

성장기 쥐에서 난각분 강화라면의 칼슘 이용성에 관한 연구

장 순 옥

수원대학교 식품영양학과

A Study on the Bioavailability of Calcium in Eggshell Powder Fortified Ramen in the Growing Rats

Soon Ok Chang

Dept. of Food and Nutrition, The University of Suwon, Gyeonggi 445-743, Korea

Abstract

This study has investigated the bioavailability of calcium in eggshell powder (ESP) fortified ramen. Weanling SD rats were maintained for 2 weeks on 0.05% low calcium diet then assigned randomly to one of 5 groups. Animals were provided for 4 weeks one of 3 different experimental diets containing 0.15% calcium as CaCO₃, NFDM, or ESP fortified ramen. Two control groups were fed either 0.05% calcium or general ramen containing 0.08% calcium. The body weight, diet intake, food efficiency ratio (FER), bone growth, calcium contents of bones, and apparent absorption were measured. Experimental results show that regardless of calcium sources 0.15% calcium groups increased body weight, weight and length, calcium content, and the strength of two bones (tibia and femur) significantly compared to 0.05% calcium group. The apparent absorption rate of calcium also showed similar results supporting the bioavailability of ESP fortified ramen is not inferior to either NFDM or CaCO₃. The results indicate that ESP fortified ramen is a proper mediate for calcium fortification in Korea.

Key words: calcium fortification, calcium bioavailability, bone growth, eggshell powder

서 론

칼슘은 한국인의 식생활에서 섭취량이 권장량에 가장 미흡한 영양소로 권장량의 75%에 미치지 못하는 인구비가 절반 이상이다(1). 칼슘부족은 노년기의 골다공증, 골절의 원인이 되며(2) 최근 보고는 고혈압(3), 순환기계 질환이나 대장암 등의 발생에까지 영향을 미친다고 한다(4). 미국/캐나다에서 최근 제시한 영양섭취기준(Dietary Reference Intakes, DRIs)에서 칼슘은 골다공증을 예방할 수 있는 최대 골밀도(peak bone mass) 확보의 수준을 충분섭취량(adequate intake, AI)으로 정하였다. 즉 성인은 1000 mg, 65세 이상의 노년기는 1200 mg으로 설정해 두고 있어(5) 우리나라 성인과 65세 이상의 노년기 권장량인 700 mg(6)을 훨씬 상회하는 수준이다.

우리의 식생활에서 칼슘의 중요 급원인 우유 및 유가공품의 섭취량이 증가되었다고는 하나 87 g/1일(1) 수준으로 한국인이 일상 식품을 통하여 권장량을 확보하는 것은 상당히 어려울 것으로 전망된다. 칼슘을 비롯한 미량 영양성분들은 자연 식품으로 충분한 양을 섭취하기가 어려울 경우에는 식품의 가공과정에 적절히 첨가하여 식생활의 큰 변화없이 부

족증을 용이하게 예방할 수 있다. 다행히 소비자들의 칼슘 영양 등 미량 성분에 관한 관심이 고조되면서 식품 산업체는 다양한 강화식품을 개발하여 상품의 구매력을 높이고 있다. 본 연구자가 선행연구에서 조사 보고한(7) 바와 같이 칼슘은 특히 강화빈도가 높은 편이며 그 함량도 미미한 수준에서부터 우유함량의 4배에 이르는 등 다양하였다(8). 최근 오투기 라면은 전 품종에 걸쳐 칼슘을 강화하고 있으나 그 공급 칼슘의 형태와 실 효용성에 관한 연구는 미흡하다.

영양강화의 일반적 요건으로는 섭취부족으로 인한 생화학적, 임상적 지표가 강화로 인해 향상될 수 있다는 증거가 있어야 한다. 또 강화로 인하여 영양이 부족한 인구집단이 혜택을 받을 뿐만 아니라 정상섭취 인구집단에 부정적인 영향을 미치지 않아야 한다. 나아가 일상적으로 섭취할 수 있는 식품이 매체가 되어야하며 첨가하는 영양성분으로 인하여 다른 영양성분의 이용을 저해하지 않아야 한다는 것들을 들 수 있다(9). 칼슘의 과량투여는 철분이나 마그네슘의 이용성을 저해하거나 신 결석 등의 부작용을 초래할 수 있는 문제점이 지적되기도 한다(10). 따라서 일상인의 칼슘섭취가 최근 선진국에서 설정한 영양섭취기준의 상한 섭취량(tolerable upper intake level, UL)인 1일 2500 mg(5) 이상이

되지 않으면서 부족분을 보충할 수 있는 적정수준에 대한 검토가 필요하다. 또 다수의 칼슘부족 인구집단이 강화의 혜택을 볼 수 있도록 부족한 사람들이 상용하는 식품으로 강화의 매체를 삼아야 할 것이다.

