

고지혈증 흰쥐의 혈청 및 조직의 칼슘, 마그네슘 및 칼륨함량에 미치는 김(*Porphyra yezoensis*) 유래 porphyrin의 영향

정복미* · 신태선 · 김형락¹ · 정규진² · 김선봉¹
여수대학교 식품영양학과, ¹부경대학교 식품생명공학부, ²남도대학 해양식품산업과

Effect of Porphyrin Isolated from Laver, *Porphyra yezoensis* on Calcium, Magnesium and Potassium Contents in Hyperlipidemic Rats

Bok-Mi JUNG*, Tai-Sun SHIN, Hyung-Rak KIM¹, Kyoo-Jin JUNG² and Seon-Bong KIM¹

Department of Food Science and Nutrition, Yosu National University, Yosu 550-749, Korea
¹Department of Food and Biotechnology, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea
²Department of Marine Food Industry, Provincial College of Namdo, Jangheung 529-851, Korea

Effect of the ingestion of porphyrin extracted from *Porphyra yezoensis* on calcium, magnesium and potassium contents in serum and tissue was investigated using hyperlipidemic and hypercholesterolemic rats. The contents of calcium, magnesium and potassium in serum of rats fed porphyrin for four weeks were higher than those of the control group. The contents of calcium and potassium were decreased with increasing a porphyrin level while magnesium content was increased. Liver calcium contents in an 1% porphyrin group were significantly ($p < 0.05$) higher than those in the control group, and magnesium contents in a 10% porphyrin group were higher than those in the control group. Kidney calcium and magnesium contents in rats fed porphyrin were significantly ($p < 0.05$) high compared with the control group. However, potassium content in kidney was increased as a porphyrin level was increased in diet. Spleen calcium and potassium contents were significantly lower in the porphyrin groups than those in the control group. Rats fed the 5% porphyrin diet had higher magnesium content in spleen than any other diets. The results showed that diets supplemented with several porphyrin levels had variable effects on the contents of calcium, magnesium and potassium in serum and tissue of hyperlipidemic rats.

Key words: Laver, *Porphyra yezoensis*, Rat, Calcium, Magnesium, Potassium

서 론

김은 해조류 중 독특한 맛과 냄새, 특유한 빛깔을 내며, 풍부한 영양가 때문에 애용되어 온 기호식품이다. 또한 김에는 지방을 제외한 당질, 각종 무기질과 비타민이 골고루 함유되어 있으며, 단백질과 비타민 A가 특히 많이 함유되어 있고, 특수 성분으로는 비타민 B군, EPA (eicosapentaenoic acid, taurine 등이 함유되어 있다 (Nishizawa and Murasugi, 1988). 그 중 당질은 식이 섬유인 hemicellulose, porphyrin 등으로 이루어져 있으며 (Nishizawa, 1989a; Nishizawa, 1989b), 식이 섬유는 체내에서 식품의 에너지 밀도를 낮출 뿐 아니라 소화기관 내에 음식물이 머무는 시간을 줄이고, 대변을 부드럽게 하여 변비와 개설염을 완화시키는데 도움이 된다 (Southgate, 1982). 그러므로 식이섬유 섭취 시 비만과 대장암의 예방은 물론 혈중 콜레스테롤과 혈당을 낮추어 당뇨 (Jenkins et al., 2000)나 관상심장질환의 위험을 줄인다 (Leinonen et al.,

2000)고 알려져 왔다. 반면 식이섬유는 체내에서 무기질 흡수를 감소시킨다는 연구가 많이 보고되었으나 (Kelsay, 1981; Toma and Curtis, 1986; Marlett, 1984), 이는 식품의 종류와 섭취대상자의 성별에 따라 차이가 있다 (Sandström et al., 2000; Kanauchi et al., 2000). 90년대부터는 해조류가 가지는 생체 유지 기능에 대해 관심이 높아지고 있지만 (JSP, 1993) 우리나라에서는 해조류의 생체 기능에 관한 실험은 전무한 실정이다. 본 연구에서는 김에서 수용성 다당류인 porphyrin을 분리 추출하여, 고지혈증을 유발시킨 쥐에게 투여한 후 혈청 및 조직의 칼슘, 마그네슘 및 칼륨의 함량에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

시 료

김 (*Porphyra yezoensis*)은 전남 장흥 연안에 위치한 김 양식장에서 1999년 12월부터 2000년 3월까지 매월 5일에 채취

*Corresponding author: jbm@yosu.ac.kr

한 것을 마른 김으로 가공하여 실험실로 운반한 다음 냉동실 (-80℃)에 보관하여 두고 실험에 사용하였다.

