Correlation of mineral contents between labeled and measured values

Element	Measured value (mg/100 g)	Labeled value (mg/100 g)	Measured/labeled value (%)	Correlation
Na(n=15)	43.4	51.3(50~55)	84.8	0.16182
Ca(n=7)	152.6	140.3(110~222)	108.5	0.90231**
Fe(n=7)	0.8	0.7(0.4~1)	123.8	0.52491
Zn(n=4)	54.7	43.8(40~50)	126.5	0.75003

mean(min~max), *significant(p<0.05), **significant(p<0.01).

시치에 대해 평균 126.5%로 80% 이상이어야 하는 기준을 모두 만족하였다. Fe의 분석치는 표시치의 평균 123.8%로 80% 이상이어야 하는 기준을 만족하였으나, 이중 1개의 시료에서는 분석치가 표시치의 80% 미만이었다. 일부 시유의 제품상 표시내용 중 Fe를 강화하지 않은 우유에서의 Fe 함량이 평균 0.1 mg/100 ml라고 표시하였으나, 본 연구의 분석결과 원유 시료의 Fe 함량이 0.03 mg/100 ml, 철분을 강화하지 않은 일반 시유 시료의 Fe 함량이 0.04 mg/100 ml이었다. 이와 같은 연구결과는 우유의 Fe 함량이 인유 및 기타 동물유에 비해서 현저히 낮아 평균 0.030 mg/100 g라는 보고⁶⁾ 및 7월에서 8월 사이의 백색시유를 원자흡광광도계로 분석하여 평균 Fe 함량이 398.4 ug/라고 한 김대선²³⁾의 보고와 일치한 결과였다. 또한 Walstra²⁴⁾에 따르면 우유 중 Fe의 함량은 0.01~0.24 mg/100 ml로 그 범위가 매우 넓으며 이는 Fe와 같은 미량무기질의 경우 사료중의 농도가 우유중의 농도에 영향을 미치기 때문이라고 설명하였으며, 그 평균은 0.02 mg/100 ml라고 하였다. 우유의 Fe 함량은 미량으로 분석이 까다롭고 그 범위가 넓어 Fe를 강화한 우유의 영양성분 표시량과 실제 함유량의 일치하는 Ca 등 대량 무기질에서보다 더욱 까다로운 것이며, 이를 위해서는 제품의 원료가 되는 원유의 Fe 함량에 대한 보다 정확한 자료를 마련하여 강화우유 및 가공우유에서의 첨가량이 결정되어야 할 것으로 생각된다.

“축산물의 표시기준”²⁾에 따라 우유의 경우 무기질 중 Ca, P, Fe, Zn에 한하여 임의로 표시할 수 있으나, 제품 중 영양소 함량을 표시하고 그 함량의 ‘영양소 기준치’에 대한 비율(%)을 함께 표시하여야 하는데, 영양소 기준치란 한국인의 영양권장량을 기초로 하여 하루의 식사 중 해당 축산물이 차지하는 영양적 가치를 보다 잘 이해하고 제품간의 영양소를 쉽게 비교할 수 있도록 축산물의 표시에서 사용하는 영양소의 평균적인 1일 섭취 기준량을 말한다.

Table 11. Comparison of mineral contents and reference levels

Element	Market cow's milk				
	Reference level of nutrition labeling		Milk (n=17)	Fortified milk (n=7)	Processed milk (n=5)
	% reference level(per 100 ml milk)				
Ca	700 mg		14.7	23.6	19.2
Ka	3500 mg		4.1	4.2	4.1
Mg	220 mg		4.7	4.8	4.7
Na	3500 mg		1.2	1.2	1.3
Zn	12 mg		3.3	4.8	4.2
P	700 mg		13.9	13.5	13.2
Fe	15 mg		0.3	2.8	4.3

시유의 제품상 그 함량을 표시한 Na, Ca, P, Fe, Zn을 비롯하여, 제품상 그 함량이 표시되지 않은 Mg, K 등의 분석치를 ‘영양소기준치’와 비교한 결과는 Table 11과 같다.

특히, Ca의 경우에는 일반우유에서 영양소기준치의 14.7%(100 ml/당), 강화우유에서 23.6%(100 ml/당), 가공우유에서 19.2%(100 ml/당)로서 우유가 율동한 Ca 공급원임을 확인할 수 있었다.

