

미역, 다시마, 파래 함유 식이가 쥐의 체내 칼슘 대사에 미치는 연구

A Study on evaluation of biological availability of Ca
from the seaweeds in rats

계수경 · 한 정순*

1. 서 론

해조류는 바다에서 생육하는 은화식물의 총칭으로서 엽조류, 녹조류, 갈조류, 홍조류 등으로 분류되며, 이들은 전세계에 널리 퍼져 있고 수온, 염분의 농도, 광선의 강약, 조석의 간만, 해류와 수심 등에 따라 그 분포도는 다르다. 우리나라에서는 414종이 자생하는 것으로 보고 되어있다¹⁾.

현재는 양식기술의 발달로 양식장이 많아져 1980년도 해조류 총 생산량은 수산 총 생산량의 43%를 차지했다²⁾.

해조류의 일반성분은 생육지, 시기, 채취 후의 저장조건, 식물부위의 종류에 따라 함량차가 있다. 주성분인 탄수화물은 건 해조류의 경우 40-60%를 차지하며, 점질물, 당류, 전분, 섬유소 등으로 되어 있다. 그러나 탄수화물 대부분이 비소화성 복합다당류로서 산이나 알칼리에도 비교적 안정하고, 특수한 세균 효소에 의하지 않고는 분해되기 어렵기 때문에 해조류를 섭취했을 때 소화율은 다른 식물 전분 소화율의 1/3도 미치지 못한다³⁾.

* 경민전문대학 식품영양학과

단백질은 건 해조류 중에는 10-30%정도 들어 있으며, 유리 아미노산류도 많아 좋은 맛을 낸다. 미역 단백질의 경우 필수 아미노산 함량이 높아 단백질가가 81로 보고되고 있다⁴⁾.

해조류에는 비타민과 무기질 함량도 풍부하다. 해조류의 무기질 성분에 관해서는 이가⁵⁾ 미역중의 칼슘과 철함량을 조사했고, 김과 원이⁶⁾ 수영만 양식 미역, 모자반 및 환경해수의 수은, 카드뮴, 납, 구리의 농도를 조사해서 보고했고, 이와 성이⁷⁻⁸⁾ 해조류의 무기성분을 분석한 연구 등이 있다.

해조류는 식용이외에도 화공, 의류, 식품첨가제 및 비료 가축의 사료로 이용되며, 가구, 실내장식, 제지 등 이용 범위가 넓다.

한편 인구 증가에 따른 식량문제를 해결하기 위해서 해조류의 식량화 연구도 계속되고 있다.

해조류가 인체의 생리에 미치는 연구는 그리 많지 않다. 유 등은⁹⁾ 동물에게 해조분말을 곡물에 첨가할 때 5-15% 범위 내에서는 이상이 없었으나, 30% 첨가 시에는 성장이 저조했다고 한다. 그리고 김을 많이 섭취했을 경우, 김에 함유되어 있는 carotenoid 색소에 의해 피부가 황색으로 변하는 감피증이 유발될 수 있음이 밝혀졌으며¹⁰⁾, 미역의 섭취가 토끼의 혈청 중 cholesterol 및 Triglyceride 함량을 감소시키는 효과가 있음을 보고했다¹¹⁾.

효소계(Multi-Enzyme system)¹²⁾를 이용하여 In Vitro 소화율과 아미노산 분석을 기초로 단백질 계수를 측정 한 연구에서 김의 In Vitro 소화율은 78.5-82.2%로서 잎 파래나 갈조류(미역, 툫, 모자반)에 비해 높았고, 효소활성 저해물질(Trypsin Inhibitor)의 함량은 갈조류에서 높았다. 일반적으로 해조류의 In vitro 소화율이 생체 실험에 의한 소화율보다 높았다.

영양 생리 관찰을 위해 흰쥐에다 기본사료인 미역, 마시마, 김 파래 등을 각각 2% 첨가하여 실험 동물의 성장률, 식이효율, 단백질 효율과 혈액성분 등을 측정 한 결과를 보고한바 있다¹³⁾.

강¹⁴⁾은 김, 파래, 미역을 섭취시켜 흰쥐의 소화율을 알아보고, 이 소화율을 감안한 열량가를 계산한 결과 김이 52%, 미역이 32%이고, 파래가 59%로 나타났으며, 조희분의 소화율은 미역, 파래는 전혀 흡수되지 않고, 김만이 8.68% 소화되었다고 한다.

해조류에는 무기질이 풍부하며, 특히 칼슘의 함량이 풍부하나 그 이용에 관한 실험은 별로 시도되고 있지 않다.

일반적으로 칼슘은 뼈나 치아의 구성성분으로 작용하며, 근육, 피부, 장기, 혈액의 유형성분 등과 같은 조직의 구성성분을 형성하고, 가용성분의 염류로서 체액에 존재하며, 근육의 활동유지, 심장 수축강화, 뇌, 신경세포의 흥분 억제, 혈액응고 등 중요한 구실을 하는 물질이다.

칼슘은 개인의 영양상태, 칼슘 섭취량 등 여러 가지 식이 인자에 따라 그 이용률이 달라진다. 즉 칼슘의 체내요구에 따라 흡수율이 증가되며¹⁵⁾, 장기간 칼슘의 섭취가 부족 되면 인체는 이에 적응하여 적은 양으로 체내 balance를 유지한다¹⁶⁾. 칼슘흡수를 방해하는 인자에는 피틴산, 수산, 과량의 지방은 식이 중 체내 이용률을 떨어뜨리며¹⁷⁾, 식이 내 칼슘과 인의 비율에서 인의 공급량의 칼슘보다 2배 이상 많으면 칼슘의 흡수 및 이용이 떨어진다¹⁷⁾.