일반성분 분석

김의 일반성분은 AOAC (1990)에 따라 수분은 상압 가열 건조법, 조단백질은 Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet법, 조회분은 건식회화법으로 각각 분석하였으며, 당질은 고형분의 총량에서 수분, 조단백질, 조지방, 회분을 뺀 값으로 나타내었다.

Porphyran의 추출

Porphyran의 제조는 Nishide et al. (1988)와 Koo and Park (1999)의 방법을 약간 수정하여 전보 (Jung et al., 2001)와 같이 제조하였다.

동물사육 및 식이

평균체중이 40-50 g인 Sprague Dawley계 3주령 된 수컷 흰 쥐를 동물실험실에서 1주일간 적응시킨 후, 동물의 체중에 따라 각 군의 평균 체중이 비슷해지도록 1군에 9마리씩 5군으로 나누어 4주간 사육하였다. 동물실험실의 사육조건은 온도 24±2℃, 습도 55-60%를 유지시켰다. 명암은 12시간을 주기로 자동조절 되었으며, 물은 2차 증류수로 매일 급여하였고, 모든 사료와 물은 자유롭게 섭취하도록 하였다. 실험군의 구성은 Table 1에 나타내었으며, 정상군은 식물성 기름을 급여하였으며, 대조군은 라드와 콜레스테롤을 급여하여 고지혈증과 고콜레스테롤혈증을 유발시켰으며, 3군은 대조군에 1% porphyran, 4군은 대조군에 5% porphyran, 5군은 대조군에 10% porphyran을 급여하였다. 실험 식이는 AIN standard (1997)를 참고로 하여 Table 2와 같이 배합하였다.

실험동물의 처리

실험동물은 실험기간 종료 후 12시간 동안 절식시킨 뒤 diethyl ether로 마취시켜 주사기 (21 gage needle)를 이용하여 심장 천자법으로 채혈하였다. 채혈된 혈액은 원심분리관에 넣어 실온에서 30분간 방치시킨 후 원심분리 (600 g, 15 min)하여 혈청을 분리 한 후, -40℃ 냉동고에 보관하여 두고 칼슘, 마그네슘 및 칼륨 분석의 시료로 사용하였다.

혈액채취 후 가능한 한 빨리 장기 (간, 신장, 비장)를 적출하여 탈혈하고, 여과지로 불기를 제거한 다음 무게를 측정하였다. 장기들은 -40℃ 냉동고에 보관하면서 실험에 사용하였다.

Table 1. Experimental design for animal experiment

Group	Dietary food
Normal	Corn oil 15%
Control	Lard 15%+Cholesterol 1%+Sodium cholate 0.25%
1% PD	Control + Porphyran 1%
5% PD	Control + Porphyran 5%
10% PD	Control + Porphyran 10%

Table 2. Composition of experimental diet

Ingredients	(g/100 g)				
	Normal	Control	1% PD ¹⁾	5% PD	10% PD
Corn starch	25	23.75	22.75	18.75	13.75
Sucrose	30	30	30	30	30
Casein	20	20	20	20	20
Corn oil	15	-	-	-	-
Lard	-	15	15	15	15
Cellulose ²⁾	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Mineral ³⁾	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
mixture					
Vitamin ⁴⁾	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
mixture					
Methionine	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Choline	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
bitartrate					
Cholesterol	-	1.0	1.0	1.0	1.0
Sodium cholate	-	0.25	0.25	0.25	0.25
Porphyran	-	-	1.0	5.0	10.0

