

동해산 재래종 다시마 (*Kjellemaniella crassifolia*)의 식이가 흰쥐 체내의 칼슘흡수, 혈액조성 및 분변에 미치는 영향

이진경 · 임영선* · 주동식** · 정인학⁺

⁺강릉대학교 해양생명공학부, ^{*}강릉대학교 동해안해양생물자원연구센터

^{**}동해대학교 관광외식산업학과

Effects of Diet with Sea Tangle (*Kjellemaniella crassifolia*) on Calcium Absorption, Serum Composition and Feces in Rats

Jin-Gyeong LEE, Yeong-Seon LIM*, Dong-Sik JOO** and In-Hak JEONG⁺

Faculty of Marine Bioscience and Technology, Kangnung National University, Gangneung 210-702, Korea

^{*}East Coastal Marine Bioresources Research Center (EMBRC), Kangnung National University, Gangneung 210-702, Korea

^{**}Dept. Tourism and Foodservice Industry, Donghae University, Donghae 240-713, Korea

The present study was designed to examine how sea tangle intake contributes to the content of bone calcium and breaking force of femur with growing female rats. Weaned rats were fed on experimental diets consisting in four levels of sea tangle powder; 0% (control), 0.5%, 1.0% and 1.5% for 4 and 8 weeks. Body weight gain and feed intake were not significantly affected by added amount of sea tangle. Bone breaking strength, ash content and calcium levels of the femur of rats fed on diets with sea tangle were higher than those of control groups ($p < 0.05$). But moisture content, weight and length of femur did not show any significant difference among groups. TP, ALB, TC, TG, ALP, osteocalcin, GOT and GPT levels in serum did not show any significant difference through the total feeding period but calcium and phosphorus contents of serum increased with increase in feeding period, significantly in 0.05% level by added amounts of sea tangle. Calcium levels in feces increased significantly ($P < 0.05$), but ash levels were not changed significantly by added amount of sea tangle. We could expect from this results that the ingestion of sea tangle (*Kjellemaniella crassifolia*) could be helpfull to increase bone calcium content and calcium absorption as well as to intensify the femur strength and to increase the calcium content of rats.

Key words: Sea tangle (*Kjellemaniella crassifolia*), Ca content, Bone breaking force, Weight gain, Feces moisture content

서 론

칼슘은 인체에 가장 많이 존재하는 무기질 원소로 일반 성인의 경우 체중의 약 2%인 1,200 g 정도를 체내에 보유하고 있으며, 체내 칼슘의 99%는 골격과 치아를 형성하고 있고, 나머지 1% 정도만이 근육의 수축과 이완, 규칙적 심장박동, 혈액응고, 효소의 활성화, 세포 내 자극 및 흥분의 전달과 같은 생리활성 조절기능을 담당하고 있다 (Einhorn et al., 1990; Allen and Wood, 1994). 이처럼 여러 가지 체내 조절기능을 담당하고 있는 혈청 내 칼슘의 농도는 10 mg/dL 전후로 항상 일정하게 유지되고 있으며 (Frances and Denise, 1988), 칼슘의 공급이 장기간 결핍되게 되면 골격과 치아로부터 칼슘이 빠져나와 골다공증 (osteoporosis), 구루병 (rickets), 테타니 (tetany)와 같은 결핍증이 유발되고 (Allen and Wood, 1994; Scalmati et al., 1992; McCarren, 1997), 그에 따라 칼슘농도가 낮아진 뼈는 골절이 되기 쉽다 (Chung et al., 1999). 한편, 음식으로부터 섭취된 칼슘은 장에서 흡수되나 그 흡수율은 비교적 낮으며, 칼슘존재형태, 섭취량 및 비타민 등 기타의 식이 인자에 의하여 영향을 받는다 (Allen and Wood, 1994). 우리나라의 식이에서 칼슘의 흡수율은 12~46% 정도로 보고되고 있으며, 일반적으로 섭취량의 20~80% 가량이 대변으로 배설되는

것으로 알려져 있다. 최근 우리나라의 성인들이 식사를 통해 섭취하는 1일 칼슘 평균량은 511 mg으로 1일 권장량 700 mg에 미치지 못하고 있으므로, 칼슘 보충제에 대한 관심과 소비가 점차 증가하고 있는 추세이다 (보건복지부, 2000).

한편, 우리나라의 해조산업은 일본으로의 수출부진, 국내의 소비한계, 식생활 습관의 변화 및 다양한 경쟁상대식품의 공급확대 등으로 인해 한계에 직면하고 있다. 1995년 671,467 M/T 이상에 달하던 해조류 생산량이 점차 감소하여 2000년에는 387,479 M/T 이하로 감소하였으며 (해양수산통계연보, 2001), 이러한 현실적 어려움을 벗어나기 위해서는 해조의 영양학적 특성의 구명을 통해 해조제품에 대한 기호성을 향상시킬 필요가 있다. 우리나라의 해조류 생산량 중 툄, 우뭇가사리, 미역 다음으로 많은 다시마의 강원도 생산량은 710 M/T로 전국 다시마 생산량 1,795 M/T의 40%를 차지하고 있으며 (수산연감, 1999), 이 중 *Laminaria*속이 20% 가량이고 나머지는 *Kjellmanicalla*속이다 (해양수산통계연보, 1999). 다시마는 현재 해조공업에서 다양한 용도로 이용되고 있는 알긴산 및 푸코이단 등 뿐 만 아니라 무기성분인 칼슘도 500~1,000 mg/100 g 정도로 다량 함유되어 있지만 (Koo et al., 1995), 여기에 대한 연구보고는 미비한 실정이다.