“한국인 영양권장량”²⁵⁾에서는 우리나라 영양섭취 조사 결과 칼슘은 가장 결핍되기 쉬운 영양소 중의 하나라고 하였다. 이에 따르면 보건복지부에서 실시한 최근 10년간 국민건강·영양조사 결과, 1일 평균 칼슘 섭취량은 1990년 517 mg, 1995년 531 mg, 1998년 511 mg으로 권장량의 70% 수준이었고, 성별에 따라서는 성인의 칼슘 섭취량은 남자가 516~550 mg, 여자가 477~510 mg이었다. 우리나라 국민 1인당 우유 및 낙농제품의 섭취량은 1990년부터 1995년까지는 1일 50~60 g에서 1998년도에는 87 g으로 증가되었으나 연령에 따라 큰 차이가 있었다. 1~2세 아동의 섭취량은 324 g이었고, 3~19세의 섭취량은 124~189 g인데 비하여 20~29세는 68 g이고 50세 이상은 30 g 이하로, 섭취량은 연령이 증가함에 따라 감소하였다. 이와 같이 우리나라의 우유 및 유제품의 섭취는 유아초기를 제외한 모든 연령군에서 매우 저조하기 때문에 유제품으로부터의 칼슘 섭취량이 매우 낮다. 이러한 결과는 특히 성인기 이후 노령층에서 절대적인 칼슘 섭취량 부족과 함께 칼슘 이용률이 낮은 식품으로 칼슘을 섭취하게 되어 보다 심각하게 고려되어야 할 것이다. 그 밖에 P가 모든 유형의 시유에서 영양소기준치의 13~14% 수준이었다. Fe는 영양상 필수원소이나 우유에서는 미량무기질로 Fe를 인위적으로 첨가하지 않은 일반우유의 경우 그 함

Table 12. Correlation between macronutrients and mineral contents of milk samples

	Fat	Protein	Lactose	Ca	K	Na	Mg	Zn	P	Fe
Fat	1.00000									
Protein	0.27886**	1.00000								
Lactose	0.17563	0.25926*	1.00000							
Ca	-0.03916	0.08113	0.04266	1.00000						
K	0.06103	0.05841	0.24216*	0.08862	1.00000					
Na	-0.09264	-0.00088	-0.43565**	-0.08884	-0.32655**	1.00000				
Mg	0.28026**	0.18055	0.19535	0.06651	-0.06021	0.20852	1.00000			
Zn	0.12919	0.15504	-0.04175	0.32267**	0.12967	-0.06196	0.01186	1.00000		
P	0.13432	0.20400	0.32759**	-0.13293	0.35139**	-0.23048*	0.21084	0.01755	1.00000	
Fe	-0.18498	0.01792	-0.14085	0.29676**	0.00258	0.11500	-0.12387	0.11801	-0.21926*	1.00000

n = 87, *significant(p<0.05), **significant(p<0.01).

량은 영양소기준치의 0.3%(100 m/당)로 우유의 Fe 공급원으로써의 역할은 미미하다고 할 수 있다.

3) 대량영양소(일반성분)와 무기질 및 각 무기질간 상관관계

우유 중의 대량영양소(일반성분)와 무기질의 상관분석 결과는 Table 12와 같다. 지방 함량과는 Mg 함량이 유의한 양의 상관관계가 있었으며(p<0.01), 유당 함량과 Na 함량은 유의한 음의 상관관계를(p<0.01), 유당 함량과 P 함량은 유의한 양의 상관관계를 나타내었다(p<0.01). 각 무기질간에는 Ca 함량과 Zn, Fe 함량이 서로간에 유의한 양의 상관관계를 나타내었으며(p<0.01), K 함량과는 P 함량이 양의 상관관계를, Na 함량과는 유의한 음의 상관관계를 나타내었다(p<0.01).