폐 난각(eggshell)을 이용한 난각분(eggshell powder, ESP)은 칼슘 공급원으로 그 활용성이 유럽 연구자들에 의해 동물, 골다공증환자에서 칼슘공급원으로서의 효과가 좋은 것으로 보고되었다(11-13). 본 연구자도 최근 성장하는 쥐에서 뼈의 성장에 있어 난각분은 CaCO_3 와 유사하거나 오히려 더 효율이 높은 칼슘공급원으로 보고한 바 있다(14). 안정성에 관한 문제점도 난각분의 화학적 영양성분, 호르몬 함량, 중금속 등을 분석한 최근 보고(15)로 해소되었다. 이 난각분을 우리나라 사람들의 다소비 식품 18위이며 청소년(13~19세)층에서는 4위 식품인(1) 라면에 강화한다면 다수 국민의 칼슘 영양을 손쉽게 향상시킬 수 있을 것이며 2010년 국민건강증진을 위한 영양목표인 권장량 수준의 칼슘인구 비율을 50% 수준으로 향상시키는(16) 한 방안이 될 수 있을 것이다. 따라서 본 연구는 칼슘강화 라면의 칼슘 공급원 유용성에 대해 성장하는 쥐를 이용하여 조사하고자 하였다. 생체는 환경에 적응하는 능력이 높아 저칼슘 공급시에는 그 흡수율이 증대되기에 본 연구에서는 어린 쥐에 낮은 수준의 칼슘에 적응시킨 후 난각분 강화라면, 탄산칼슘(CaCO_3), 탈지분유(nonfat-dry milk, NFDm)를 칼슘공급원으로 동일 수준의 칼슘을 공급하고 그 생체 이용성을 비교하였다.

재료 및 방법

실험동물 및 실험설계

3주령의 이유한 Sprague Dawley 쥐(체중 60 g 내외, (주)샘 타코) 40마리를 구입 후 3일 간 pellet diet(신촌사료)로 환경에 적응시킨 후 저칼슘식이(0.05% 칼슘수준, CaCO_3)로 2주간 사육 후 무작위로 각 군 6마리씩 5군으로 나누어 1군은 대조(control)군으로 0.05% 저칼슘(CaCO_3)식이, 2군은 칼슘강화 라면군에 사용된 라면(오뚜기 진라면)과 동일한 양의 난각분이 없는 일반 라면(삼양라면)을 포함하는 또 다른 대조군(칼슘수준 0.08%), 나머지 3군은 0.15%칼슘 수준이 되도록 탄산칼슘(CaCO_3), 탈지유, 난각칼슘강화 라면으로 조성한 식이를 4주간 각각 공급하였다. 실험동물들은 bottom-wired cage에 한 마리씩 분리 사육하였고 사육실 환경은 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 로 유지하였다. 사육 cage와 용기들은 무기질의 오염이 없도록 세척후 0.1% EDTA와 탈이온수로 처리하여 사용하였다. 실험식이와 탈이온수는 자유롭게 섭취하도록 하였고 몸무게와 식이섭취량은 2~3일 간격으로 동일한 시간대에 측정하였다.

실험식이 : 초기 2주간의 칼슘결핍 식이는 AIN-93을 기본으로 20% casein 정제 식이로 탄산칼슘을 공급원으로 칼슘 함량이 0.05%수준이 되도록 조성하였다. 이후 4주간은 칼슘의 공급원으로 탄산칼슘, 난각분 강화라면, 탈지분유를 순칼슘 함량이 식이의 0.15%가 되도록 Table 1과 같이 조성하였다. 칼슘공급원에 함유된 단백질, 지질을 포함하여 실험식이

Table 1. Experimental diet composition

	CaCO_3 Ca 0.05%	CaCO_3 Ca 0.15%	NFDm Ca 0.15%	ESP ramen ²⁾ Ca 0.15%	General ramen ³⁾ Ca 0.08%
Corn starch	596.6 ¹⁾	594	524.6	(520) ⁵⁾	(520)
Casein ⁴⁾	133	133	92.75 (40.25)	66.6 (66.4)	66.6 (66.4)
Sucrose	50	50	50	50	50
Corn oil	120	120	118.5	(113.6)	(113.6)
Cellulose	50	50	50	32.6 (20)	32.6 (20)
DL-Methionin	2	2	2	2	2
Mineral mix ⁶⁾	35	35	35	35	35
Vit mix ⁷⁾	10	10	10	10	10
Choline chloride	2	2	2	2	2
CaCO_3	1.25	3.75	-	1.65 (Ca 0.084) ⁸⁾	1.65 (Ca 0.012)
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.175	0.175	0.175	0.175	0.175
NFDm ⁹⁾	-	-	115	-	-
Raymen	-	-	-	800	800
Total	1000	1000	1000	1000	1000

¹⁾Values are g/kg diet.

²⁾ESP ramen: eggshell powder fortified ramen (Ottogi Jin Ramen).

³⁾General ramen: Ramen (Samyang) that is not fortified with any calcium source.

⁴⁾Casein with 89% purity, 115 g NFDm contains 40.25 g protein, and 800 g Ramen contains 66.4 g protein.

⁵⁾Values in () are the amount of ingredient provided by calcium sources used in this experiment as NFDm, ESP ramen or general ramen.

⁶⁾AIN-93 mineral mixture (Ca and Fe free). ⁷⁾AIN-93 vitamin mixture.

⁸⁾800 g ramen (Ottogi Co.)/kg diet contains 0.084% calcium while the same amount of general ramen (Samyang Co.) does 0.012% calcium.

⁹⁾NFDm: Non fat dry milk (Seoul Milk).