본 연구에서는 저이용 대량 식생 해조인 동해산 재래종 다시마 (*Kjellmanicalla crassifolia*)를 이용하여 고부가가치 칼슘 공급원을 개발하기 위한 일련의 기초연구로서, 다시마 식이의 첨가가 흰쥐

⁺Corresponding author: ihjeong@kangnung.ac.kr

체내의 칼슘흡수, 혈액조성 및 분변에 미치는 영향을 살펴보았다.

재료 및 방법

실험 설계와 동물

체중 30~40g의 3주령 암컷 흰쥐 (Spargue-Dawley female rats) 110마리를 구입하여 1주일간 정상사료로 적응시킨 뒤, 난괴법 (randomized complete block design)으로 4주, 8주의 1군에 12마리씩 4군으로 총 96마리로 나누어 polycarbonate 재질의 rat cage에서 실험사료로 사육하였다. 사육실의 환경은 온도 $23 \pm 2^\circ\text{C}$, 상대습도 $57 \pm 5\%$, light-dark cycle 12시간 단위로 일정하게 유지하였으며, 실험 사료와 탈이온수는 완전자유 급식 형태로 공급하였고, 실험 기간 동안의 사료 섭취량은 격일마다, 체중은 1주일마다 한번 일정 시간에 측정하였다.

실험사료

본 실험에 사용된 기본 사료는 Table 1과 같이 AIN-76 정제식이 (Report of AIN, 1977) 조성을 따랐으며, 실험사료의 원료로는 시판되는 정제 카제인 (Australia ADI), 옥수수전분 (대상), 옥수수기름 (제일제당), 비타민 혼합물 (AIN-76; ICN Biomedicals Inc., U.S.A), 무기질 혼합물 (AIN-76; ICN Biochemicals Inc., U.S.A), 정백당 (대한제당), 셀룰로즈 (보락), DL-methionine (Reserch Chem., U.S.A) 그리고 choline bitartrate (Junsei Chem., Japan)를 사용하였다. 다시마 분말은 동해산 재래종 다시

Table 1. Composition of experimental diet (g/kg diet)

Ingredient	Diet			
	ED-0	ED-0.5	ED-1.0	ED-1.5
Casein	200	200	200	200
DL-methionine	3	3	3	3
Corn starch	150	150	150	150
Sucrose	500	500	500	500
Cellulose	50	50	50	50
Corn oil	50	50	50	50
Mineral mixture ¹⁾	35	35	35	35
Vitamin mixture ²⁾	10	10	10	10
Choline bitartrate	2	2	2	2
Seatangle powder	0	5	10	15

¹⁾ AIN Mineral mixture 76

calcium phosphate 500 mg, sodium chloride 74 mg, potassium sulfate 52 mg, magnesium oxide 24 mg, manganese carbonate 3.5 mg, ferric citrate 6 mg, zinc carbonate 1.6 mg, cupric carbonate 0.3 mg, potassium iodate 0.01 mg, sodium selenite 0.01 mg, chromium potassium sulfate 0.55 mg, sucrose, finely powdered 118 mg

²⁾ AIN vitamin mixture 76

thiamine HCl 600 mg, riboflavin 600 mg, pyridoxine HCl 700 mg, nicotinic Acid 3 mg, D-calcium pantothenate 1.6 mg, folic acid 200 mg, D-biotin 20 mg, cyanocobalamin 1 mg, vitamin A 250,000 IU, DL- α -tocopherol acetate 250 IU, cholecalciferol 250 mg, menaquinone 5 mg, sucrose, finely powdered 972.9 mg

마인 *Kjellmaniella crassifolia* (회분함량 41%, 칼슘함량 760 mg/100 g) 분말을 강릉시 사근진에 소재하는 경포대 수산식품에서 구입하였으며, 원료 총량에 대해 다시마를 0%, 0.5%, 1.0%, 1.5%로 첨가 한 후 탈이온수를 kg당 300 mL 가하여 stick 형태의 고품사료로 제조하였다. 제조한 사료는 음전한 후 4°C에서 보관하며 공급하였다.

시료수집

실험 사료로 사육한 흰쥐를 4주 후와 8주 후에 각 군별 12마리씩 희생하여 시료인 혈액, 대퇴골을 수집하였다. 흰쥐는 희생시키기 전 24시간 절식시키고 di-ethyl ether로 마취한 후, 경동맥혈에서 혈액을 채취하였다. 채취한 혈액은 4°C 저온고에서 30분 방치한 후 원심 분리 (3,000×g, 25 min)하여 혈청을 얻었으며, 분석 전까지 -20°C 이하에서 냉동 보관하였다. 혈액을 채취한 흰쥐는 대퇴골을 적출하여 뼈조직에 부착되어 있던 근육, 인대, 지방 등을 전부 제거하였다. 번의 수집은 사육 4주와 8주가 되기 이틀 전에 흰쥐를 metabolic cage로 옮겨 24시간 수집하였다.

시료분석

수분함량은 105°C 상압가열건조법, 회분함량은 건식회화법으로 측정하였으며 (AOAC, 1999), 칼슘함량은 시료를 건식 회화하여 HCl과 HNO_3 로 용해 시킨 후 원자분광광도계 (Perkin Elmer PK-300, U.S.A)로 측정하였다. 대퇴골의 습중량을 측정하고, 길이는 vernier caliper에 의해 대전자 (greater trochanter)와 내측과 (medial condyle) 사이를 측정하였으며, 대퇴골의 강도는 texture analyser (TA-XY2i, Stable Micro Systems Ltd., U.K.)를 이용하여 plunger가 대퇴골의 중심부위에 오도록 조정된 후 3 mm/sec의 속도로 하강시켜 대퇴골을 파단 시키도록 하였다. 이때 plunger에 가해진 하중량 (kg)을 길이 (mm) 및 두께 (mm)에 대한 hardness (kg)로 나타내었다. 혈청 분석은 ADVIA 1650 (Bayer, U.S.A)를 이용하여 총단백질, 총콜레스테롤, 알부민, 혈당 및 중성지질은 end point법의 increassing reaction으로, GOT (Glutamic oxaloacetic transaminase), GPT (Glutamic pyruvic transaminase)는 decreassing reaction으로 측정하였으며, alkaline phosphatase는 increassing reaction의 kinetic법으로 측정하였다. 그리고 osteocalcin는 COBRA II (Packard, U.S.A)를 이용한 IRMA (Immunoradiometric assay) 면역방사계수법으로 측정하였다.