그러나 비타민 D⁽⁸⁾, 유당⁽⁹⁾, 양질의 아미노산⁽²⁰⁾ 등은 칼슘의 흡수를 증가시키는 것으로 알려져 있다.

한편 소변을 통한 칼슘 배설은 고단백질 섭취^(20,22), 고나트륨 섭취⁽²³⁾, 카페인 섭취, 스트레스, 운동부족 등은 소변의 칼슘 배설을 촉진시키는 반면, 인의 섭취가 많을수록 칼슘 배설량이 감소한다.

그런데 우리 나라의 식생활 중에서 가장 결핍되기 쉬운 영양소가 바로 칼슘이라는 사실이 보고되고 있다. 최근 보건복지부(1994년) 조사 결과에 의하면, 1일 평균 칼슘 섭취량은 1988년에 495mg, 1990년에 517mg, 1991년에 518mg, 1992년에 538mg으로서 칼슘의 하루 섭취량이 600mg에도 못 미친다는 사실을 알 수 있었다. 이는 권장량의 약 76%에 불과하다.

이에 성장기 아동이나 임신부 및 수유부는 물론 노인의 칼슘 식품 급원으로서 해조류의 이용이 요구된다. 또한 해조류에는 인보다 칼슘이 많아 칼슘과 인의 식이적 균형을 호전시킬 수 있는 좋은 식품으로 생각되는 바이다. 그러나 해조류에 들어있는 다량원소의 체내 이용성에 대한 연구가 미진하므로, 본 실험에서는 해조류의 칼슘을 정량하여 식이에 첨가하여 식이섭취량 및 영양 생리 효과를 취 실험을 통하여 조사하고 칼슘의 체내 이용성을 알아보고자 하였다.

2. 실험재료 및 방법

(1) 실험재료

해조류 중에서 미역(갈조류), 다시마(갈조류), 파래(녹조류)를 선정하였다.

미역은 남해안의 양식미역으로 중등품이며, 다시마는 강릉산으로 하등품이며, 파래는 산지가 확실하지 않았다. 시료는 모두 건조제품으로 시중에서 구입하였다. 각 실험재료는 cyclone sample mill로 120 mesh(0.125mm)되게 분쇄하였다.

(2) 실험동물

실험동물은 Sprague-Dawley종 Albino rat 30마리를 섭씨 20도로 유지된 사육실의 철제 battery에서 13일간 사육하였다.

실험 개시 전까지는 보통 시판 고형사료를 급여하면서 체내 칼슘과 인의 결핍을 유도하지는 않았다. 사료와 물은 항상 자유로이 섭취케 하였다. 모든 실험군은 체중을 기준으로 배치하였는데 실험사료를 급여하기 전에 18시간 절식시킨 후 개체별로 체중을 측정하여 분류하여 각 실험군의 실험개시 체중이 고르게 분포되도록 하였다. 실험군의 체중 평균은 $88.57 \pm 0.5g$ 이었다. 실험군은 6군으로 나누어 완전 임의 배치법으로 하였다.

(3) 실험사료 설계

사료에 첨가된 미역, 다시마, 파래의 일반 성분은 Table 1과 같다.

미역, 다시마, 파래의 칼슘함량은 각각 정량 한 후, 이들에 따라 식이 조성을 조절하였다.

사료에 첨가된 해조류에 들어있는 칼슘의 생리학적 이용성을 조사하기 위한 실험용 사료 배합표는 Table 2와 같다.

칼슘의 표준물질로서는 CaCO₃(G.R. grade: 일본 관동 화학주식회사)를 사용하여 해조류중의 칼슘 이용성을 비교하였다.

이때 CaCO₃내의 칼슘 수준이 각각 0.3%가 되도록 첨가하였다.

칼슘의 이용성을 조사할 해조류 첨가제들은 이들로 공급되는 칼슘 함량 0.2%에 표준물질인 CaCO₃로부터 0.1%의 칼슘을 보충하여 사료의 총 칼슘 함량이 0.3%가 되게 하였다.

실험사료의 인의 공급량은 NAS-NRC(1972)에25) 의한 쥐의 요구량인 0.4% 수준보다 충분히 더 공급하였다.

실험사료의 단백질 급원으로는 정제 대두단백질(Soy protein, isolated protein Technologies International)을 사용하고 DL-methionine을 0.2% 첨가하여 아미노산의 결핍이 없도록 하였다.

필수 지방산 급원으로는 옥수수 기름을 5% 첨가하고, 섬유소 급원으로는 alpha-cellulose(Sigma Chemical Co.)를 첨가하고 비타민과 무기질의 mixture는 AIN-76TM25)에 따라서 첨가하였으며, Choline Chloride는 0.2% 첨가하고 나머지를 Dextrose(미원 식품주식회사)로서 보충하여 전체가 100% 되게 하였다.

Table 2와 같이 조성된 사료들의 일반성분은 Table 3과 같다. Table 1에 보여진 해조류와 Table 3에 보여진 사료들의 일반성분 분석은 A.O.A.C.26)에 의하여 수분, 무기질, 조단백질, 조섬유소, 조지방, 칼슘과 인의 함량을 각각 정량하였다.