의 단백질, 지질함량은 각각 12%이었다. 라면의 유지함량으로 인하여 단백질의 함량은 12% 수준으로 낮아졌다. 대조군으로 0.05% 탄산칼슘군, 일반 라면군을 두었고 난각분이 첨가된 라면의 경우도 순 칼슘의 함량은 0.084%에 불과하여 성장기 동물에서 칼슘 최저필요량을 고려하여 나머지 함량을 탄산칼슘으로 보충하였고 동일량의 탄산칼슘을 일반 라면군에도 보충하였다. 전 식이군에서 칼슘수준을 제외한 단백질, 에너지밀도는 동일한 수준으로 조정하였다. 원료로는 옥수수전분(동방유량), sucrose(제일제당), 단백질 급원으로는 casein(Murray Goulburn Co-operative Co., Australia), 옥수수기름(오뚜기), 식이 섬유(Sigma), 비타민혼합제(Vitamin mixture, Sigma), 칼슘, 철분제외 mineral mixture(Sigma), 기타 미량 성분은 시약급을 사용하였다.

시료수집 : 실험동물의 마지막 사육 3일간은 대사장에서 분변을 수집하고 섭취 식이량을 정확히 측정하였다. 수집된 분변은 무게를 측정 후 분석 때까지 냉동(-20°C 이하) 보관하였다. 실험동물은 식이 그릇을 제거한 3시간 이후에 마지막 몸무게를 달고 ethyl ether로 마취하여 희생시킨 후 신장, 간, 뒷다리를 분리하였다. 장기는 분리한 즉시 무게를 달고 뒷다리의 대퇴골(femur)과 경골(tibia)은 양쪽 모두 근육, 인대를 제거 분리 채취한 후 냉동 보관하였다. 보관된 뼈는 해동 후 각 부착물을 깨끗이 제거하고 그 무게와 길이를 측정 후 분석에 사용하였다.

시료분석 : 칼슘의 겉보기 흡수율 측정은 사육 마지막 3일 식이 섭취량으로 총 칼슘섭취량을 계산하고 이 값에서 3일 동안 수거된 변 중 배설된 칼슘량을 측정하여 겉보기 흡수율을 다음과 같이 산출하였다.

$$\text{겉보기 흡수율(apparent absorption)(\%)} = \frac{\text{칼슘섭취량(mg/3일)} - \text{칼슘배설량(mg/3일)}}{\text{칼슘섭취량(mg/3일)}} \times 100$$

뼈의 성장, 강도 측정은 대퇴골(tibia), 경골(femur)의 무게와 길이를 재고 각 뼈의 강도는 Textrometer(Texture analyser TA-XT2, Stable Micro System Co., 영국)를 이용하여 길이의 중심부위의 파단력으로 측정하였다. Test speed는 0.5 mm/second였고 측정값은 peak 값을 취하였다. 총회

분량 및 칼슘함량 측정은 시료를 95°C 오븐에 24시간 이상 건조시켜 desicator에서 상온으로 식힌 후 건조 무게를 측정하였다. 건조된 뼈, 식이, 분변 등을 정량된 도가니에 담아 처음 2~3시간은 250°C에서 회화로 문을 열어 둔 채 가열하고 그 후 600°C로 온도를 높여 24시간 회화시켜 회백색의 변한 시료를 얻었다. 이 시료도 desicator에서 상온으로 식힌 후 회분 무게를 측정하였다. 도가니에 회화된 시료를 6 N HCl 용액 10 mL로 녹인 후, 100 mL volumetric flask에 filter paper를 깔 깔때기를 통해 마지막 농도가 0.1% Lanthanum 용액이 되도록 LaCl₃ · 7H₂O를 탈이온수에 추가하여 분석 원액 100 mL를 준비하였다. 이들 원액의 일부를 취하여 1차로 50~100배에 희석하고 다시 10~20배 재 희석하여 1~4 ppm의 정량 분석 범위로 LaCl₃ · 7H₂O 희석하였다. Ca 표준 곡선은 1~4 ppm 범위로 설정하고 원자 흡광광도계(Atomic absorption spectrophotometry, Perkin-Elmer 5100 PC AAS, USA)로 422.7 nm에서 측정하였다

통계처리

본 연구의 모든 분석치는 평균(mean)과 표준편차(standard deviation, SD) 또는 표준오차(standard error mean, SE)로 표시하였다. 실험식이에 따른 체중 장기 무게, 뼈의 성장, 강도, 칼슘함량 등의 유의성은 one-way ANOVA로 분석한 후 p<0.05 인 항목에서는 사후 검정으로 Duncan's multiple range test로 군간의 차이를 검증하였다. 결과 처리의 전 과정은 SPSS Program(version 8.0)을 이용하였다.