통계분석

모든 실험 결과는 Ducans multiple range test (Ducan, 1995)로 처리하여, 평균 \pm 표준편차로 나타내었으며, 평균간의 유의성은 Computer Program Statistix Version 4.0 (Statistix Inc., 1992)을 사용하여 95% 수준에서 검정하였다.

결과 및 고찰

사료의 칼슘 및 회분함량

본 실험에 사용한 사료의 칼슘 및 회분함량은 Table 2와 같다. 사료의 칼슘 및 회분 함량은 다시마 첨가 사료가 대조 사료에 비해

Table 2. Ash and calcium contents in feed

Diet	Ash (%)	Calcium (mg/g)
ED ²⁾ -0	3.0 ± 0.1 ^{b1)}	4.0 ± 0.1 ^b
ED-0.5	3.4 ± 0.3 ^a	4.4 ± 0.1 ^a
ED-1.0	3.3 ± 0.0 ^a	4.4 ± 0.0 ^a
ED-1.5	3.5 ± 0.1 ^a	4.5 ± 0.1 ^a

¹⁾ Values (mean ± S.D., n=5) within a column with different superscripts are significantly difference at p<0.05 by Ducan's multiple range test.

²⁾ Refer to Table 1.

1.1배 정도 높았으며, 다시마 첨가 수준에 따라서는 거의 차이가 없었다. 이는 본 실험에 사용된 동해산 재래종 다시마에는 칼슘이 약 760 mg/100g 함유되어 있어 대조 사료와 함량의 차이를 보였으며, 사료의 회분 함량의 차이는 다시마 첨가수준에 따른 칼슘 함량의 차이 때문인 것으로 판단된다.

사료 섭취량 및 체중 증가량

흰쥐의 사료 섭취량과 체중 증가량은 Table 3과 같다. 사육기간 동안 대조군과 다시마 첨가군 간의 사료 섭취량은 거의 차이를 보이지 않아 실험동물이 다시마에 대한 거부반응은 없었다. 사육 8주 후에는 체중 증가량이 평균값으로 볼 때 다시마 첨가 수준이 높아짐에 따라 비례하여 감소하는 경향을 보였다. 이는 다시마 식이 섬유에 의한 체중 증가 억제 효과를 보이며, 다시마 첨가수준에 따라서는 뚜렷한 유의적인 차이가 없었다. 이러한 결과에서 볼 때 1% 정도의 소량의 다시마를 장기간 섭취하면 체중감량 효과를 얻을 수 있을 가능성은 충분히 있다고 예측되며 보다 장기적인 사육 실험이 필요하다고 본다. Sung et al. (2000)의 해조류 첨가 사료의 동물실험에서 10일 정도의 짧은 사육기간에서는 뚜렷한 체중 억제 효과의 유의적인 차이를 보기 어렵다고 보고한 바 있다.

Table 3. Feed intake and weight gain of rats

Period (week)	Diet	Feed intake (g/day, a rat)	Weight gain (g/day, a rat)
4	ED ²⁾ -0	14.0 ± 1.5 ^{ns1)}	24.7 ± 11.6 ^{ns}
	ED-0.5	13.2 ± 1.3	25.0 ± 10.9
	ED-1.0	13.4 ± 1.0	24.7 ± 11.1
	ED-1.5	13.4 ± 1.2	24.8 ± 11.0
8	ED-0	13.5 ± 1.8 ^{ns}	14.8 ± 4.6 ^{ns}
	ED-0.5	13.1 ± 1.2	13.7 ± 4.3
	ED-1.0	13.6 ± 1.5	12.9 ± 3.0
	ED-1.5	13.6 ± 1.5	12.4 ± 2.8

¹⁾ NS: Not significant at p<0.05 by Ducan's range test.

²⁾ Refer to Table 1.

대퇴골의 습중량, 길이, 수분 및 회분 함량

대퇴골의 습중량, 길이, 수분 및 회분함량은 Table 4와 같다. 대퇴골의 길이에서는 유의적인 결과가 나타나지 않았으나 회분 함량에서는 사육기간이 8주 후에 이르러 다시마 첨가군에서 유의적

Table 4. Wet weight, length, moisture and ash of femur

Period (week)	Diet	Wet weight (g)	Length (mm)	Moisture (%)	Ash (%)
4	ED ³⁾ -0	1.2 ± 0.1 ^{ns1)}	31.3 ± 0.4 ^{ns2)}	41.8 ± 1.6 ^{ns}	33.8 ± 1.5 ^b
	ED-0.5	1.2 ± 0.1	30.9 ± 0.8 ^b	41.5 ± 1.5	34.8 ± 1.1 ^{ab}
	ED-1.0	1.2 ± 0.1	31.2 ± 0.7 ^a	41.6 ± 2.0	35.0 ± 1.5 ^a
	ED-1.5	1.2 ± 0.1	30.7 ± 0.4 ^b	42.3 ± 1.9	34.3 ± 1.7 ^{ab}
8	ED-0	1.4 ± 0.1 ^a	34.0 ± 0.6 ^{ab}	33.2 ± 0.8 ^a	42.8 ± 1.0 ^b
	ED-0.5	1.3 ± 0.1 ^b	33.6 ± 0.5 ^b	32.0 ± 1.5 ^b	44.1 ± 1.3 ^a
	ED-1.0	1.4 ± 0.1 ^a	33.7 ± 0.9 ^{ab}	33.4 ± 1.5 ^a	43.3 ± 1.3 ^{ab}
	ED-1.5	1.5 ± 0.1 ^a	34.0 ± 0.9 ^a	33.4 ± 1.0 ^a	43.2 ± 1.1 ^{ab}

¹⁾ NS: Not significant at p<0.05 by Ducan's range test.