우유 중의 무기질의 존재형태에 관하여 Silva 등²⁶⁾은 Ca, Mg, Zn이 주로 colloidal calcium phosphate에, Fe는 casein polypeptide chain에 결합되어 있다고 하였다. 또 정근희 등¹⁰⁾은 Ca, Mg, Zn이 카제인과 유청단백질에 비교적 많이 함유되어 있었다고 보고하였다. Fox²⁷⁾는 우유 중 칼슘의 99%는 탈지유(skim milk fraction)에 존재하기 때문에 지방을 제거하여도 칼슘의 함량은 일정하다고 하였으며, 총 칼슘의 2/3는 카제인 미셀에 콜로이드 형태로 결합되어 있다고 하였으나 이와 같은 존재형태는 일반성분 및 무기질 함량의 상관분석에서는 확인할 수 없었다.

IV. 결 론

우리나라 일부지역 6개 시군의 개별목장 및 유업체의 집합원유와 시유(우유, 강화우유, 가공우유)의 분석결과 Ca, K, Mg, Na, Zn, P, Fe 등 무기질 평균 함량(mg/

100 g)과 지방, 단백질, 유당 등 대량영양소의 평균 함량(%)은 다음과 같다.

1. 원유 중 무기질 평균 함량은 각각 Ca 113.56, K 144.09, Mg 10.86, Na 42.53, Zn 0.42, Fe 0.030, P 113.32이었으며, 대량영양소의 평균 함량은 각각 지방 3.85, 단백질 3.08, 유당 4.80이었다.

2. 시유 중 일반우유의 무기질 평균 함량은 각각 Ca 103.04, K 142.46, Mg 10.27, Na 43.21, Zn 0.40, Fe 0.034, P 97.30이었으며, 대량영양소의 평균 함량은 각각 지방 3.78, 단백질 3.05, 유당 4.70이었다.

3. 시유 중 강화우유의 무기질 함량은 각각 Ca 165.40, K 145.79, Mg 10.57, Na 42.55, Zn 0.57, Fe 0.414, P 94.68이었으며, 대량영양소의 평균 함량은 각각 지방 3.74, 단백질 3.08, 유당 4.68이었다.

4. 시유 중 가공우유의 무기질 함량은 각각 Ca 134.72, K 142.74, Mg 10.33, Na 45.07, Zn 0.50, Fe 0.650, P 92.48이었으며, 대량영양소의 평균 함량은 각각 지방 3.72, 단백질 3.07, 유당 4.74이었다.

무기질은 체내의 여러 생리기능을 조절, 유지하는 데 중요한 역할을 하며 우유에는 Ca, K, Na, Mg, Na, P 등의 대량무기질과 Fe, Zn, Cu, Mn 등 미량 무기질이 함유되어 있고, 특히 Ca의 함량은 다른 어떤 식품보다도 함유량 및 체내 흡수량이 양호하여 Ca의 공급원으로 월등하다고 할 수 있다. 국내에서 생산되는 강화우유 및 가공우유는 원유에 Ca, Fe, Zn 등을 첨가하고 있으며, 특히 Ca는 거의 모든 강화우유 및 가공우유에 첨가되고 있었다.

생산자는 생산하는 제품에 대한 정확한 영양정보를 제공하여야 할 의무가 있으며, 소비자들은 제품에 표기되는 영양정보 이상의 보다 더 자세한 정보를 요구하

고 있다. 제품상의 주표기면에 기재하는 영양소함유량은 소비자로 하여금 정확하고 신뢰도 높은 정보를 제공할 수 있어야 하는데 시유 제품상의 표시내용은 “축산물의 표시기준”에 적합하게 표시되었으며, 그 함량에 있어서도 표시량과 대부분 일치하였다.

우유의 열처리 방법에 따른 각 무기질 및 일반성분의 함량에 유의한 차이가 발견되지 않으므로, 우유의 열처리조건보다 초기 원유의 성분구성이 최종제품인 시유의 성분구성을 결정짓는다고 보여진다. 따라서 위생뿐만 아니라 영양적 측면에서도 양질의 원유가 생산되어야 할 것으로 생각된다.