¹⁾ See table 1; ²⁾ Cellulose: Sigma Co., Ltd. U.S.A

³⁾ AIN Mineral mixture; ⁴⁾ AIN Vitamin mixture

혈청 및 장기의 칼슘, 마그네슘 및 칼륨 분석

냉동 보관한 혈청 및 장기는 Thompson and Blanchflower 법 (1971)에 의해 습식 분해하였다. 즉 혈청은 0.5 mL를 취하여 질산:과염소산 (3:1) 혼합액 10 mL를 넣고 hume hood에서 점차 온도를 높이면서 연소시켜 분해액이 약 0.1 mL로 되면 방냉한 다음 묽은 염산(1:1) 3 mL를 첨가한 후 가온하였다. 이어서 분해 시료액을 충분히 방냉한 다음, 20 mL 정용 플라스크로 희석시킨 후 일정량 취하여 원자흡광광도계 (Shimazu AA-6501GS, Japan)로 칼슘, 마그네슘 및 칼륨 농도를 측정하였다.

장기의 경우, 간장은 정확히 0.5 g을 채취하여 분해하였고, 신장, 비장은 전체를 분해한 후 g당으로 환산하여 계산하였다. 시료의 분해, 희석, 측정은 혈청과 동일한 방법으로 실시하였다. 각 원소마다 파장과 회화온도의 조건을 적절하게 조절하였으며, 2회 반복 분석에서 5% 이내의 오차를 인정하였고, 5% 이상일 때에는 3회 반복 분석 실험을 통하여, 5% 이내의 값을 유효수치로 계산하였다.

통계처리

동물실험 결과는 실험군 당 평균치와 표준편차로 표시하였으며, 각 실험군의 평균치간 유의성을 통계 package SAS program을 이용하여, Duncan's multiple range test로 검증하여 P value가 0.05 이하인 경우를 통계적으로 유의한 것으로 판정하였다.

결과 및 고찰

김의 일반성분

본 실험에 사용한 마른 김의 계절별 일반성분의 분석결과를 Table 3에 나타내었다. 마른 김의 계절별 일반성분은 수분이 9.2-10.0%, 탄수화물이 37.7-44.7%, 조 단백질이 32.1-40.9%, 조 지방이 0.4-0.6%, 회분이 11.0-13.4%로 나타났다. 탄수화물 함량은 생산초기인 12월에 37.7%이었으나, 만기산인 3월에는 44.7%로 생산시기가 늦어질수록 증가한 반면, 단백질 함량은 조기산인 12월에는 40.9%로 가장 많았으나, 만기산인 3월에는 32.1%로 점차 낮아졌다. 지방함량은 0.4-0.6%, 회분 함량은 11.0-13.4%로 만기산 일수록 증가하는 경향이였다. 따라서 본 실험에서는 탄수화물의 함량이 가장 높은 3월에 생산된 만기산 마른 김을 porphyran 추출용 시료로 사용하였다. 해조류의 무기성분 함량은 채집시기에 따라서도 다르며, 김의 무기성분 또한 채집시기와 환경요인에 따른 함량차이가 현저하다 (Oishi, 1993). 상등품일수록 단백질과 인, 아연이 많고, 하등품일수록 탄수화물, 철분이 많다 (Noda, 1971). 김은 채취장소와 채취시기 (Lee et al., 1987; Cho et al., 1995)에 따라 일반성분의 함량 차이가 크며, 고급품일수록 단백질 함량이 많고 탄수화물 함량이 적으며, 저급품일수록 단백질 함량이 적고, 탄수화물 함량이 많다고 보고되어 있다. Noda (1971)는 일본에서 양식산 김 (*Porphyra yezoensis*)의 일반성분 조성에 따른 계절적 변화에서 12월에는 고단백의 좋은 품질이 많지만, 만기산인 2월에는 조섬유 및 탄수화물 함량이 증가하여 품질이 떨어진다고 보고한 바 있으며, 본 실험에서도 이와 일치된 결과를 나타내었다.