²⁾ Values (mean ± S.D., n=12) within a column with different superscripts are significantly difference at p<0.05 by Ducan's multiple range test.

³⁾ Refer to Table 1.

인 차이를 인정할 수 있는 증가를 보였다. 특히 대퇴골의 길이 성장은 사료섭취보다는 유전적인 소인이 더 큰 영향을 미친다고 보고된 바 있다 (Perterson et al., 1995; Lee et al., 1997). 사육기간 동안 대퇴골간의 중량은 거의 일정하였으며, 길이 및 대퇴골의 회분함량은 증가한 반면, 수분함량은 감소한 것으로 나타나 성장기간 동안 대퇴골의 강도가 단단해지고 있음을 보여 주고 있다. 사육 8주 후 대퇴골의 회분함량은 다시마 첨가군에서 대조군에 비해 모두 높게 나타났다. 특히 0.5% 다시마 첨가군에서 회분함량은 가장 높게 수분함량은 가장 낮은 값을 보였다. 이로부터 다시마 첨가군의 대퇴골의 칼슘함량과 강도는 대조군에 비해 높을 것으로 예상된다. 또한 뼈의 강도는 칼슘과 인의 골격대사에 의해 이루어진다는 보고가 되어 있다 (Chung et al., 1996).

대퇴골의 강도 및 칼슘 함량

다시마 첨가 수준에 따라 사료의 조성을 달리하여 사육한 8주 후의 대퇴골의 칼슘함량은 Fig. 1, 대퇴골의 강도는 Fig. 2와 같다. 모든 군에서 사육 4주에 비해 사육 8주에서 칼슘함량이 약 1.3배 정도 높아졌으며, 대퇴골의 강도는 약 4.9~5.5배 정도 강해졌다. 특히 대조군에 비해 다시마 첨가군이 대퇴골의 강도가 큰 것은 대퇴골의 칼슘함량이 높기 때문으로 판단되며, 이는 다시마의 첨가가 칼슘이 뼈로의 흡착에 긍정적인 영향을 미친 것으로 평가할 수 있을 것이다. 본 연구 결과는 Lee et al. (1997)에서도 칼슘 섭취 수준이 증가함에 따라 대퇴골의 칼슘함량이 증가한다고 보고하였으며, Kalu et al. (1989)과 Donahue et al. (1988)은 칼슘섭취가 증가할수록 대퇴골의 칼슘함량이 증가하였다고 하였고, 칼슘 섭취량과 골 밀도간의 양의 상관관계에 관한 보고는 인체 및 동물실험에서도 입증된 바 있다 (Lee et al., 1994; Chan, 1991). 칼슘의 섭취 수준에 의한 성장기 쥐를 대상으로 한 실험결과들에서는 식이에 의한 골격대사의 변화가 잘 나타나지 않는 것으로 보고되어 있으나 (Ismail et al., 1988; Kochanowski., 1990; Perterson et al., 1988; Perterson et al., 1992) 본 연구에서는 사용한 실험동물의 나이가 이유 후 급속한 성장을 하는 성장기였고, 실험기간이 비교

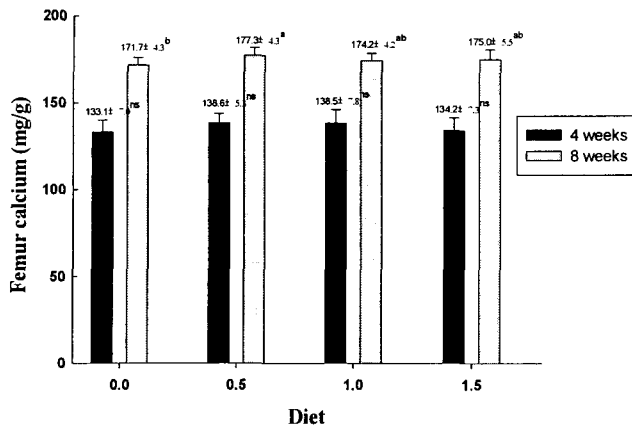


Fig. 1. Calcium content of femur in different feed.
 1) NS: Not significant at $p < 0.05$ by Duncan's range test.
 2) Values (mean \pm S.D., $n = 12$) within a column with different superscripts are significantly difference at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.
 3) Refer to Table 1.

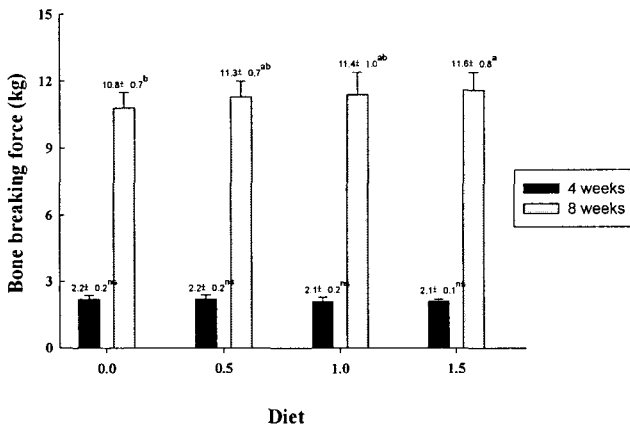


Fig. 2. Bone breaking force of femur in different feed.
 1) NS: Not significant at $p < 0.05$ by Duncan's range test.
 2) Values (mean \pm S.D., $n = 12$) within a column with different superscripts are significantly difference at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.
 3) Refer to Table 1.