Table 1. Proximate composition of some seaweeds(%)

Group	Sea Mustard	Sea Tangle	Sea Lettuce
Moisture %	7.94	8.03	7.56
Crude Protein %	13.80	9.49	29.68
Crude Fat %	2.20	1.69	3.16
Crude Ash %	29.53	19.05	20.22
Crude Fiber %	2.18	5.29	7.35
N-free extract %	44.35	56.46	32.02
Ca %	1.31	1.58	0.85

Table 2. Formation of experimental diets

Ingredients	Dietary Calcium Levels %			
	Standard 0.3%	Sea mustard 0.3%	Sea Tangle 0.3%	Sea Lettuce 0.3%
Dried Sea Mustard	-	15.23		
Dried Sea Tangle	-	-	12.66	-
Dried Sea Lettuce	-	-	-	23.42
Soy Protein, isolated ¹⁾	20	17.9	18.8	13.05
Corn oil ²⁾	5	5	5	5
DL-methionine ³⁾	0.2	0.2	0.2	0.2
alpha-cellulose ⁴⁾	5	4.67	4.33	3.28
Mineral Mix ⁵⁾	3.5	3.5	3.5	3.5
	(5-A)	(5-B)	(5-B)	(5-B)
Vitamin Mix ⁶⁾	1	1	1	1
Choline Chloride ⁷⁾	0.2	0.2	0.2	0.2
CaCO ₃ (40.04%) ⁸⁾	0.75	0.25	0.25	0.25
Dextrose ⁹⁾	65.35	52.05	54.06	50.01
Total(%)	100	100	100	100
Calculated value				
Crude Protein(%)	17	17	17	17
Ca(%)	0.3	0.3	0.3	0.3

1) Soy Protein, isolated: Protein in Technologies International pp. 500E

2) Corn Oil: Dong Bang Oil Manufacturing Co.

3) DL-methionine: Kook Jeong Co.

4) alpha-Cellulose: Sigma Chemical Co., St. Louis

5) Mineral Mix:

(5-A) Mineral Mix

NH ₂ PO ₄ (P: 26.93%)	422.76g
MgO	24g
MnSO ₄ · H ₂ O	4.14g
FeSO ₄ · 7H ₂ O(Fe: 36.8%)	4.78g
ZnO(Zn: 70%)	1.6g

(5-B) Mineral Mix

NH ₂ PO ₄	422.76g
MgO	24g
MnSO ₄ · H ₂ O	4.14 g
FeSO ₄ · 7H ₂ O	4.78g
ZnO	1.6g

KIO ₃	0.01g	KIO ₃	0.01g
CuSO ₄ (Cu:25.5%)	0.624g	CuSO ₄	0.624g
NaCl(Na: 39.34%)	74g	Na ₂ SeO ₃ · 5H ₂ O	0.01g
CrK(SO ₄) ₂ · 12H ₂ O	0.55g	CrK(SO ₄) ₂ · 12H ₂ O	0.55g
K ₂ CO ₃ (K:56.58%)	148.844g	Dextrose to make	1000g
Na ₂ SeO ₃ · 5H ₂ O	0.01g		
K ₂ SO ₄	52g		
Dextrose to make	1000g		
6) Vitamin mix			
Thiamin HCl	600mg	Folic acid	200mg
Riboflavin	600mg	Biotin	20mg
Pyridoxine HCl	700mg	Vitamin B ₁₂	1mg
Nicotinic acid	3g	Menaquinone(Vit.K)	5mg
D-calcium pantothenate	1.6g	Vitamin A	4,000,000IU
Cholecalciferol(Vitamin D ₃)	2.5mg		
Vitamin E(DL-alpha- Tocopherylacetate)	5,000IU		
Dextrose to make	1,000g		
7) Choline Chloride: Sigma Chemical Co., St. Louis			
8) CaCO ₃ : G.R. grade(40.4%) Kento Chemical Co.			
9) Dextrose: Miwon Food Co.			

Table 3. Chemical analysis of experimental diets

Group ¹⁾	Moisture %	Protein %	Ash %	Fat %	Ca %	P %	Ca:P
Standard	11.13	16.12	3.15	5.16	0.30	0.26	1.1:1
Sea Mustard	8.29	17.22	3.80	6.00	0.25	0.28	1:1
Sea Tangle	7.98	10.47	3.80	6.21	0.26	0.23	1:1
Sea Lettuce	8.62	18.01	5.72	5.53	0.17	0.33	1:2

1) Group: Standard: Ca-0.3%,
Sea Tangle: 12.66%,

Sea Mustard: 15.23%,
Sea Lettuce: 23.42%

(4) 실험방법

1) 사료 섭취량(Feed Intake)

사료 섭취량은 매일 일정한 시간에 측정하였으며, 허실된 시료를 다시 회수하여 가능한 한 정확하게 조사하였다.

2) 체중(Body Weight)

실험 전 기간을 통하여 체중은 4일 간격으로 일정한 시간에 각 군에서 한 마리씩 순서대로 측정하였다. 실험 종료 시 체중은 실험 시작 시와 마찬가지로 18시간 절식 후 측정하였다.