최근 미량영양소의 생체이용능(bioavailability)에 상당한 관심이 집중되고 있으며, 생체이용능은 식품 또는 식이 중의 영양소를 이용할 수 있는 효율이라고 할 수 있다. 그러나 생체이용능의 평가에는 영양소에 대한 생체요구도를 비롯한 다양한 혼란변수가 존재하며, 이러한 혼란변수가 존재하지 않는 상태에서 체내 흡수량을 측정하는 것은 불가능하기 때문에 생체이용능의 평가는 현실적으로 매우 어렵다. 무기질은 식품 내에 함유된 양뿐만 아니라 생체이용능에 따라 체내로 흡수되고 이용되는 정도가 다르다. 또한 무기질의 생체이용능에는 무기질의 용해도, 무기질과 무기질간의 상호작용, 무기질과 대량영양소간의 상호작용 등 여러 가지 요인이 영향을 미친다. 따라서 강화우유 및 가공우유에 Ca 등의 무기질을 첨가하는 경우에는 각 무기질간의 흡수시 경쟁 등의 상호작용, 비타민과 무기질간의 상호작용에 의한 영향 등이 고려되어야 할 것이다. 특히 최근에는 “어린이를 위한 우유”임을 내세우는 제품이 다양하게 생산되고 있는데 면역체계가 아직 완전치 않고 성장속도가 빠른 영유아가 섭취하는 제품에서는 식품의 총 섭취량과 해당식품의 일일 평균 섭취량을 고려하여 신중하게 첨가되어야 할 것이다.

과량섭취에 따른 독성과 관련하여, 미국에서는 칼슘 과량 섭취시 우려되는 부작용과 저부작용수준(lowest-observed-adverse-effect level, LOAEL)을 감안하여 1세 이하의 영아를 제외한 모든 연령층의 칼슘 상한 섭취량을 2,500 mg으로 설정하고 있다.²⁵⁾ 그러나 아직 과학적 연구결과가 부족하여 UL(tolerable upper intake level)이 모든 무기질에 대하여 설정되지 않았으므로²⁸⁾ 과량 섭취시 부작용이 우려되는 무기질의 경우에는 우유 이외의 다른 식품에 의한 섭취량까지도 고려하여 제품에 첨가되어야 할 것이다. 즉, 영양성분 강화의 모델링은 특정 영양성분의 섭취량이 적은 그룹을 감소시키고 UL(tolerable upper intake level)을 초과하여 섭취하는 그룹을 최소화 할 수 있도록 설계되어야 건강증

진은 물론 질병예방 효과까지도 기대할 수 있을 것이다. 아울러 앞으로는 특정 영양성분의 강화가 질병예방 및 치료효과 등 건강 증진 기능이 있는지에 대하여 국내에서도 한국인을 대상으로 코호트연구, 임상연구 등 다양한 연구가 활발히 진행되어야 할 것으로 생각된다.

참고문헌

1. 축산물의 가공기준 및 성분규격, 국립수의과학검역원 고시 제2002-3호, 5, 16, 76-77, 134-135, 2002.
2. 축산물의 표시기준, 국립수의과학검역원 고시 제2002-5호, 2-3, 13-14, 17-18, 21, 29, 2002.
3. International IDF Standard 141C:2000, Whole milk determination of milkfat, protein and lactose content, Guideline on the operation of mid-infrared instruments. International Dairy Federation, 2000.
4. Horwitz, W. : AOAC Official Method 999.10, 9.1.08 Lead, Cadmium, Zinc, and Iron in Foods, Atomic Absorption Spectrophotometry after Microwave Digestion, Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL, 17th edition, AOAC INTERNATIONAL, Chapter 9, 16-19.
5. Horwitz, W. : AOAC Official Method 985.35, 50.1.14 Minerals in Infant Formula, Enteral Products and Pet Foods, Atomic Absorption Spectrophotometric Method, Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL, 17th edition, AOAC INTERNATIONAL, Chapter 50, 15-17.
6. 김영교, 김영주, 김현욱 : 우유와 유제품의 과학. 선진문화사, 34-42, 73-78, 1979.
7. Coni, E., Bocca, A., Ianni, D. and Carroli, S. : Preliminary evaluation of the factors influencing the trace element content of milk and dairy products. *Food Chem.*, **52**, 123-130, 1995.
8. Merck Research Laboratories, The Merck Manual, 17th edition, Section 1. Nutritional Disorders. 1-23, 1999.
9. Terres, C., Navarro, M., Lagos, F. M., Gimenez, R., Lopez, H. and Lopez, M. C. : Zinc levels in foods from southeastern Spain : relationship to daily dietary intake. *Food Addit. Contam.*, **18**(8), 687-695, 2001.
10. 정근희, 전우민, 이상엽, 김영교, 박동준 : 우유 및 우유 성분내의 주요 광물질의 함량. *한국동물자원과학회지*, **31**(10), 659-665, 1989.
11. 김광수 : 원유의 성분에 관한 연구, I. 아미노산, 무기질 및 당류의 조성. *한국동물자원과학회지*, **28**(6), 438-441, 1986.
12. 김광수, 최석호 : 액상 유제품의 조성분 및 무기질 함량에 관한 조사 연구. *한국낙농학회지*, **15**(1), 49-55, 1993.
13. 박필상, 유제현, 박선오, 송정숙, 이춘식, 차광중 : 계절에 따른 원유중 주요 무기질 및 미량무기질 함량변화. *한국축산식품학회지*, **15**(2), 163-170, 1995.
14. Anderson, R. R. : Comparison of minerals in milk of four species. *Comp. Biochem. Physiol. A.*, **100**(4), 1045-