적 단기간임에도 불구하고 다시마 첨가에 따른 골격대사의 변화는 다시마의 식이가 칼슘을 뼈로 흡착을 촉진시키고 있음을 단적으로 보여주고 있다.

혈청 분석

혈 중 단백질 성분인 총 단백질, 알부민 농도, 혈당 및 총 콜레스테롤 및 중성지질의 함량을 측정된 결과는 Table 5와 같으며, 8 주 사육기간 동안 대조군과 다시마 첨가군간에 유의적인 차이를 보이지 않아 다시마 첨가에 따른 실험동물의 영양상태는 양호하였다. 혈청 총 단백질 함량은 성장, 연령, 운동량 등에서 다소 차

Table 5. Total protein, albumin, glucose, total cholesterol and triglyceride content in serum

Period (week)	Diet	Total protein (g/dL)	Albumin (g/dL)	Glucose (mg/dL)	Total cholesterol (mg/dL)	Triglyceride (mg/dL)
4	ED ³⁾ -0	6.1 \pm 0.2 ^{ns1)}	3.7 \pm 0.1 ^{ns}	95.3 \pm 5.6 ^{ns}	83.6 \pm 5.0 ^{ns}	66.3 \pm 6.5 ^{ns}
	ED-0.5	5.9 \pm 0.2	3.7 \pm 0.1	93.3 \pm 7.0	85.8 \pm 7.8	64.0 \pm 5.3
	ED-1.0	5.9 \pm 0.2	3.7 \pm 0.1	95.8 \pm 7.5	81.8 \pm 5.5	68.9 \pm 7.8
	ED-1.5	6.0 \pm 0.1	3.6 \pm 0.1	93.6 \pm 3.3	81.9 \pm 7.9	69.5 \pm 4.2
8	ED-0	6.5 \pm 0.2 ^{ns}	3.9 \pm 0.1 ^{ns}	119.9 \pm 5.6 ^{ns}	62.3 \pm 7.0 ^{b2)}	69.3 \pm 8.2 ^{ns}
	ED-0.5	6.6 \pm 0.4	4.0 \pm 0.2	118.8 \pm 12.2	67.6 \pm 5.7 ^{ab}	58.1 \pm 4.8
	ED-1.0	6.5 \pm 0.3	4.0 \pm 0.2	116.0 \pm 10.1	69.8 \pm 5.8 ^{ab}	67.8 \pm 10.7
	ED-1.5	6.7 \pm 0.3	4.0 \pm 0.2	118.6 \pm 7.2	73.5 \pm 5.1 ^a	57.0 \pm 5.7

¹⁾ NS: Not significant at $p < 0.05$ by Duncan's range test.
²⁾ Values (mean \pm S.D., $n = 12$) within a column with different superscripts are significantly difference at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.
³⁾ Refer to Table 1.

이가 나지만 일반적으로 SD rat 암컷에서는 5.6~7.0 g/dL로 알려져 있으며 (이, 1997), 본 실험에서도 5.9~6.7 g/dL 비슷한 수준이었다.

사료의 다시마 첨가 수준에 따라 혈 중 총 콜레스테롤과 중성지질 함량 변화를 비교한 결과는 중성지질은 사육 4주 후와 사육 8주 후 모두에서 유의적인 차이는 없었으나, 사육 8주 후에서 대조군에 비해 다시마 첨가군에서 평균 중성지질이 감소하는 경향을 보였다. 이러한 연구 결과는 Choi et al. (1991; 1995)이 미역성분으로 알긴산을 투여한 연구와 유사하였으며, 다시마의 첨가량은 적지만 장기적으로 섭취 시에는 다시마의 알긴산이 중성지질의 억제효과에 관여할 가능성이 매우 높을 것으로 여겨진다. 한편 사육 4주 후 혈 중 총 콜레스테롤 총량은 대조군과 다시마 첨가군간에 유의적인 차이가 없었으며, 사육 8주 후에는 다시마 첨가군에서 증가하는 경향을 보였다. Choi et al. (1991)은 미역의 알긴산 투여 시 LDL-cholesterol은 저하되고, HDL-cholesterol은 증가되는 효과가 있어 성인병 예방효과가 있다고 발표하여, 본 실험결과에서도 총 콜레스테롤의 증가는 주로 HDL-cholesterol의 증가에 의한 것인지에 대한 연구를 더 해야 할 것으로 사료된다.

대조군과 다시마 첨가군에 따른 혈 중 칼슘, 인의 농도는 Table 6과 같다. 혈액의 칼슘농도는 끊임없는 내적, 외적변화에 대응하여 항상성을 유지하기 때문에 실험 요인을 변화시켜도 칼슘 농도는 보통 정상 범위 (7.2~13.9 mg/dL) 내에 있는 것으로 보고 되어 있으며 (Watson et al., 1994; Jeong et al., 1997; Mitruka and Rawnsley, 1987), 본 실험의 결과에서도 사육기간 동안 큰 차이를 보이지 않았다.

인의 농도에서도 사육 4주 후에는 유의적인 차이를 보이지 않았고, 사육 8주 후 1.5%군에서 유의적으로 증가하였지만, 모두 정상범위 (3.11~11.0 mg/dL) (Mitruka and Rawnsley, 1987)에 속했다. 일반적으로 골 대사 회전에서 혈 중 인 농도가 높으면 칼슘과 결합하여 CaHPO₄의 형태로 배출되고, 혈 중 칼슘의 농도가 낮으면 뼈에서 칼슘의 재 흡수가 일어나 체내 항상성을 유지한

Table 6. Calcium and phosphorus concentration in serum

Period (week)	Diet	Calcium (mg/dL)	Phosphorus (mg/dL)
4	ED ³⁾ -0	9.7 ± 1.3 ^{ns1)}	7.4 ± 1.3 ^{ns}
	ED-0.5	9.9 ± 0.2	7.6 ± 0.8
	ED-1.0	9.9 ± 0.6	7.9 ± 1.0
	ED-1.5	9.8 ± 0.5	7.6 ± 1.1
8	ED-0	10.5 ± 0.3 ²⁾	6.3 ± 0.7 ^b
	ED-0.5	10.4 ± 0.1 ^{ab}	5.6 ± 0.7 ^c
	ED-1.0	10.3 ± 0.2 ^b	6.2 ± 0.7 ^b
	ED-1.5	10.7 ± 0.2 ^a	7.0 ± 0.6 ^a

¹⁾ NS: Not significant at p<0.05 by Duncan's range test.
²⁾ Values (mean ± S.D., n=12) within a column with different superscripts are significantly difference at p<0.05 by Duncan's multiple range test.
³⁾ Refer to Table 1.