3) 사료효율(Feed Efficiency)

전 실험기간을 통하여 한 마리 당 1일 평균 체중 증가량을 한 마리 당 1일 평균 섭취량으로 나누어 계산하였다.

$$\text{사료의 효율(Feed Efficiency)} = \frac{\text{1 day Weight Gain}}{\text{1 day Feed Intake}}$$

4) 시료 채취 및 보관

실험이 끝난 동물들은 Ethyl-Ether로 마취시킨 후 cardiac puncture에 의하여 혈액을 채취하여 원심분리기(Hettich Model D-7200 centrifuge)를 이용하여 3,000rpm에서 30분간 원심분리시켜 혈청을 분리한 후 냉동고에 보관하여 칼슘의 함량 측정에 사용하였다.

희생된 실험동물을 해부하여 양쪽 다리의 경골과 대퇴골을 채취하여 20시간 ether에 담가 지방을 추출하고 실온에서 48시간 건조시켰다. 경골과 대퇴골은 회화하여 칼슘과 인의 함량을 분석하였다.

간장과 신장은 실험종료 후 해부하여 각 기관을 채취하여 무게를 달았으며, 모든 조직내의 무게는 개체별로 공복 시 체중 100g을 기준하여 비교하였다.

5) 혈청의 칼슘 함량

혈청 0.5ml을 취해 0.2% Lanthanum oxide 용액으로 10배 희석하고 Voltex-type mixer로 혼합 후 Atomic Absorption Spectrophotometer(Varian, A.A. 1475)로 422.7nm에서 칼슘의 함량을 정량하였다. 이때 CaCO₃(G.R. grade) solution를 표준물질로 사용하여 standard curve를 작성하고 이를 기준으로 시료의 칼슘 농도를 계산하였다.

6) 경골과 대퇴골 및 사료의 칼슘함량

회화된 시료를 250ml Beaker에 옮기고 비운 Porcelain crucible를 1차로 conc. HCl 10ml와 물로 씻어 재를 Beaker에 옮기고 다시 conc. HCl: water(1:1) 5ml을 넣고 HNO₃을 5적 가한 후 가열하여 물로 씻어 비이커에 옮긴다. 비이커에 HCl: water(1:1) 5ml을 가해 수조위에서 5ml 정도를 농축시킨 후 Deionized water로 50ml 정도까지 희석하고 가열하여 가용성 염류를 녹였다. 경골의 산 희석액은 100ml volumetric flask에 넣고 대퇴골과 사료는 50ml volumetric flask에 넣고 Deionized water로 표선까지 채운 후 여과한 용액을 사용하였다.

① 뼈와 사료의 칼슘 함량 분석

분석용 시료액의 칼슘농도를 분석조건에 맞추기 위해 위의 뼈 회분 희석액은 0.1ml를 test tube에 넣고 증류수 9.9ml(100배)로 희석하고 사료 회분 희석액은 0.2ml를 test tube에 넣고 증류수 9.8ml(50배)로 희석하였다. 여기에 인산염의 방해로 방지하기 위하여 0.2% lanthanum oxide 용액 0.25ml씩 첨가한 후 vortex-type mixer로 혼합한 후 Automatic Absorption Spectrophotometer(varian A.A. 1475) 422.7nm에서 칼슘농도를 측정하였다.

시약의 준비과정과 시료를 취급하는 과정에 사용되는 모든 초자 기구들은 0.1N HCl 용액에서 하루 밤 담가둔 후 Deionized water로 3번 이상 세척하여 사용하였다.

② 시약의 조제

Lanthanium oxide(0.2% w/v)-conc. HCl 42.735ml를 증류수100ml로 희석시킨 후 여기에 Lanthanium oxide 0.6g을 녹였다. Lanthanium 용액 2.5ml를 sample 100ml 용액에 첨가하여 인산염에 의한 방해로 방지하였다.

③ Calcium Standard Solution

* stock solution-CaCO₃(G.R. grade) 2.497g은 HNO₃: Deionized water(1:4)로 용해시켜 1,000 ppm. Ca/ml가 되게 만들었다.

* 칼슘 측정 표준액(Calibration Standard)

Ca-Stock solution을 희석하여 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20 ppm표준액을 만들어 시료 측정시 마다 칼슘의 분광광도를 측정하여 기록하였다. 이것을 근거로 시료의 칼슘 농도를 환산하였다. 표준액에도 100ml 당 0.2% lanthanium oxide 용액 2.5ml을 넣었다.

7) 경골과 대퇴골 및 사료의 인의 함량

회화시킨 경골과 대퇴골 및 사료를 칼슘 분석때와 마찬가지로 산에 의해서 회석시킨 용액을 사용하여 A.O.A.C.(1980)분석에(26) 따라서 인의 농도를 측정하였다.

① 뼈와 사료의 인함량 분석

분석용 시료액의 P 농도를 분석조건에 맞추기 위하여 시료의 회분 회석액중에서 0.2ml을 취해서 test tube에 넣고 증류수 6.8ml을 넣어 7ml가 되게 하였다. 여기에 발색시약 Molybdovanadate reagent 3ml을 넣고 vortex-type mixer로 완전히 혼합시켜 10분 동안 정치 후 발색되면 Spectrophotometer로 측정하여 인함량을 계산하였다.

② 시약의 조제

Molybdovanadate Reagent- 끓인 증류수 400ml에 $(\text{NH}_4)_6 \text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 40g을 녹여서 냉각시키고, 또 끓인 증류수 250ml에 NH_4VO_3 2g을 녹여서 냉각시킨 후, 60% HClO_4 525ml를 첨가한 후 $(\text{NH}_4)_6 \text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 회석용액을 HClO_4 와 NH_4VO_3 의 혼합용액에 천천히 첨가하고 전체용량을 2 L로 되게 하였다.