결과 및 고찰

동물의 성장과 식이효율

2주간의 저칼슘식이를 공급한 후 5군의 실험식을 4주간 투여한 동물의 성장과 식이효율은 Table 2에 나타내었다. 시작 체중에서는 군간의 차이가 없었으나 최종 체중에서는 유의적(p<0.01) 차이가 있어 저칼슘공급군에서 성장이 저조하였다. Ranhotra 등(17)은 0.025~0.3% 칼슘식사에서 0.2% 칼슘(CaSO₄)수준까지는 어린 쥐의 체중이 점차적으로 증가한다고 했다. 한편 성장기 쥐의 칼슘필요량은 0.16%가 한계(maginal)수준이라 한 Poneros와 Erdman(18)의 보고도 있

Table 2. Body weight, food intake and food efficiency ratio of rats fed different source and level of calcium

Groups ¹⁾	Initial body wgt (g)	Final body wgt (g)	Total food intake (g)	FER
CaCO ₃ 0.05% Ca	165.9±3.6 ²⁾	259.1±16.6 ³⁾	417.9±32.6	0.22±0.03
CaCO ₃ 0.15% Ca	173.9±4.1	281.1±8.6 ^{ab}	456.8±16.0	0.23±0.02
NFDM 0.15% Ca	175.3±5.9	314.9±11.6 ^c	505.3±10.5	0.28±0.02
ESP-R 0.15% Ca	177.2±4.3	302.5±6.3 ^{bc}	492.4±23.6	0.26±0.02
Gen-R 0.08% Ca	172.1±2.1	282.7±5.3 ^{ab}	465.2±38.1	0.24±0.01
Signif ⁴⁾ (P value)	NS (0.45)	** (0.01)	NS (0.20)	NS (0.25)

¹⁾Refer to Table 1.

²⁾Values are mean±SE with n=5~6.

³⁾Values within a column with different superscripts are significantly different at α=0.05 by Duncan's multiple range test.

⁴⁾Significance by one-way ANOVA. NS: not significant at p<0.05. **: significant by p<0.05.

어 성장확보를 위한 최소 필요량은 실험조건에 따라 차이가 있는 것으로 보인다. 본 연구에서는 0.08% 칼슘수준이 성장에 필요한 한계량으로 보이는데 이는 저칼슘식이에 적응한 동물에서 나타난 결과로 유추된다. 칼슘급원으로 탈지분유와 난각분 강화라면을 공급한 군에서 유의적이지는 않으나 식이섭취량이 많고 식이 효율이 높아 성장에서 탄산칼슘군보다 나왔다. 식이효율이 선행보고(14)보다 많이 감소한 것은 낮은 칼슘수준과 단백질 수준 및 주령의 증가(1~5주 vs 3~7주)에 따라 성장속도가 저하되기 때문으로 본다.

장기무게

장기 무게는 Table 3에 나타난 바와 같이 간의 무게는 군간에 차이가 없고 신장의 무게는 저칼슘식이군이 다른 군에 비하여 유의적으로 낮았으나 100 g 당 장기 무게를 표시하였을 때는 군간의 차이가 없었다. 이는 저칼슘군의 동물이 성장은 저하되었으나 장기에 심각한 영향을 받지 않았음을 시사한다. 선행 연구자들은 동일 수준(0.5% Ca)의 칼슘공

급에서 급원에 따라 신장의 무게에 차이를 나타내어 공급원, 특히 CaHPO₄ 등이 신장의 기능에 영향을 미칠 우려가 있음을 제시하였다(19,20). 본 실험에 이용된 칼슘급원들은 장기의 성장에 유의적 영향이 없음을 나타내었다.

뼈의 성장과 강도

경골과 대퇴골의 성장결과는 Table 4와 5에서 보여 주는데 대퇴골은 무게와 길이 모두에서 유의적($p < 0.001$, $p < 0.01$ 각각)으로, 경골은 무게에서 저칼슘군인 0.05% 탄산칼슘군에서 제일 낮았고, 탈지분유군이 무게에서는 다른 군들보다 높은 경향을 보였다. 두 뼈 모두 100 g 체중당 무게는 군간의 차이가 없었으나 100 g 체중당 길이는 오히려 저칼슘군이 높아 길이자람은 칼슘공급이 불충분한 상태에서도 상당 부분 이루어짐을 알 수 있다. 난각분 강화라면군은 동일 칼슘수준의 탄산칼슘군보다는 경골의 무게는 유의적으로 높았으나 대퇴골에서는 차이가 없었고 탈지분유군보다는 뒤떨어졌다. 길이자람에서는 차이가 없었다. 뼈의 강도는 경골에

Table 3. Organ weight of rats fed experimental diets

Groups	Liver wgt (g)	Kidney wgt (g)	Liver wgt/100 g BW	Kidney wgt/100 g BW
CaCO ₃ 0.05% Ca	11.15 ± 0.77 ¹⁾	1.04 ± 0.05 ^{a2)}	4.31 ± 0.25	0.41 ± 0.01
CaCO ₃ 0.15% Ca	11.88 ± 0.65	1.20 ± 0.03 ^b	4.21 ± 0.32	0.43 ± 0.01
NFDM 0.15% Ca	12.63 ± 0.73	1.20 ± 0.04 ^b	4.01 ± 0.46	0.38 ± 0.00
ESP-R 0.15% Ca	11.97 ± 0.35	1.23 ± 0.03 ^b	3.96 ± 0.18	0.41 ± 0.01
Gen-R 0.08% Ca	10.94 ± 0.43	1.14 ± 0.04 ^{ab}	3.87 ± 0.34	0.41 ± 0.01
Signif ³⁾ (P value)	NS (0.299)	* (0.019)	NS (0.178)	NS (0.057)

¹⁾Values are mean ± SE with n=5~6.

²⁾Values within a column with different superscripts are significantly different at $\alpha = 0.05$ by Duncan's multiple range test.

