J Korean Soc Food Sci Nutr
39(7), 1078~1082(2010)

한국식품영양과학회지
DOI: 10.3746/jkfn.2010.39.7.1078

7종 해조류 NDF에 결합된 미량무기질(Fe, Zn, Cu, Mn) 함량 및 추정 이용률
– 연구노트 –

곽연화 · 김형수 · 최수진 · 김대진†
동아대학교 식품과학부

Substantial Estimated Availability and NDF-Bound Trace Minerals (Fe, Zn, Cu, and Mn) Contents of Seven Different Seaweeds

Yeon Hwa Kwak, Hyeong Soo Kim, Su Jin Choi, and Dae Jin Kim†
Dept. of Food Science, Dong-A University, Busan 604-714, Korea

Abstract

The substantial trace mineral usabilities of seven seaweeds for nutrient evaluation have been studied. As the neutral detergent fiber (NDF) bound trace minerals have been known to be indigestible, these contents were excluded in the digestible trace mineral contents evaluation. Therefore, those four trace mineral contents in seven seaweeds and their NDF-bound contents were estimated. Consequently, the NDF-bound Zn, Cu and Mn contents, except Fe, in seven seaweeds were between 10 and 20% of total trace mineral contents, thus 80~90% of seaweeds trace minerals were observed to be substantially digestible. Although the average estimated availability of Fe in the seaweeds were relatively low, those Zn, Cu and Mn were high in relative to those total contents. Thus, even with consideration of their digestibility, seaweeds could be one of good sources of trace minerals for human nutrition because of their high availabilities of Zn, Cu and Mn.

Key words: trace minerals, seaweeds, NDF-bound minerals, estimated availability

서 론

풍부한 수산물을 얻을 수 있는 크고 작은 섬들을 끼고 있는 우리나라는 삼면이 바다로, 언제든지 해조류를 채집할 수 있어 해조류는 과거에서부터 우리들의 식탁에 자주 오르는 식품재료였다. 2009년 우리나라 해조류의 총 생산량은 787,710톤으로 전체 어업총생산량 2,576,801톤의 30.6%를 차지하였으며, 그중 주요 품종별 생산량은 다시마류 302,454, 미역 285,858, 김 165,481톤으로 이들의 생산량이 전체 해조류 생산량의 95.7%를 차지하였다(1).

해조류는 대부분이 수용성 식이섬유인 다당류로 이루어져 있는 특징으로 그동안 해조류의 다당류성분 및 식이섬유가 항암효과(2), 비만(3) 등 인체에 미치는 영향에 관한 많은 연구가 보고되었다(4-8). 그러나 식이섬유는 식물의 세포벽 성분으로서, 인간이나 단위 동물은 이 세포벽물질을 분해할 수 있는 효소를 갖고 있지 않다. 즉, 해조류의 세포벽물질에 결합된 성분은 이용되지 않으므로 영양평가 시 이를 고려한 이용률을 평가해야한다고 생각된다.

섬유소에 함유된 물질에 관한 연구에서 James 등(9)과 Camire와 Clydesdale(10)은 각 식품의 섬유소 성분에는 체내 필수 미량 무기질인 Fe, Zn, Cu 등이 함유되어 있다고 보고하였으며, Reinhold 등(11)은 밀과 옥수수의 세포벽물질에는 Fe이 함유되어 있으며, 옥수수의 NDF(neutral detergent fiber)에도 0.3 μg Fe/mg이 함유되어 있다고 보고하였다. 또한 Fernandez와 Phillips(12)는 lignin에 Fe이 함유되어 있다고 보고한 바 있으며, 한편, 섬유소가 Fe 흡수의 대표적인 방해 인자 중의 하나로 지적되었고(13), Kelsay(14)를 비롯한 여러 연구자들에 의하면 식이섬유가 무기질의 흡수를 저해한다고 보고하는 등 식이섬유와 무기질의 흡수와의 관계에 대한 많은 보고가 있었다.