③ Phosphorous standard solution

** Stock solution- 증류수에 KH_2PO_4 0.439g을 용해시켜 50ml 회석시켜 2mg.P/ml의 농도가 되게 하였다.

** Working solution- stock solution 50ml을 취해 증류수 50ml로 회석시켜 0.1mg.P/ml의 농도가 되게 하였다.

** P 측정 표준액(Calibration standard)

Test tube 에 working standard solution를 각각 0.1, 0.2, 0.4, 0.8, 1.0, 1.2 ml씩 넣고 여기에 증류수를 각각 7.0, 6.9, 6.8, 6.6, 6.2, 6.0, 5.8 ml씩 넣었다. 발색제로서 molybdovanadate reagent 3ml를 넣고 총 10ml 되게 하여 vortex-type mixer로 완전히 혼합한 후 10분 정시시킨 다음에 Spectrophotometer로 400nm에서 흡광도를 측정하였다. 이것을 근거로 P의 함량을 구하였다.

(5) 실험결과 처리

실험결과는 One way analysis of variance에 의해 분산분석되었다. 또한 모든 실험에서 평균간의 유의성 검정은 Tukey's test에 의해 실시되었으며 모든 처리는 5% 수준에서 비교되었다.

3. 실험결과 및 고찰

(1) 사료 섭취량, 사료효율 및 체중증가

13일간의 실험기간 중 각 군의 사료 섭취량과 사료 효율 및 체중증가는 Table 4와 같다.

체중증가에서 미역 첨가군과 파래 첨가군은 표준 사료군에 비해 1일 평균 체중증가가 높게 나타났으나, 다시마 첨가군은 표준 사료군보다 낮은 수치를 보였다.

통계적으로 각 군들을 비교할 때 유의적 차이는 없었다.(P<0.05) 다만 미역첨가군이 가장 좋은 성장률을 보여주었다.

사료 섭취량을 보면 각 군별로 통계적인 유의차를 나타내지는 않았으나, 해조류 첨가군이 표준 사료군보다 사료 섭취량이 다소 높았다.

체중증가와 밀접한 관계가 있는 사료효율은 미역 첨가군이 대조군에 비해 높았다. 이것은 해조분을 식이에 첨가하여 그 체중변화를 관찰한 실험에서 해조분 10% 첨가가 30% 해조분 첨가의 경우보다 체중 증가율이 좋았고, 30% 첨가의 경우 오히려 체중 증가율이 저조하였다는 박 등의²⁷⁾ 연구와 일치하는 결과로 해조류 첨가율이 20%이상 높아질수록 체중증가는 둔화된다는 것을 알 수 있었다.

사료효율에서도 각 군별 통계적 유의차는 나타나지 않았다.(P<0.05)

Table 4. Average body weight gain, feed intake and feed efficiency ratio of the rats fed on some seaweed diets for day¹⁾

Group ²⁾	Body Weight(g)	Feed Intake(g)	Gain/Feed ratio
Standard	3.1±2.87	14.1±3.17	0.22±0.156
Sea mustard	4.3±0.94	16.2±2.43	0.26±0.055
Sea tangle	2.5±1.34	17.0±1.79	0.16±0.084
Sea lettuce	3.6±0.76	16.1±0.58	0.22±0.042

1) Initial average body weight of rat was 88.57±0.5(S.D.)

Mean values of 5 rats fed as libitum the diets for 13days.

Mean with a same alphabet for each row are not significance different(P<0.05)

2) Group: Standard : Ca-0.3%, Sea mustard: 15.23%,
Sea tangle: 12.66%, Sea lettuce: 23.42%

(2) 혈청의 칼슘 함량

혈청 중의 칼슘 함량은 Table 5와 같다.

표준 사료군과 해조군 사이의 통계적 유의차는 나타나지 않았으나, 미역 첨가군의 혈청 칼슘 농도가 3.53mg/100ml로 표준 사료군의 3.15mg/100ml보다 약간 높은 수준이었다.

일반적으로 흡수된 칼슘은 혈청 내에서 일정한 수준을 유지하며, 정상적인 혈청의 칼슘수준은 8~10mg/으로 실험에서 나타난 결과와 상당히 차이가 난다. 그러나 각 군별 평균 혈청 칼슘농도의 개체간의 편차가 높은 것을 감안할 때, 본 실험에서 혈청중의 칼슘 함량이 낮은 것은 섭취 칼슘량이 낮은데서 오는 현상이라 생각할 수 있다.

칼슘의 흡수율을 증가시키는 요인들에는 장관 내 낮은 pH와 식이 중의 아미노산, 유당과 비타민 D 등이며, 이들을 첨가할 때 혈청의 칼슘량이 증가된다¹⁶⁾. 또한 사료속에 인의 함량이 낮을 때 혈청의 칼슘함량이 증가하고²⁸⁾ 사료속에 인의 함량이 높을 때 혈청의 칼슘 농도가 낮아진다는 보고가 있다²⁹⁾.

혈액 중 칼슘의 농도가 저하되면 부갑상선 호르몬의 분비가 증진되어 장내 칼슘의 흡수를 증가시키고 뼈와 신장의 칼슘의 재흡수를 증진시켜 혈액중의 농도를 유지시킨다^{17,29)}.