³⁾Significance by one-way ANOVA. NS: not significant at $p < 0.05$. *: significant at $p < 0.05$.

Table 4. Weight, length and breaking force of tibia

Group	Wet weight (mg)	Weight/100 BW	Length (mm)	Length/100 BW	Breaking force (kg)
CaCO ₃ 0.05% Ca	538.4 ± 20.47 ^{1)a2)}	209.8 ± 8.68	38.0 ± 0.55 ^a	14.9 ± 0.93 ^b	6.65 ± 0.38 ^a
CaCO ₃ 0.15% Ca	601.0 ± 11.72 ^b	214.3 ± 4.95	39.7 ± 0.42 ^b	14.2 ± 0.38 ^{ab}	7.98 ± 0.45 ^b
NFDM 0.15% Ca	650.7 ± 7.11 ^c	207.7 ± 6.51	39.8 ± 0.17 ^b	12.7 ± 0.42 ^a	8.24 ± 0.13 ^b
ESP-R 0.15% Ca	645.5 ± 22.13 ^c	213.5 ± 6.15	38.8 ± 0.31 ^{ab}	12.9 ± 0.30 ^a	8.14 ± 0.45 ^b
Gen-R 0.08% Ca	606.5 ± 10.26 ^{bc}	214.9 ± 5.02	38.8 ± 0.17 ^{ab}	13.8 ± 0.24 ^{ab}	7.53 ± 0.22 ^{ab}
Signif ³⁾ (P value)	*** (0.000)	NS (0.906)	** (0.007)	** (0.022)	* (0.030)

¹⁾Values are mean ± SE with n=5~6.

²⁾Values within a column with different superscripts are significantly different at $\alpha = 0.05$ by Duncan's multiple range test.

³⁾Significance by one-way ANOVA. NS: not significant. *, **, ***: significant at $p < 0.05$, $p < 0.01$, $p < 0.001$, respectively.

Table 5. Weight, length and breaking force of femur of rats

Group	Wet weight (mg)	Weight/100 BW	Length (mm)	Length/100 BW	Breaking force (kg)
CaCO ₃ 0.05% Ca	686.8 ± 10.98 ^{1)a2)}	269.4 ± 17.50	33.2 ± 0.37 ^a	13.0 ± 0.87 ^b	11.99 ± 0.42
CaCO ₃ 0.15% Ca	772.8 ± 25.66 ^b	274.9 ± 4.88	34.5 ± 0.43 ^b	12.3 ± 0.34 ^{ab}	12.19 ± 0.35
NFDM 0.15% Ca	860.8 ± 8.87 ^c	274.8 ± 8.12	34.7 ± 0.21 ^b	11.1 ± 0.34 ^a	13.14 ± 0.44
ESP-R 0.15% Ca	803.5 ± 19.18 ^b	265.7 ± 3.90	34.5 ± 0.22 ^b	11.4 ± 0.28 ^a	12.39 ± 0.60
Gen-R 0.08% Ca	816.3 ± 9.09 ^{bc}	289.1 ± 4.27	34.4 ± 0.40 ^b	12.4 ± 0.19 ^{ab}	11.70 ± 0.68
Signif ³⁾ (P value)	*** (0.000)	NS (0.363)	* (0.041)	** (0.033)	NS

¹⁾Values are mean ± SE with n=5~6.

²⁾Values within a column with different superscripts are significantly different at $\alpha = 0.05$ by Duncan's multiple range test.

³⁾Significance by one-way ANOVA. NS: not significant. *, **, ***: significant at $p < 0.05$, $p < 0.01$, $p < 0.001$, respectively.

서는 유의적으로, 대퇴골에서는 수치상으로 칼슘수준이 증가함에 따라 증가되었다. 칼슘급원에 따른 차이는 없었다 (Table 4, 5). 뼈의 강도와 칼슘함량이 상관관계를 보인다는 몇몇 보고(21,22)가 있으나 널리 인정된 척도는 아니다.

본 연구결과와 외국에서의 연구보고인 빵(white bread와 whole wheat bread)을 탈지분유와 비교했을 때 동일 수준의 칼슘이 공급된 경우 대퇴골의 성장과 칼슘함량에서 유사한 효과를 나타낸다고 한 점(23)을 볼 때 동물의 성장 시기, 실험에 이용된 뼈의 종류 등에 따라 곡물칼슘급원 매체가 반드시 우유나 유제품보다 열등하지 않음을 시사한다. 칼슘강화 매체로서 라면은 칼슘 필요량이 높은 연령층이 다소비하는 식품일 뿐 아니라 강화로 인하여 식품의 품성이나 맛에 손상이 없다는 점이 강화매체로 유리하다. 따라서 일부 뼈에서 탈지분유에 미치지 못하는 효과를 보였으나 우유섭취에 익숙하지 않은 많은 한국인에게 난각분 강화라면은 좋은 급원으로 평가할 수 있겠다.