Table 3. Proximate composition of *Porphyra yezoensis* (g/100g)

Sampling date	Moisture	Carbohydrate	Crude protein	Crude fat	Ash
1999.12. 5	9.8	37.7	40.9	0.4	11.2
2000. 1. 5	10.0	38.1	40.4	0.5	11.0
2000. 2. 5	9.4	40.3	36.5	0.6	13.2
2000 3. 5	9.2	44.7	32.1	0.6	13.4

사료 중의 칼슘, 마그네슘 및 칼륨 함량

흰쥐에게 급여한 사료 중의 칼슘, 마그네슘 및 칼륨함량은 Table 4에 나타내었다. 정상군에 함유된 사료의 칼슘함량은 2.23 ppm, 마그네슘 27.68 ppm, 칼륨 64.01 ppm으로 칼륨의 함량은 높았고, 칼슘은 낮았다. 대조군과 porphyran 급여군의 칼슘, 마그네슘 및 칼륨 함량은 정상군과 큰 차이를 보이지 않았으나, 특히 마그네슘 및 칼륨 함량은 porphyran의 배합 비율이 높은 5% 및 10%의 급여군에서 다소 증가하는 경향을 보였다. Yoshie et al. (1993, 1994)은 마른 김 가공의 경우 원조의 절단, 세척, 숙성, 배합 및 건조 과정으로 이루어지고, 가공방법 및 산지에 따라서 무기질의 함량에 차이가 있으며, 칼륨함량이 가장 높았고, 다음으로 마그네슘, 칼슘의 순이라 보고하였다. 또한 Noda et al. (1981)의 경우 마른 김 추출액

Table 4. Levels of calcium, magnesium and potassium of the experimental diets

Group ¹⁾	Ca	Mg	K
Normal	2.23	27.68	64.01
Control	2.21	26.16	67.39
1% PD	2.55	28.29	86.88
5% PD	2.73	42.68	92.43
10% PD	2.84	56.44	121.34

¹⁾ See Table 1.

중의 무기질 조사에서 칼슘은 372-2,135 mg/g, 칼슘은 3-6 mg/g, 마그네슘은 5-25 mg/g이 함유되어 있었다고 보고하였다.

혈청 중의 칼슘, 마그네슘 및 칼륨 함량

흰쥐에게 porphyran 수준을 달리하여 4주간 사육한 뒤 혈청 중의 칼슘, 마그네슘 및 칼륨 함량을 측정된 결과는 Table 5와 같다. 혈청중의 칼슘함량은 정상군에 비해 대조군과 porphyran 군이 유의적으로 높게 나타났고, 특히 1% porphyran군이 아주 높게 나타났으나 porphyran 수준이 높을수록 칼슘의 함량은 낮아졌으며, 10% porphyran 군은 대조군과 유사한 경향을 나타내었다. 마그네슘함량은 정상군과 porphyran군에 비해 대조군에서 유의하게 낮은 수준이었으나, porphyran급여 수준이 증가할수록 마그네슘의 함량이 증가하여 5%, 10% porphyran군은 정상군과 가까운 수준으로 증가되었다. 칼륨의 함량은 정상군과 대조군에 비해 porphyran 군이 유의하게 높게 나타났으며 porphyran 수준이 높을수록 칼륨의 함량은 감소되는 경향을 보였다. Reinold et al. (1976)은 식물섬유가 많이 함유된 밀 빵을 계속해서 섭취하면 혈액 내 마그네슘 함량이 감소되었다고 보고하였고, Son et al. (1992)은 해조류 섭취가 성인 남자의 나트륨, 칼슘 및 칼륨 흡수에 미치는 영향을 조사한 결과, 해조류 섭취와 혈청 무기질의 농도와와의 관계에 대해서 어느 무기질에서도 유의성 있는 관계가 없었고, 피검자의 혈청 무기질 농도는 전부 정상치 범위에 있었다고 보고하였다. 본 실험 결과에서는 칼슘과 칼륨 함량은 정상군에 비해서 증가한 경향을 보였으나, 마그네슘함량은 감소하는 경향을 나타내었는데 혈청 중 무기질의 농도는 급여 수준에 따라 차이가 있는 것으로 사료된다.

조직중의 칼슘, 마그네슘 및 칼륨 함량

Porphyran 급여 후 간 중의 칼슘, 마그네슘 및 칼륨 함량은 Table 6에 나타내었다. 칼슘의 함량은 정상군에 비해 대조군이 유의하게 낮았으며, 대조군과 porphyran 군에서 대조군에 비해 1% porphyran군이 유의하게 높았으나 5%와 10%군은 대조군과 차이가 없었다. 마그네슘의 함량은 정상군이 대조군에 비해 유의하게 높았으며, 대조군과 1%, 5% porphyran군과는 차이가 없었으나, 10% porphyran군은 정상군 수준으로