파래 첨가군은 인의 함량이 높기 때문에 혈청의 칼슘농도가 감소된 것으로 보인다.

Table 5. Contents of Ca in blood serum of rats fed experimental diets.¹⁾

Group ²⁾	Ca(mg/100ml)
Standard	3.15±3.145
Sea mustard	3.53±2.903
Sea tangle	1.13±1.879
Sea lettuce	0.50±0.240

1) Mean values of 5 rats fed as libitum the diets for 13days

Means with a same alphabet for each row are not significance different. (P<0.05)

2) Group: Standard: Ca-0.3%, Sea mustard: 15.23%

Sea tangle: 12.66% Sea lettuce: 23.42%

(3) 경골의 칼슘함량과 인의 함량

경골의 칼슘 및 인의 함량은 Table 6과 같다.

경골의 칼슘 함량에서 해조분 첨가군은 표준 사료군보다 칼슘 함량이 낮았고, 특히 파래 첨가군의 칼슘 함량이 15.9%로 표준사료군 16.9%에 비해 꽤 낮은 함량을 보였다.

인의 함량에서는 파래 첨가군이 표준사료군보다 유의적으로 (P<0.05) 높은 함량을 나타냈는데 이

것은 사료 분석결과와 일치하는 현상이다. 즉 파래의 인의 함량이 칼슘 함량보다 높았기 때문이다.

동물체내에서 식이에 적게 공급된 영양소가 오히려 효과적으로 이용될 수 있으며, Hegsted등의¹⁶⁾ 연구에 의하면 오랜기간 동안 칼슘의 섭취량이 적으면, 인체는 이에 적응하여 적은 양으로도 Balance를 유지한다고 하였다. Henry와 Kon는¹⁵⁾ 동물 실험에서 칼슘유지와 체내 저장량이 다양한 칼슘 섭취수준에 따라 적응되는 것을 보여 주었다. 또한 칼슘의 섭취 증가는 칼슘의 이용효율을 감소시켰으며, 칼슘의 섭취량이 낮을 때 체내의 저장량이 최고치를 나타내었다³³⁾.

반면 Henry등은¹⁶⁾ 뼈가 형성되는 기간 동안의 칼슘의 섭취량 증가는 성장한 뼈의 중량을 증가시키며, 노쇠에 따른 뼈의 손실을 완화시켜 준다고 하였다. McClendon등은³⁰⁾ 0.04%의 저칼슘 함유식을 오랫동안 주어 Osteoporotic를 일으킨 쥐에게 0.43%의 고칼슘식을 투여하여 골연화증이 치료되는 것을 보여 주었다.

본 실험에서는 해조분의 칼슘 이용성을 알아보기 위하여 Fig 1과 같이 표준사료(칼슘-0.3%)군을 100%로 가정하고 경골속의 칼슘과 인의 침착도를 비교한 결과 표준사료군의 경골 칼슘량 32.69%와 인 함량 1.73%에 비하여 해조분 첨가군들의 경골 칼슘과 인의 함량이 파래군의 칼슘함량을 제외하고는 모두 100%이상으로 볼 수가 있다. 다만 파래의 경우 식이내 칼슘:인의 함량비가 1:2로 칼슘 이용에 불리한 사료조성비를 이룬 까닭에 칼슘의 이용률이 낮았던 것으로 사료된다.

Table 6. Contents of Ca and P in Tibia from rats fed experimental diets.¹⁾

Group ²⁾	Tibia, weight/100g body weight(mg)	Contents in Tibia Ca(%)	P(%)
Standard	227.4±42.3	16.92±1.26	0.87±0.10
Sea Mustard	242.5±38.8	16.48±1.41	0.93±0.11
Sea Tangle	271.3±38.0	16.37±0.97	0.87±0.04
Sea Lettuce	251.7±53.2	15.93±1.63	1.25±0.10

1) Mean value of 5 rats fed ad libitum the diets for 13days.

Mean with a same alphbet for each row are not significance different(P<0.05)

2) Group: Standard: Ca-0.3%, Sea Mustard: 15.23%,

Sea Tangle: 12.66%, Sea Lettuce: 23.42%

(4) 대퇴골의 칼슘과 인의 함량

대퇴골의 칼슘 및 인의 함량은 Table 7과 같다.

대퇴골의 칼슘 함량은 미역 첨가군이 16.23%로 표준사료군 14.12%에 비해 약간 높았으며, 파래

첨가군은 13.77%로 표준 사료군 14.12%에 비해 약간 낮았으나, 각 군별간의 통계적 유의차는 없었다.

인의 함량은 해조분 첨가군과 표준 사료군이 비슷하였으나, 파래 첨가군이 0.95%로 표준사료군 0.77%보다 유의적으로 높았다.($P<0.05$)

Shah 등의(32) 연구에 의하면 인의 섭취량을 고정시키고, 식이내 칼슘 함량을 증가시키면 뼈속의 총 회분과 칼슘과 인을 개별적으로 첨가하는 것보다 이들 두 무기질의 첨가량을 함께 증가시키는 것이 뼈의 경화도를 현저하게 증진시킨다고 하였다(17).

칼슘이 체내에 저장되는 데는 식이에 함유된 칼슘과 인의 Balance가 가장 중요하며, 칼슘과 인의 Balance가 칼슘 이용성에 미치는 영향이 크다고 생각된다.