건조무게 회분 및 칼슘함량

Table 6과 7에서 경골, 대퇴골의 건조 무게에 대한 회분과 칼슘의 비율(%)과 회분 중 칼슘의 비율(calcium/ash)을 나타내고 군간의 차이를 비교하였다. 회분의 함량은 칼슘 공급 수준 증가함에 따라 유의적으로 증가하였고 급원간의 차이는 없었다. 그러나 뼈의 건조 무게에 대한 회분의 함량은 55~60% 수준으로 군간의 유의적 차이가 없었다. 이는 뼈의 무게 증가를 칼슘공급에 영향을 받으나 구성분인 회분함량에는 손상이 없음을 보였다고 할 수 있다. 이러한 경향은

Peterson 등의 연구(24)에서도 나타나 있다.

칼슘의 함량은 군간에 유의적 차이가 있어 0.05% 탄산칼슘군에서 가장 낮았고 나머지 4군간에는 유의적 차이가 없었다. 난각분 강화라면군의 칼슘수준(0.15%)이 일반라면군(0.08%)보다 높았으나 뼈의 칼슘을 유의적으로 증가시키기에 충분한 차이는 아닌 것으로 나타났다. 이는 저칼슘식에 적응된 성장속도가 완전한 쥐에서는 뼈의 성장과 칼슘 축적에서 차이를 나타내기 위해서는 충분하지 못한 실험기간으로 인한 결과일 수도 있다. 회분량에 대한 칼슘의 비율은 두 뼈에서 상당한 차이(27~42%)가 있었고 식이군에 따른 영향도 다르게 나타나 서로 다른 뼈들이 동일한 식이조건에서 다르게 반응함을 보였다. 이러한 상반된 반응은 다른 연구자(25)의 보고에서도 견갑골과 대퇴골(21% vs 30%)에서 나타났다.

본 연구에 이용된 시판 난각분 강화라면을 현실적으로 3식 중 1회 또는 일주일에 수차례 정도의 라면을 섭취한다고 본다면 현 수준보다는 2배 이상의 칼슘강화가 효과적인 수 있으며 영양표시와 소비자 교육을 통해 칼슘영양에 기여할 수 있을 것이다.

칼슘의 겉보기 흡수율

실험 종료전 3일간의 식이 칼슘섭취량과 변 중 칼슘 배설량에서 산출한 겉보기 흡수(apparent absorption)에 대한 자료는 Table 8에 제시하였다. 탄산칼슘, 탈지분유, 난각분 강화라면(ESP-R)군에서 0.15% Ca 동일 수준에서는 겉보기 흡수율이 동일하여 난각분 강화라면의 생체 이용성이 다른

Table 6. Dry weight, ash, and calcium content of tibia

Group	Dry weight		Ash weight		Calcium content		Calcium/Ash (%)
	(mg)	(mg/100 BW)	(mg)	(% of dry wgt)	(mg)	(% of dry wgt)	
CaCO ₃ 0.05% Ca	365.6±12.62 ^{1)a2)}	142.5±5.95	200.4±7.33 ^a	54.8±0.58	55.2±1.85 ^a	15.1±0.21 ^{ab}	27.6±0.56 ^{ab}
CaCO ₃ 0.15% Ca	406.7±9.09 ^{bc}	145.1±4.21	243.7±11.68 ^c	55.8±0.57	64.7±1.61 ^b	15.9±0.20 ^{bc}	28.5±0.34 ^{bc}
NFDM 0.15% Ca	417.8±7.77 ^c	133.3±4.11	231.8±5.03 ^{bc}	55.5±0.18	63.0±1.12 ^b	15.1±0.25 ^{ab}	27.2±0.51 ^{ab}
ESP-R 0.15% Ca	411.2±9.31 ^c	136.1±2.71	227.8±4.71 ^{bc}	55.4±0.35	60.3±2.55 ^b	14.7±0.39 ^a	26.5±0.77 ^a
Gen-R 0.08% Ca	382.3±4.94 ^{ab}	135.4±2.83	214.5±3.39 ^{ab}	56.1±0.43	63.7±1.82 ^b	16.6±0.30 ^c	29.7±0.64 ^c
Signif ³⁾ (P value)	** (0.002)	NS (0.204)	** (0.003)	NS (0.363)	* (0.015)	*** (0.000)	** (0.006)

¹⁾Values are mean±SE with n=5~6.

²⁾Values within a column with different superscripts are significantly different at α=0.05 by Duncan's multiple range test.

³⁾Significance by one-way ANOVA. NS: not significant. *, **, ***: significant at p<0.05, p<0.01, p<0.001, respectively.

Table 7. Dry weight, ash, and calcium content of femur

Group	Dry weight		Ash weight		Calcium content		Calcium/Ash (%)
	(mg)	(mg/100 BW)	(mg)	% of dry wgt	(mg)	% of dry wgt	
CaCO ₃ 0.05% Ca	457.0±9.39 ^{1)a2)}	179.1±10.92	264.2±6.49 ^a	54.8±0.58	93.6±1.29 ^a	20.5±0.62 ^a	35.6±1.37 ^a
CaCO ₃ 0.15% Ca	501.3±16.40 ^b	178.5±4.71	292.5±10.51 ^b	55.8±0.57	104.5±5.58 ^b	20.8±0.62 ^{ab}	35.7±1.06 ^a
NFDM 0.15% Ca	527.3±8.78 ^b	168.2±4.82	307.5±6.24 ^b	55.5±0.18	111.8±3.02 ^b	21.2±0.34 ^{ab}	36.4±0.37 ^{ab}
ESP-R 0.15% Ca	503.7±10.22 ^b	166.6±1.54	301.7±6.41 ^b	55.4±0.35	126.3±3.28 ^b	25.1±0.70 ^c	41.9±1.03 ^c
Gen-R 0.08% Ca	494.3±4.81 ^b	175.2±3.65	287.8±4.35 ^b	56.1±0.43	110.8±2.24 ^b	22.4±0.39 ^b	38.5±0.60 ^b
Signif ³⁾ (P value)	** (0.004)	NS (0.375)	** (0.004)	NS (0.363)	*** (0.000)	*** (0.000)	** (0.000)

¹⁾Values are mean±SE with n=5~6.