- 1048, 1991.
15. 서정숙, 이부웅, 정은자 : 우유 및 유제품의 무기질 함량에 관한 연구. *한국낙농학회지*, **14**(1), 70-76, 1992.
 16. Black, R. E., Williams, S. M., Jones, I. E. and Goulding, A. : Children who avoid drinking cow milk have low dietary calcium intakes and poor bone health. *Am. J. Clin. Nutr.*, **76**(3), 675-680, 2002.
 17. Cleghorn, D. B., O'Loughlin, P. D., Schroeder, B. J. and Nordin, B. E. : An open, crossover trial of calcium-fortified milk in prevention of early postmenopausal bone loss. *Med. J. Aust.*, **175**(5), 242-245, 2001.
 18. Johnson-Down, L., L'Abbe, M. R., Lee, N. S. and Gray-Donald, K. : Appropriate calcium fortification of the food supply presents a challenge. *J. Nutr.*, **133**(7), 2232-2238, 2003.
 19. Maulen-Radovan, I., Villgomez, S., Soler, E., Villicana, R., Hernandez, R. L. and Rosado, J. L. : Nutritional impact of whole milk supplemented with vitamins and minerals in children. *Salud Publica Mex.*, **41**(5), 389-396, 1999.
 20. Sketel, A., Olivares, M., Cayazzo, M., Chadud, P., Llaguno, S. and Pizarro, F. : Prevention of iron deficiency by milk fortification. II. A field trial with a full-fat acidified milk. *Am. J. Clin. Nutr.*, **47**(2), 265-269, 1988.
 21. Olivares, M., Walter, T., Hertrampf, E., Pizarro, F. and Stekel, A. : Prevention of iron deficiency by milk fortification. The Chilean experience. *Acta Paediatr. Scand. Suppl.*, **361**, 109-113, 1989.
 22. Virtanen, M. A., Svahn, C. J., Viinikka, L. U., Raiha, N. C., Siimes, M. A. and Axelsson, I. E. : Iron-fortified and unfortified cow's milk: effects on iron intakes and iron status in young children. *Acta Paediatr.*, **90**(7), 724-731, 2001.
 23. 김대선 : 시유 중의 Cu, Fe, Zn, Mn, Pb, Cd 함량에 관한 연구. *한국환경위생학회지*, **12**(1), 69-78, 1986.
 24. Walstra, P. : Dairy Technology, Principles of milk properties and processes, Marcel Dekker INC., 37-50, 1999.
 25. 한국영양학회 : 보건복지부 추천 한국인 영양권장량 제7차 개정. 157-218, 2000.
 26. Silva, F. V., Lopes, G. S., Nobrega, J. A., Souza, G. B. and Nogueira, A. R. A. : Study of the protein-bound fraction of calcium, iron, magnesium and zinc in bovine milk. *Spectrochim. Acta B*, **56**, 1909-1916, 2001.
 27. Fox, P. F. : Advanced Dairy Chemistry, Vol 3., Lactose, water, salts and vitamins, Chapman & Hall, pp233-302, 1997.
 28. Coulston, A. M., Rock, C. L. and Mosen, E. R. : Nutrition in the prevention and treatment of disease, Academic Press, 753-769, 2001.