Table 7. Contents of Ca and P in femur from rats fed experimental diets.¹⁾

Group2)	Femur weight/100g body weight(mg)	Contents in femur	
		Ca(%)	P(%)
Standard	309.7±120.3	14.21±1.88	0.77±0.04
Sea Mustard	311.5±75.1	16.23±1.07	0.71±0.06
Sea Tangle	332.4±147.7	15.27±1.85	0.75±0.05
Sea Lettuce	338.0±89.3	13.77±0.64	0.95±0.04

1) Mean value of 5 rats fed ad libitum the diets for 13days.

Mean with a same alphabet for each row are not significance different($P<0.05$)

2) Group: Standard: Ca-0.3%, Sea Mustard: 15.23%,
Sea Tangle: 12.66%, Sea Lettuce: 23.42%

(5) 실험 중 생리적 관찰

간장과 신장의 실험 종료 후 최종 무게는 Table 8와 같다.

해조분 첨가군의 무게는 대조군의 간장의 무게보다 가벼웠다. 특히 파래 첨가군의 간장은 표준사료군의 경우보다 가볍고, 통계적 유의차를 보여주었다.

신장의 무게는 각 군별로 유의차는 없었으나, 표준사료군의 신장의 무게보다 가벼웠다.

Table 8. Internal organ weights at 13days in the rats per 100g of body weight.¹⁾

Group ²⁾	Kidney(g)	Liver(g)
Standard	1.33±0.28	5.28±0.84
Sea Mustard	1.28±0.17	4.75±0.58
Sea Tangle	1.19±0.31	4.35±0.53
Sea Lettuce	1.17±0.08	4.20±0.21

1) Initial average body weight of rats was 88.57 ± 0.5 (S.D.)

Mean value of 5 rats fed ad libitum the diets for 13days.

Mean with a same alphabet for each row are not significance different ($P < 0.05$)

2) Group: Standard: Ca-0.3%, Sea Mustard: 15.23%,
 Sea Tangle: 12.66%, Sea Lettuce: 23.42%

4. 요약

해조 식품 중 미역, 다시마, 파래를 대상으로 그들이 함유되어 있는 칼슘의 이용성을 흰쥐를 통해서 실험하였다.

표준 사료군은 CaCO_3 (G.R. grade)로서 식이내의 칼슘 함량이 각각 0.3% 수준으로 첨가하였다. 실험사료군의 미역 첨가군, 다시마 첨가군, 파래 첨가군은 표준물질로서 CaCO_3 로서 칼슘을 0.1%을 보충시킨 후, 각 군은 해조류를 각각 15.23%, 12.66%, 23.42%를 첨가하여, 사료군의 총 칼슘 함량이 0.3%가 되게 하였다.

표준 사료 성분은 Soybean protein, Corn oil, alpha-cellulose, methionine, choline chloride 그리고 vitamine 과 무기질의 mixture를 혼합하고 Dextrose로 나머지를 첨가하여 100%를 맞추어 주었다. Soy protein양은 모든 사료에서 단백질의 결핍이 없게 하였다.

본 실험의 결과는 다음과 같다.

1. 미역첨가군이 다른 군에 비해서 좋은 식이 효율을 보였다.

혈청 중 칼슘 함량은 미역(15.23%) 첨가군>표준사료(0.3%)군>다시마 첨가군(12.66%)>

파래 첨가군(23.42%)의 순서로 낮아졌다.

2. 경골에서 칼슘 함량은 해조 첨가군과 대조군의 함량사이에 유의적 차이는 없었으나, 파래군은 약간 낮았다.

3. 대퇴골의 칼슘함량에서는 각 군별 유의적 차이는 없었으나, 대퇴골의 인의 함량은 파래 첨가군이 유의적으로($P<0.05$) 높은 함량을 나타냈다.

4. 간의 실험말기 중량은 해조 첨가군이 대조군에 비해서 낮았으며, 특히 파래군에서 유의적 차이를 나타내었다. ($P<0.05$) 신장 중량에선 유의적 차이는 없었다.