Table 5. Contents of calcium, magnesium and potassium of serum in rats fed the experimental diets

(ppm)			
Group ¹⁾	Ca	Mg	K
Normal	17.95 ± 2.07 ^d	49.17 ± 5.02 ^a	27.67 ± 2.04 ^c
Control	31.95 ± 1.57 ^c	36.50 ± 1.68 ^c	23.84 ± 3.05 ^d
1% PD	106.48 ± 15.38 ^a	42.04 ± 2.14 ^b	34.40 ± 3.20 ^a
5% PD	49.41 ± 10.81 ^b	45.56 ± 2.78 ^{ab}	32.53 ± 2.61 ^{ab}
10% PD	41.87 ± 5.04 ^{bc}	47.27 ± 4.30 ^a	31.37 ± 1.89 ^b

¹⁾ See Table 1. ²⁾ Mean ± S.D. (n=9)
³⁾ Means in the same column not sharing the same superscript letters are significantly different (p<0.05).

Table 6. Contents of calcium, magnesium and potassium of liver in rats fed the experimental diets

(ppm)			
Group ¹⁾	Ca	Mg	K
Normal	28.63 ± 2.84 ^a	256.39 ± 18.66 ^a	342.54 ± 36.87 ^a
Control	12.07 ± 2.29 ^c	184.37 ± 17.31 ^b	275.54 ± 22.40 ^b
1% PD	16.91 ± 1.48 ^b	194.55 ± 7.90 ^b	199.64 ± 9.80 ^c
5% PD	14.13 ± 2.33 ^c	187.02 ± 19.90 ^b	259.63 ± 17.05 ^b
10% PD	14.00 ± 2.29 ^c	260.60 ± 26.66 ^a	338.00 ± 22.52 ^a

¹⁾ See Table 1. ²⁾ Mean ± S.D. (n=9)
³⁾ Means in the same column not sharing the same superscript letters are significantly different (p<0.05).

증가되어 대조군에 비해 유의적으로 증가하였다. 칼륨의 함량 역시 정상군이 대조군에 비해 유의하게 높게 나타났으며, 1% porphyran군은 대조군에 비해 유의적으로 낮은 반면 급여 수준이 증가할수록 칼륨함량은 증가하여 5% porphyran군은 대조군 수준으로 증가하였고, 10% porphyran군은 정상군과 비슷한 수준으로 나타났다. Sung et al. (2000)은 다시마와 미역의 섭취가 칼슘의 흡수에 미치는 영향에서 다시마와 미역의 섭취는 대변으로 배설하는 칼슘의 양을 많게 하고 외견상 흡수율은 낮게 나타났음을 보고하였다. 본 실험에서는 porphyran 급여 후 분뇨의 수집 및 무기물의 분석은 이루어지지 않았으나, 흰쥐 간장의 칼슘의 농도가 감소한 것으로 보아 분뇨로의 칼슘 배설이 많았던 것으로 사료된다.

신장 중의 칼슘, 마그네슘 및 칼륨의 함량은 Table 7과 같다. 칼슘함량은 정상군에서 102.03 ± 11.41 ppm이었으나, 대조군에서는 32.18 ± 4.81 ppm으로 유의하게 감소하였고, porphyran군에서도 52.23 ± 4.61-57.88 ± 8.56 ppm을 나타내 정상군에 비해서는 유의적으로 낮았으나, 대조군에 비해서는 유의적으로 높았으며 porphyran 군간의 유의성은 나타나지 않았다. 마그네슘 함량은 정상군에 비해 대조군에서 유의적으로 감소되었으나, 대조군에 비해 porphyran군은 유의적으로 증가하였고, 특히 1%와 10% porphyran군은 정상군 수준으로 증가하였다. 칼륨의 함량은 정상군에서 1,019.23 ±

Table 7. Contents of calcium, magnesium and potassium of kidney in rats fed the experimental diets

(ppm)			
Group ¹⁾	Ca	Mg	K
Normal	102.03 ± 11.41 ^{a2)3)}	229.93 ± 34.60 ^a	1,019.23 ± 103.01 ^a
Control	32.18 ± 4.81 ^d	148.31 ± 39.51 ^c	701.31 ± 31.83 ^c
1% PD	56.53 ± 4.54 ^b	208.91 ± 21.16 ^{ab}	829.82 ± 22.62 ^b
5% PD	52.23 ± 4.61 ^b	188.65 ± 12.12 ^b	641.32 ± 17.24 ^d
10% PD	57.88 ± 8.56 ^b	200.78 ± 26.28 ^{ab}	440.32 ± 26.29 ^c

¹⁾ See Table 1. ²⁾ Mean ± S.D. (n=9)
³⁾ Means in the same column not sharing the same superscript letters are significantly different (p<0.05).