다고 하였다 (松本, 1984). 따라서 본 연구의 조건에서는 칼슘과 인의 농도에 변화를 일으키지 않았음을 알 수 있었다.

혈청 중의 ALPase, Osteocalcin, GOT 및 GPT 효소 활성은 Table 7과 같다. Lee et al. (1997)에 의하면 ALP활성은 성장기 초기(4주)에서는 비교적 높은 값을 유지하나 성숙기(8주 이후)에는 저하된다고 하였으나, 본 실험에서 4주, 8주에서 유의적인 차이는 없으나 4주보다 8주째의 실험군에서 약간의 증가경향을 보였다.

Osteocalcin은 골의 구조에서 hydroxyapatite 및 칼슘과 단단하게 결합되어 있는데 새로운 골 형성시 골아세포 활성을 간접적으로 반영하는 골형성 지표로 알려져 있으나, 본 실험에서는 다시마 첨가 수준에 따라 유의적인 차이는 없었으며, 4주와 8주에서도 별다른 차이가 없어 다시마가 골아세포 활성에 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다. 또한 대조군과 다시마 첨가군 간의 GOT, GPT의 활성이 유의적인 차이가 없는 것으로 나타나 다시마 첨가에 따른 부작용은 없었다고 생각된다.

변 중의 습중량, 건중량, 수분, 회분 및 칼슘 함량

변의 습중량, 건중량, 회분, 수분 및 칼슘의 함량은 Table 8에 나

Table 7. ALPase, osteocalcin, GOT and GPT content in serum

Period (week)	Diet	ALPase (U/L)	Osteocalcin (ng/mL)	GOT (U/L)	GPT (U/L)
4	ED ³⁾ -0	107.2 ± 9.9 ^{ns1)}	0.2 ± 0.1 ^{ns}	98.5 ± 9.5 ²⁾	27.4 ± 6.1 ^{ns}
	ED-0.5	114.5 ± 8.3	0.2 ± 0.1	91.5 ± 8.3 ^a	29.5 ± 5.1
	ED-1.0	110.2 ± 3.7	0.2 ± 0.1	78.8 ± 12.3 ^b	33.3 ± 7.9
	ED-1.5	99.5 ± 6.3	0.2 ± 1.1	87.2 ± 11.5 ^{ab}	34.6 ± 7.5
8	ED-0	113.3 ± 3.9 ^{ns}	0.1 ± 0.0 ^{ns}	90.9 ± 14.3 ^{ns}	29.9 ± 3.1 ^{ns}
	ED-0.5	122.1 ± 6.1	0.1 ± 0.0	101.5 ± 10.3	30.3 ± 4.9
	ED-1.0	117.1 ± 3.4	0.1 ± 0.0	102.2 ± 7.8	32.4 ± 4.9
	ED-1.5	97.8 ± 3.7	0.1 ± 0.0	99.8 ± 9.3	29.4 ± 3.3

¹⁾ NS: Not significant at p<0.05 by Duncan's range test.
²⁾ Values (mean ± S.D., n=12) within a column with different superscripts are significantly difference at p<0.05 by Duncan's multiple range test.
³⁾ Refer to Table 1.

Table 8. Wet weight, dry weight, moisture, ash and calcium of feces

Period (week)	Diet	Wet weight (g)	Dry weight (g)	Moisture (%)	Ash (%)	Calcium (mg/g)
4	ED ³⁾ -0	12.2 ± 1.2 ^{ab2)}	2.7 ± 0.4 ^{ab}	78.6 ± 1.6 ^{ns1)}	11.1 ± 1.9 ^{ns}	17.9 ± 2.8 ^b
	ED-0.5	15.4 ± 2.0 ^a	3.3 ± 0.4 ^a	78.6 ± 1.6	12.2 ± 1.9	19.2 ± 3.6 ^{ab}
	ED-1.0	11.3 ± 1.6 ^b	2.4 ± 0.3 ^b	78.0 ± 1.1	12.6 ± 1.5	21.8 ± 3.1 ^a
	ED-1.5	12.9 ± 3.5 ^{ab}	2.8 ± 0.5 ^{ab}	78.8 ± 1.0	13.3 ± 0.0	19.0 ± 1.3 ^{ab}
8	ED-0	7.2 ± 2.3 ^b	1.7 ± 0.6 ^b	76.6 ± 1.5 ^{ns}	15.8 ± 1.7 ^{ns}	36.8 ± 2.7 ^b
	ED-0.5	9.5 ± 3.4 ^{ab}	2.5 ± 0.5 ^a	76.4 ± 1.8	16.0 ± 1.5	39.2 ± 3.6 ^{ab}
	ED-1.0	9.1 ± 0.9 ^{ab}	2.1 ± 0.2 ^{ab}	76.5 ± 1.2	15.9 ± 1.5	42.4 ± 3.4 ^a
	ED-1.5	10.8 ± 1.4 ^a	2.5 ± 0.4 ^a	77.2 ± 1.3	15.7 ± 1.6	39.7 ± 1.7 ^{ab}

¹⁾ NS: Not significant at p<0.05 by Duncan's range test.
²⁾ Values (mean ± S.D., n=12) within a column with different superscripts are significantly difference at p<0.05 by Duncan's multiple range test.
³⁾ Refer to Table 1.