²⁾Values within a column with different superscripts are significantly different at α=0.05 by Duncan's multiple range test.

³⁾Significance by one-way ANOVA. NS: not significant. *, **, ***: significant at p<0.01, p<0.001, respectively.

Table 8. Intake, excretion and apparent absorption of calcium of rats

Group	Ca intake/3 days (mg)	Ca excretion/3 days (mg)	Apparent absorption (%)
CaCO ₃ 0.05% Ca	71.8±9.6 ^{1)a2)}	29.6±3.1 ^a	63.2±0.03 ^a
CaCO ₃ 0.15% Ca	200.1±45.8 ^b	32.2±7.5 ^a	80.4±0.05 ^b
NFDM 0.15% Ca	296.1±19.1 ^c	58.0±7.6 ^b	80.0±0.02 ^b
ESP-R 0.15% Ca	286.1±9.2 ^c	58.6±8.1 ^b	79.2±0.03 ^b
Gen-R 0.08% Ca	141.4±13.0 ^{ab}	38.7±4.0 ^a	72.3±0.01 ^{ab}
Signif ³⁾ (P value)	*** (0.000)	** (0.002)	* (0.017)

¹⁾Values are mean±SE with n=5~6.

²⁾Values within a column with different superscripts are significantly different at $\alpha=0.05$ by Duncan's multiple range test.

³⁾Significance by one-way ANOVA. NS: not significant. *, **, ***: significant at $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$, respectively.

칼슘공급원과 차이가 없음을 보여 주었다. 단, 저칼슘군(0.05%)은 섭취량에 비해 배설량이 많아 결보기 흡수율이 오히려 낮아져(Table 8) 섭취수준이 낮을수록 흡수율이 높아진다는 일반적인 이론(26)과는 차이가 났다. 인체에서는 흡수율이 평균적으로 26~36% 수준으로 저조하여(26), 흡수율을 증가시킬 수 있는 방안을 모색하게 된다. 한편 본 실험과 유사한 조건의 동물실험에서는 흡수율이 60~95% 범위에 있어 인체와는 상당한 차이를 보이고 있다(11,25,27).

요 약

한국인의 칼슘영양 향상을 위한 칼슘공급원으로서 난각분의 효용성을 검토한 연구에 바탕하여 난각분을 첨가한 시판 라면의 칼슘영양 향상효과를 저칼슘식을 투여받은 성장기 흰쥐를 이용하여 검토하였다. 실험은 3주령의 SD 쥐를 저칼슘식으로 2주간 사육 후 무작위로 5군으로 나누어 대조군으로 0.05% 저칼슘(CaCO₃)식이, 일반 라면식이(칼슘수준 0.08%), 나머지 3군은 0.15% 칼슘 수준이 되도록 탄산칼슘, 탈지분유, 난각분 강화라면으로 조성한 식이와 탈 이온수를 임의 섭취로 4주간 투여하고 식이 섭취와 체중을 측정하였다. 마지막 3일 간의 변을 수거하였고, 희생하여 대퇴골과 경골을 추출하여 칼슘 이용효율을 측정하였다. 실험결과는 칼슘공급원에 구별 없이 0.15% 칼슘군들이 0.05% 칼슘 공급군보다 체중, 경골, 대퇴골의 무게, 길이, 회분 및 칼슘함량에서 유의적으로 향상되었다. 결보기 흡수율도 칼슘 공급원에 따른 차이는 없어 난각분이 탄산칼슘이나 탈지분유와 동일한 수준의 생체 이용성을 나타냄을 뒷받침하였다. 난각분 강화라면군은 동일 칼슘수준의 탄산칼슘군보다는 뼈의 무게에서 나왔으나 경골 무게는 탈지분유군보다는 뒤떨어졌다. 길 이자람에서는 차이가 없었다. 뼈의 강도는 경골에서만 유의적으로 칼슘수준이 증가함에 따라 증가되었고, 대퇴골에서는 수치상으로 칼슘수준이 증가함에 따라 증가되었다. 칼슘공급원에 따른 차이는 없었다. 본 연구결과는 난각분은 칼슘공급원으로, 또 라면은 칼슘강화의 매개체로 칼슘이 아주 부족한 집단에서 활용될 수 있음을 시사한다. 단 라면의 생성공정에 이용되는 유지나 스프의 높은 나트륨 함량 등 건강식품으로 는 제한점이 있는 만큼 이를 개선하고 편의식품으로 일반인

들의 섭취 빈도나 한국인의 칼슘섭취 수준을 감안하여 현 강화수준의 2배 정도로 높이고, 또 칼슘필요량이 높은 집단을 위하여 스프 등을 차별화 하는 방안을 고려해 볼 수 있겠다. 이와 아울러 소비자들이 영양표시를 활용하도록 영양교육을 확대하여 칼슘 충분섭취량(AI)이 높은 성장기, 폐경기 여성, 노년층 인구집단의 칼슘영양 향상에 난각분 강화라면이 기여토록 할 수 있을 것이다.