Table 8. Contents of calcium, magnesium and potassium of spleen in rats fed the experimental diets

(ppm)			
Group ¹⁾	Ca	Mg	K
Normal	69.27 ± 5.84 ^a	232.77 ± 21.85 ^b	245.43 ± 22.54 ^a
Control	70.93 ± 11.46 ^a	223.81 ± 20.36 ^b	178.98 ± 13.67 ^c
1% PD	33.83 ± 7.60 ^c	227.47 ± 8.27 ^b	198.41 ± 12.39 ^b
5% PD	30.90 ± 8.21 ^c	252.05 ± 20.98 ^a	169.61 ± 10.34 ^c
10% PD	51.89 ± 6.09 ^b	221.34 ± 13.05 ^b	146.59 ± 11.94 ^d

¹⁾ See Table 1. ²⁾ Mean ± S.D. (n=9)
³⁾ Means in the same column not sharing the same superscript letters are significantly different (p<0.05).

103.01 ppm이었으나, 대조군이 701.31 ± 31.83 ppm으로 유의적으로 감소하였다. 또한, porphyran군이 정상군에 비해 유의적으로 감소하였으나, 1% porphyran 군은 대조군에 비해 유의적으로 증가하였으나, porphyran 수준이 5%, 10%로 증가할수록 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다.

Table 8은 비장 중의 칼슘, 마그네슘 및 칼륨의 함량을 나타낸 결과이다. 비장의 칼슘함량은 정상군과 대조군은 차이가 없었으나 porphyran군은 모두 대조군보다 유의적으로 낮게 나타났으며, 1%, 5% porphyran군에 비해 10% porphyran군이 높게 나타났다. 비장중의 마그네슘 함량은 5% porphyran군만 다른 군에 비해 유의적으로 높게 나타났으며, porphyran 급여로 인한 비장중의 마그네슘 함량에는 별로 영향을 나타내지 않았다. 비장중의 칼륨함량은 정상군에 비해 대조군과 porphyran군이 유의하게 나타났으며, 대조군에 비해 1% porphyran군은 유의하게 높았으며, 5% porphyran군은 대조군 수준으로 감소하였으며, 10% porphyran군은 대조군에 비해 유의하게 감소하여 porphyran 수준이 증가함에 따라 비장의 칼륨함량이 감소하는 경향을 보였다.