타내었다. 변의 습중량, 건중량은 사육 4주 후에는 뚜렷한 차이를 볼 수 없었으나, 사육 8주 후에는 변의 습중량이 대조구에 비하여, 다시마 첨가 수준에 따라 증가하였으며 이 값들은 통계적인 유의성을 보였다. 변의 건중량도 대조구에 비하여 다시마 첨가 수준에서 변의 건중량이 증가하였다. 이는 다시마의 첨가에 따라 변중량이 증가함을 의미하며 다시마에 함유되어 있는 비소화성 식이 섬유에 의한 효과에 따른 것으로 Table 3의 체중 증가량 감소 결과와 잘 부합하는 것으로 사료된다. 즉 다시마의 첨가에 따라 소화율이 감소하였거나 흡수율이 감소하여 변중량이 증가하였으며, 그에 따라 체중 증가가 억제된 것으로 추정할 수 있다. 변의 수분 및 회분 함량은 각 군별로 유의적인 차이는 없었으나 평균값에서 1.5% 다시마 첨가군에서 가장 높은 값을 보였다. 변 중 칼슘 함량에서는 사육 8주 후에 대조구에 비하여 다시마 첨가군에서 유의적인 증가를 보였다. Sung (1995)은 대변 중 칼슘의 배설량은 식이 칼슘량에 유의한 영향을 가지는데, 칼슘 섭취 수준 증가에 따라 높게 나타난다고 하였다. Benson et al. (1969)과 Sammon et al. (1970)는 식이 중의 칼슘 섭취수준이 높을수록 변 중 칼슘 배설량이 증가한다는 보고가 된 바 있다. Benson et al. (1969)은 칼슘 섭취량이 높아지면 내인성 칼슘의 재흡수율이 저하되어 변을 통한 칼슘 배설량이 증가할 가능성이 있다고 하였으며, Table 1과 같이 본 실험은 식이 조성에 칼슘이 충분히 함유되어 있고, 다시마 첨가에 따라 Table 2와 같이 사료에 칼슘 농도가 높아져 이와 같은 현상이 일어 난 것으로 판단된다. Matkovic (1991)에 의하면 칼슘 섭취량은 소변 중 칼슘 배설량에 영향을 미치지 않는다는 하였는데, 본 실험에서도 소변 중 칼슘 배설량은 아주 미미 (0.02 mg/g) 하였다.

요 약

동해산 재래종 다시마 (*Kjellamanicalla crassifolia*, 칼슘함량; 760 mg/100 g) 식이가 흰쥐의 체내 칼슘 흡수 및 혈액 조성에 미

치는 영향을 알아보기 위해 3주령 암컷 흰쥐 (Sprague-Dawley female rats)에게 다시마 첨가량을 각각 0%, 0.5%, 1.0%, 1.5%로 한 실험 사료를 8주 동안 사육하면서, 4주 간격으로 골격성장, 칼슘흡수, 혈액조성 및 분변에 관한 영향을 알아보았다. 사육기간 동안 사료 섭취량이 대조군과 다시마 첨가군 사이에 유의적인 차이가 없는 것으로 나타나 흰쥐가 다시마에 대한 거부반응을 보이지 않았으며, 그로 인해 혈청 분석 결과 영양상태가 양호하였고, GPT, GOT 활성 결과 독성에 의한 부작용도 없었다. 대조군에 비해 다시마 첨가군에서 평균 체중 증가량이 낮고 변 중량이 높아, 다시마 식이 섬유에 의한 배변 증량 효과를 보였다. 대퇴골의 분석에서 중량과 길이는 사육기간 동안 약간의 증가를 보였으며, 대퇴골의 수분함량이 감소한 반면 회분 및 칼슘함량은 증가하여 성장 동안 골밀도의 상승으로 인한 대퇴골의 강도가 높아짐을 보였다. 대조군에 비해 다시마 첨가군에서 칼슘함량과 대퇴골의 강도가 높음을 보여 다시마가 칼슘을 뼈로 흡착을 도와주고 있음을 설명해 주었다. 다시마 첨가수준에 따라서는 0.5% 첨가군에서 대퇴골의 수분함량이 낮고, 회분 및 칼슘함량이 높아 대퇴골의 강도가 가장 단단하였다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 지정 강릉대학교 동해안 해양생물자원 연구센터의 지원에 의한 것입니다.