문 헌

1. Korean Health Industry Development Institute/Ministry of Health and Welfare. 2003. 2001 national health and nutrition survey report.
2. Heaney RP. 1993. Nutritional factors in osteoporosis. *Ann Rev Nutr* 13: 287-366.
3. Lawrence MR. 1987. Dietary calcium and hypertension. *J Nutr* 117: 1806-1808.
4. NIH Consensus Statement. 1994. Optimal calcium intake. *J Am Med Assoc* 272: 1942-1948.
5. FNB/Institute of Medicine. 1997. *Dietary reference intakes. Calcium, phosphorus, magnesium, Vit D and fluoride*. National Academy Press, Washington D.C.
6. Korean Society of Nutrition. 2000. *Korean Recommended Dietary Allowances*. 7th rev.
7. Chang (Hong) SO. 1999. Current status of nutrient fortification in processed foods and food fortification policies in other countries. labeling. *J Korean Dietet Assoc* 5: 205-214.
8. Chang (Hong) SO. 1998. Current status of nutrient fortification in processed foods and nutrition labeling. *J Korean Dietet Assoc* 4: 160-167.
9. FAO/UN. 1996. Food fortification: Technology and quality control. FAO.
10. Cook JD, Dassenko SA, Whittaker P. 1991. Calcium supplementation: effect on iron absorption. *Am J Clin Nutr* 53: 106-111.
11. Schaafsma A, Beelen GM. 1999. Eggshell powder, a comparable or better source of calcium than purified calcium carbonate: piglet studies. *J Sci Food Agric* 79: 1596-1600.
12. Schaafsma A, Doormaal JJ van, Muskiet FA, Hofstede GJ, Pakan I, van der Veer E. 2002. Positive effects of a chicken eggshell powder-enriched vitamin-mineral supplement on femoral neck bone mineral density in healthy late postmenopausal Dutch women. *Br J Nutr* 87: 267-275.
13. Makai F, Chudacek J. 1991. The treatment of osteoporosis with Biomin-H. *Arch Gerontol Geriatr* 2: 487.
14. Chang SO. 2003. A study on the calcium bioavailability of eggshell powder in the growing rats. *Korean J Nutrition*

- 36: 684-690.
15. Schaafsma A, Pakan I, Hofstede GJH, Muskiet FAJ, Van Der Veer E, De Vries PJF. 2000. Mineral, amino acid, and hormonal composition of chicken eggshell powder and the evaluation of its use in human nutrition. *Poultry Science* 79: 1833-1838.
 16. Korean Health Industry Development Institute. 2000.12.15. 2010 Objectives and strategy for national health promotion.
 17. Ranhotra GS, Gelroth JA, Torrence FA, Bock MA, Winterringer GL. 1981. Bread (white and whole wheat) and nonfat dry milk as sources of bioavailable calcium for rats. *J Nutr* 111: 2081-2086.
 18. Poneros AG, Erdman JW. 1988. Bioavailability of calcium from tofu, tortillas, nonfat dry milk and mozzarella cheese in rats: effects of supplemental ascorbic acid. *J Food Sci* 53: 208-210.
 19. Chung HK, Chang N, Lee HS, Chang YE. 1996. The effect of various types of calcium sources on calcium and bone metabolism in rats. *Korean J Nutrition* 29: 480-488.
 20. Won HR, Oh JH. 2002. Effect of calcium supplement on bioavailability of calcium in rats fed soy protein diet. *Korean J Community Living Science* 13: 53-61.
 21. O JH, Lee YS. 1993. Effects of dietary calcium levelson the reduction of calcium availability in ovariectomized osteoporosis model rats. *Korean J Nutrition* 26: 277-286.
 22. Lee YS, Kim EM. 1998. Effect of ovariectomy and doetary calcium levels on bone metabolism in rats fed low calcium diet during growing period. *Korean J Nutrition* 31: 279-288.
 23. Ranhotra GS, Gelroth JA, Torrence FA, Bock MA, Winterringer GL. 1981. Bread (white and whole wheat) and nonfat dry milk as sources of bioavailable calcium for rats. *J Nutr* 111: 2081-2086.
 24. Peterson CA, Eurell JO, Erdman JW. 1992. Bone composition and histology of young growing rats fed diets of varied calcium bioavailability: Spinich, nonfat dry milk, or calcium carbonate added to casein. *J Nutr* 122: 137-144.
 25. Chung HK, Chang N, Lee HS, Chang YE. 1996. The effect of various types of calcium sources on calcium and bone metabolism in rats. *Korean J Nutrition* 29: 480-488.
 26. Allen LH. 1982. Calcium bioavailability and absorption: a review. *Am J Clin Nutr* 35: 783-808.
 27. Won HR, Oh JH. 2002. Effect of calcium supplement on bioavailability of calcium in rats fed soy protein diet. *Korean J Community Living Science* 13: 53-61.

(2005년 7월 12일 접수; 2005년 9월 26일 채택)