참 고 문 헌

AIN. 1997. Standards for nutrition studies report. J. Nutr.,

- 107, 1340-1348.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis, 15th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.
- Cho, D.M., D.S. Kim, D.S. Lee, H.R. Kim and J.H. Pyeun. 1995. Trace components and functional saccharides in seaweed - 1. Changes in proximate composition and trace elements according to the harvest season and places. Bull. Kor. Fish. Soc., 28, 49-59. (in Korean)
- Jenkins, D.J., C.W. Kendall, M. Axelsen, L.S. Augustin and V. Vuksan. 2000. Viscous and nonviscous fibres, nonabsorbable and low glycaemic index carbohydrates, blood lipids and coronary heart disease. Curr. Opin. Lipidol., 11, 49-56.
- Jung, K.J., B.M. Jung and S.B. Kim. 2001. Effect of porphyran isolated from Laver, *Porphyra yezoensis*, on lipid metabolism in hyperlipidemic and hypercholesterolemic rats. Kor. J. Food Sci. Technol., 33, 633-640. (in Korean)
- Kanauchi, O., A. Araki, A. Andoh, T. Iwanaga, N. Maeda, K. Mitsuyama, T. Bamba and T. Hibi. 2000. Effect of germinated barley foodstuff administration on mineral utilization in rodents. J. Gastroenterol., 35, 188-194.
- Kelsay, J.L. 1981. Effect of diet fiber level on bowel function and trace mineral balances of human subjects. Cereal Chem., 58, 2-5.
- Koo, J.G. and J.H. Park, 1999. Chemical and gelling properties of alkali-modified porphyran. J. Kor. Fish. Soc., 32, 271-275. (in Korean)
- Lee, K.H., S.H. Song and I.H. Jeong. 1987. Quality stability of roasted lavers during processing and storage. Bull. Kor. Fish. Soc., 20, 520-528. (in Korean)
- Leinonen, K.S., K.S. Poutanen and H.M. Mykkinen. 2000. Rye bread decrease serum total and LDL cholesterol in men with moderately elevated serum cholesterol. J. Nutr., 130, 164-170.
- Marlett, J.A. 1984. Dietary fiber and mineral bioavailability. Intern. Med. Special., 5, 99-114.
- Nishide, E., M. Ohno, H. Anzai and N. Uchida. 1988. Extraction of porphyran from *Porphyra yezoensis* Ueda F. nara-waensis Miura. Nippon Suisan Gakkaishi, 54, 2189-2194. (in Japanese)
- Nishizawa, K. and S. Murasugi. 1988. The Seavegetable Book. Kensei Press, Tokyo, pp. 57-66. (in Japanese)
- Nishizawa, K. 1989a. Physiological substances of seaweeds [I]. Food Develop., 24, 54-58. (in Japanese)
- Nishizawa, K. 1989b. Physiological substances of seaweeds [II]. Food and Development, 24, 59-64. (in Japanese)
- Noda, H. 1971. Biochemical studies on marine algae - III. Relation between quality and inorganic constituents of "Asakusanori". Bull. Jap. Soc. Sic. Fish., 37, 30-34. (in Japanese)
- Noda, H., H. Amano, K. Abo and Y. Horiguchi. 1981. Sugars, organic acids and minerals of `Nori`, the dried laver *Porphyra* spp. Bull. Jap. Soc. Sic. Fis., 47, 57-62. (in Japanese)
- Reinhold, J.G., B. Faraji, P. Abadi and F. Ismail-Beigi. 1976. Decreased absorption of calcium, magnesium, zinc and phosphorus by humans due to increased fiber and phosphorus consumption as wheat bread. J. Nutr., 106, 495-503.
- Sandström, B., S. Bügel, B.A. McGaw, J. Price and M.D. Reid. 2000. A high oat bran intake does not impair zinc absorption in humans when added to a low fiber animal protein-based diet. J. Nutr. 130, 594-599.
- Son, H.S., H.S. Kim and J.S. Ju. 1992. Effect of seaweed intake on the absorption of sodium, calcium, potassium and hypolipidemic mechanism in healthy male subjects. J. Kor. Soc. Food Nutr., 21, 471-477. (in Korean)
- Southgate, D.A.T. 1982. Definitions and Terminology of Dietary Fiber in: Dietary Fiber in Health and Disease. Plenum Press, New York, pp. 1-7.
- Sung, M.K., K.H. Han and H.J. Kwon. 2000. Effect of seatangle and seamustard intakes on carcinogen induced DNA adduct formation and the absorption of calcium and iron. Kor. J. Nutr. 33, 717-724. (in Korean)
- JSP (The Japanese Society of Phycology). 1993. Functional problems of laver. Phycol. Res., 32, 74-79.
- Thompson, R.H. and W.J. Blanchflower. 1971. Wet ashing apparatus to prepare biological materials for atomic absorption spectrophotometry. Lab. Prac., 20, 859-861
- Toma, R.B. and D.J. Curtis. 1986. Dietary fiber: effect on mineral bioavailability. Food Technol., 46, 111-116.
- Yoshie, Y., T. Suzuki, T. Shirai and T. Hirano. 1993. Dietary fiber and minerals in dried nori of various culture location and prices. Nippon Suisan Gakkaishi, 59, 1763-1767. (in Japanese)
- Yoshie, Y., T. Suzuki and T. Hirano. 1994. Changes in the contents of dietary fibers, minerals, free amino acids, and fatty acids during processing of dried Nori. Nippon Suisan Gakkaishi, 60, 117-123. (in Japanese)

2003년 2월 7일 접수

2003년 5월 30일 수리