참 고 문 헌

- AOAC. 1999. Official Methods of Analysis 14th edn, Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C., pp. 237~273.
- Allen, L.H. and R.J. Wood. 1994. Calcium and Phosphorus. In: Shils M.E., J.A. Olson, M. Shike eds.: In *Modern Nutrition in Health and Disease*. 8th. ed., 144~163.
- Benson, J.D., R.S. Emery and J.W. Thomas. 1969. Effects of previous calcium intake on adaptation to low and high calcium diets in rats. *J. Nutr.*, 97, 53~60.
- Chung, C.K., E.K. Han, S.M. Nam, Y.S. Moon, S.Y. Choi and K.S. Ha. 1999. Bone Growth and Calcium Metabolism in Mouse Affected by Dietary Calcium and Calcium-regulating Hormone Administration. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 28, 677~684 (in Korean).
- Chung, H.K., N.S. Chang, H.S. Lee and Y.E. Chang. 1996. The effects of various types of calcium and bone metabolism in rats. *Korean J. Nutr.*, 29, 480~488.
- Chan, G.M. 1991. Dietary calcium and bone mineral structure of children and adolescents. *Am. J. Dis. Child.*, 145, 631~634.
- Choi, J.H., J.I. Kim, I.S. Kim, J.S. Choi, D.S. Byun and T.H. Yoon. 1991. Dose effect of brown algae (*Undaria pinnatifida*) on inhibitory action of obesity I. Effect on body weight, feed and growth efficiencies, and metabolic body size. *Kor. J. Gerontol.*, 1, 168~172 (in Korean).
- Choi, J.H., D.W. Kim, Y.S. Moon, J.I. Kim, D.S. Lee and J.H. Pyeun. 1995. Feeding effect of dietary fiber-added instant noodle on biological action of rats. *Kor. J. Gerontol.*, 5, 88~92 (in Korean).
- Donahue, H.J., R.S. Mazzeo and S.M. Horvath. 1988. Endurance training and bone loss in calcium deficient and ovariectomized rats. *Metabolism*, 37, 741~744.
- Duncan, D.B. 1995. Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics*, 11, 1~42.
- Einhorn, T.A., B. Levine and P. Michel. 1990. Nutrition and bone. *Ortho. Clin. Nor. Am.*, 21, 43~50.
- Frances, J.Z. and M.N. Denise. 1988. Application of clinical nutrition. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Ismail, F., S. Epstein and M.D. Falcon. 1988. Serum bone Gla protein and the vitamin D endocrine system in the ovariectomized rats. *Endocrinology*, 122, 624~630.
- Jeong, H.K., J.Y. Kim and H.S. Lee. 1997. The effect of dietary calcium and phosphate levels on calcium and bone metabolism in rats. *Korean Nutrition Society*, 30, 813~824 (in Korean).
- Kochanowski, B.A. 1990. Effects of calcium citrate-malate on skeletal development in young growing rats. *J. Nutr.*, 120, 876~881.
- Kalu, D.N., C.C. Liu, R.R. Hardin and B.W. Hollis. 1989. The aged rat model of ovarian hormone deficiency bone loss. *Endocrinology*, 127, 7~16.
- Koo, J.G., K.S. Jo, J.R. Do and S.J. Woo. 1995. Isolation and purifications from *Laminaria religiosa* and *Undaria pinnatifida* in Korea. *J. Korean Fish. Soc.* 28, 227~236 (in Korean).
- Lee, W.T.K., S.S.F. Leung, S.H. Wang, T.C. Xu, W.P. Zeng, J. Leu, S.J. Oppenheimer and J.C.Y. Cheng. 1994. Double-blind, controlled calcium supplementation and bone mineral accretion in children accustomed to a low-calcium diet. *Am. J. Clin. Nutr.*, 60, 744~750.
- Lee, Y.S., M.N. Park and E.M. Kim. 1997. Effect of Dietary Calcium Levels on Peak Bone Mass formation in Growing Female Rats. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 26, 480~487 (in Korean).
- Matkovic, V. 1991. Calcium metabolism and calcium requirements during skeletal modeling and consolidation of bone mass. *Am. J. Clin. Nutr.*, 54, 245~605.
- McCarren, D.A. 1997. Role of adequate dietary calcium intake in the prevention and management of salt-selective hypertension. *Am. J. Clin. Nutr.*, 65, 712~716.
- Mitruka, B.M. and H.M. Rawnsley. 1987. Clinical biochemical and hematologica reference values in normal experimental animals and normal humans. 2ed, Masson, New York. 160.
- Peterson, C.A., J.A.C. Eurell and J.R. Erdman. 1995. Alterations in calcium intake on peak bone mass in the Female rat. *J. Bone Miner. Res.*, 10, 81.
- Perterson, A.G. and J.W. Erdman. 1988. Bioavailability of calcium from tofu, nonfat dry milk and mozzarella cheese in rats. *J. Food Sci.*, 53, 208~210.
- Perterson, C.A., J.A.C. Eurell and J.W. Erdman. 1992. Bone composition and histology of young growing rats fed diets of varied calcium bioavailability: Spinach, nonfat dry milk, of calcium carbonate added to casein. *J. Nutr.*, 122, 137~144.
- Report of the American Institute of Nutrition Ad Hoc Committee on standards for nutritiunal studies. 1997. *J. Nutr.*, 107, 1340~1348.
- Sammon, P.F., R. Stacey and F. Bronner. 1970. Role of parathyroid hormone in calcium homeostasis and metabolism. *Am. J. Physiol.*, 218, 479~485.
- Scalmati, A., M. Lipkin and H. Newmark. 1992. Calcium, Vitamin D,

- and Colon cancer. In: Chemoff, R, R.P. Heaney ed.: Clinics in Applied Nutrition, Andover Med., 67~74.
- Statistix Inc. 1992. Analytical software version 4.0, Statistix Inc., St. Paul, MN. USA.
- Sung, C.J. 1995. Effects of calcium intake on calcium, sodium and potassium metabolism in young and adult female rats. Korean J. Nutr., 28. 309~320 (in Korean).
- Sung, M.K., K.H. Han, H.J. Kwon, Y.G. Park and S.Y. Bu. 2000. Effects of seatangle and seamustard intakes on carcinogen induced DNA adduct formation and the absorption of calcium and iron. Korean. J. Nutr., 33, 717~724 (in Korean).
- Watson, R.C., H. Grossman and M.A. Meyers. 1994. Radiologic findings in nutritional disturbances, In: Shil ME, Olsom JA, Shike M. Modern nutrition in health and disease. 8th ed. Philadelphia: Lea and Febiger, 861~908.
- 보건복지부. 1998. 2000. 국민영양조사보고서.
- 이순영. 1997. 실험동물의학, 서울대학교 출판부, 510.
- 해양수산통계연보. 1999. 2001. 해양수산부, 1162.
- 松本武佳. 1984. ミネラルの重要性と健康食品への利用ッヤパフードサ
エンス, 1, 49~54.
- 수산연감. 1999. 한국수산회, 592.

2002년 9월 12일 접수

2002년 11월 11일 수리