5. 참고문헌

1. 최상: 해조류, 한국 식품 연구 문헌 총량(1971-1968), 한국 과학 기술 연구소 식량 자원연구실, 서울, 한국 식품과학회, 411(1971)
2. 수산청: 수산통계 연보, (1980)
3. 박일화: 식품과 조리원리, 수학사. P. 261(1984)
4. 이현기: 미역의 아미노산 및 비타민에 대한 영양학적 연구, 대한 화학회지, 9(4), 201(1965)
5. 이숙희: 미역중의 Calcium 및 Iron의 함량에 대하여, 한국 영양 식량 학회지, 1(1), 25(1972)
6. 김장량, 원종훈: 수영만 양식 미역, 모자반 및 환경수해의 수은, 카드뮴, 납, 구리의 농도에 대하여, 한국 수산학회지, 7(3), 169(1974)
7. 이종호, 성낙주: 해조류의 무기성분, 한국 영양 식량 학회지, 9(1), 51(1980)
8. 이인규, 심상철, 조한옥, 이종구: 한국산 식용 해조류의 성분에 관한 연구, 한국 농화학회지, 14(3), 213(1971)
9. 유정렬, 이기열, 김숙희: 해조의 식용 분말화에 관한 연구, 한국 영양 학회지, 8(1)15(1975)
10. 伊澤作之助: 해조다식에 의한 Carotinosi(s(갑피증)의 내과적 관찰, 조선의학회지, 24(10), 1320(1934).
11. 유정호, 성낙웅, 최택규, 권영소: 마늘, 미역이 家 혈청 Total Cholesterol 및 Triglyceride 함량에 미치는 영향, 중앙의학 14(5), 411(1968).
12. Hong-Soo Ryu, Lowell D. Satterlee, Kang-Ho Lee: Nitrogen conversion factors and in vitro protein digestibility of some seaweeds, Bull. Korea Fish. Soc., 15(4), 263(1982).
13. 문수재: 가식성 단백질 개발에 관한 연구, 해조류 단백질의 아미노산 조성 및 해조류의 첨가 식이가 흰쥐 성장에 미치는 영향, 연세 논집, 12, 319(1975).
14. 강명희, 김영배, 이서래: 동물 실험에 의한 몇 가지 해조 식품의 소화흡수율, 한국영양학회지, 9(1), 69(1976).
15. Henry, K.M. and S.K. Kon: The relationships between calcium retention and body stores of calcium in the rat: Effect of age and vitamin D, British Journal Nutrition, 7, 147(1953).
16. Hegsted, D.M., I. Moscoso and C. Collozos: A study of the minimum calcium requirements of adult men, Ibid, 46, 181(1952).
17. 김기남: 비타민 광물질 영양학, 향문사, p.285(1984).
18. 문영삼, 옥이영: 비타민 D와 칼슘대사, 최신 의학, 28(12), 16(1985).

19. G. Schaafsma and R. Visser: Nutritional interrelationships between calcium, phosphorous and lactose in rats. *Journal of Nutrition*, 110(1980)
20. 김혜영, 조미숙, 김화영, 김숙희: 식이 단백질 종류와 연령이 다른 흰쥐에서 뇨 칼슘 배설 및 뼈에 미치는 영향. *한국 영양 학회지*. 19(1), 66(1986).
21. 구재욱, 최혜미: 한국 여성의 단백질 및 칼슘섭취가 칼슘대사에 미치는 영향. *한국영양학회지*, 21(2), 99(1988).
22. R.R. Bell, D.T.T. Engelmann, T.L. Sie and H.H. Draper: Effect of a High protein intake on calcium metabolism in the rat. *Journal of Nutrition*, 105, 475(1975).
23. 김양애, 승정자: 한국 성인 여자에 있어서 나트륨 섭취 수준이 체내 칼슘대사에 미치는 영향. *한국 영양학회지*, 20(4), 246(1987)
24. 국민영양 조사 보고서: 보건사회부. (1985).
25. Report of the American Institute of Nutrition Ad Hoc Committee on Standards for Nutritional Studies. *Journal of Nutrition*, 107,1340(1977).
26. A.O.A.C.: Official Methods of Analysis., 14th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., (1980).
27. 박효명, 전혜선, 김숙희: 해초의 식용분말화에 관한 연구. *한국영양학회 총회 및 학술대회 요지*.(1974).
28. J.C. Howe and G.R. Beecher: Dietary protein and phosphorous: Effect on calcium and phosphorous metabolism in bone, blood and muscle of the rat. *Journal of Nutrition*. 113, 2085(1983).
29. T.L. Sie, H.H. Draper and R.R. Bell: Hypocalcemia, hyperparathoidism and bone resorption in rats induced by dietary phosphate. *Journal of Nutrition*. 104, 1195(1974).
30. J.F. McClendon, J. Jowsey, J. Gershon-Cohen and W.C. Foster: The curative effect of a high calcium diet on senile osteoporosis. *Journal of Nutrition*. 77(3), 299(1962).
31. J. Gershon-cohen, T.F. McClendon, J. Jowsey, and W.C. Foster: Osteoporosis produced and cured in rats by low and high-calcium diets. *Radiology*, 78(2), 251(1962).
32. B.G. Shas, G.V.G. Krishnarao and H.H. Draper: The relationship of Ca and P nutrition during adult life and osteoporosis in aged mice. *Journal of Nutrition* 92. 30(1967).
33. C.H. Liu, G.C. Ashton and D.V. Catron : The effect of intermittent consumption of calcium in rats. *Journal of Nutrition*, 59(2), 267(1956).

ABSTRACT

This experiment was carried out to evaluate biological availability of calcium in the sea mustard, sea tangle and sea lettuce in the rats.

Standard diets were made to supply 0.3% of Ca from CaCO₃.

Consequently, levels of each test ingredient to be added were set by their Ca contents. The ingredients such as sea mustard, sea tangle and sea lettuce were added to basal diet at levels of 15.23%, 12.66% and 23.42% respectively.

Ingredients of the basal diet were soybean protein, corn oil, alpha-cellulose, methionine, choline chloride and vitamin and mineral premix. Dextrose was added at level up to 100%.

Amount of soybean protein was adjustable to make all the diets isonitrogenous.

Rats were fed ad libitum the diets for 13 days. The results were summarized as follows:

1. Serum calcium levels of the sea mustard group (15.23%) were higher than those of the other group, but rats fed sea lettuce diets appeared to have the lowest value.
2. Ca concentration in tibia were lower in rats fed with sea lettuce, rather than in those with standard diet.
3. Ca concentration in femur of the rats fed seaweeds did not show any significant difference among groups.
4. In the liver weight in groups fed on the all experimental groups were decreased more than that in the case of the standard diet group.