인체 영양상 미량 무기질은 세포가 적절한 기능을 수행하는데 필수적인 요소로, 그 필요량은 100 mg 이하의 소량으로 아주 적어서 어떤 식사를 하던지 사람에게 그 필요량이 충족되기도 한다. 하지만 실제로 식사에서 다량 무기질보다 미량 무기질이 부족한 경우가 있는 만큼 사람들은 그 중요성을 간과하고 있어 그 가치가 재평가되어야 할 것으로 생각한다.

따라서 본 연구는 세포벽 무기질은 모두 이용되지 않는다는 전제하에 해조류의 세포벽물질(중성세제불용성섬유: neutral detergent fiber, NDF)을 측정하고 이에 결합된 미량 무기질 Fe, Zn, Cu, Mn의 함량을 조사하여, 해조류 내에 함유되어 있는 무기질 함량에서 감한 후 계산하여 해조류의 무기질 추정 이용률을 평가하고자 하였다.

†Corresponding author. E-mail: djkim@donga.ac.kr
Phone: 82-51-200-7532, Fax: 82-51-200-7535

Table 1. Nomenclatures of seaweeds

Classification	Korean name	Scientific name	Common name
Phaeophyceae	톳	*Hizikia fusiforme*	Seaweed fusiforme
	다시마	*Laminaria japonica*	Sea tangle
	미역	*Undaria pinnatifida*	Sea mustard
Ulvophyceae	매생이	*Capsosiphon fulvescens*	Seaweed fulvescens, dried
	파래	*Ulva lactuca*	Sea lettuce
Rhodophyceae	꼬시래기	*Gracilaria verrucosa*	Sea string
	김	*Porphyra tenera*	Laver

재료 및 방법

실험재료

본 실험에서 시료로 사용한 해조류는 시판 식용해조류인 톳, 다시마, 미역, 매생이, 파래, 꼬시래기, 김 등 총 7종으로 Table 1과 같다. 톳, 다시마, 미역, 김은 부산 롯데마트 하단점 내 건어물 코너에서 마른제품을 구입하였고, 매생이, 파래, 꼬시래기는 부산 자갈치 시장에서 염장처리 된 것을 구매하였다. 매생이, 파래, 꼬시래기는 겨울철 2~3개월 동안 자라 일부 지역에서만 채취되어 대부분이 자연 재료로 판매된다. 따라서 생산량이 불안정하고 가격 변동 폭이 매우 크다는 특성이 있어, 모든 시료는 12월~1월에 구매하였다.

실험재료의 전처리

구입한 시료 중 마른 김과 염분이 제거되어 건조된 톳은 바로 0.5 mm screen이 부착된 Wieley mill(1093, Cyclotec Mill, Foss Tecator, Hoganas, Sweden)로 분쇄하여 polyethylene bottle에 담아 저온(5°C 이하)에서 보관하였다. 염장처리가 되어 있는 매생이, 파래, 꼬시래기는 염분을 제거하기 위해 하루 동안 수돗물에 충분히 침지한 후 두세 번 세척하고 물기를 없앴다. 이후 적당한 분량씩 담아 동결건조기(Ilshin Lab. Co., Ltd., Seoul, Korea)에서 건조하고 위와 동일한 방법으로 분쇄하여 보관하였다. 마른 다시마와 미역 역시 염분이 있는 상태였으므로 위와 동일한 방법으로 염분을 제거하고 건조, 분쇄 후 보관하였다.

중성세제불용성섬유(NDF) 함량

NDF는 Van Soest와 Wine법으로(15) 분석하였다. 중성세제용액은 1 L 증류수에 sodium lauryl sulfate 30 g과 disodium EDTA 18.61 g, sodium borate decahydrate 6.81 g, anhydrous sodium phosphate dibasic 4.56 g을 녹인 후 2-ethoxyethanol 10 mL를 더하고 H_3PO_4로 pH를 6.9~7.1로 조정한 후 조제하였다. 시료 1 g을 칭량하여 플라스크에 넣고 중성세제 용액 100 mL와 2 mL의 decahydronaphthalene을 차례로 더하고, 0.5 g sodium sulfate를 완전히 녹인 후 boiling water bath(Foss Tecator)에 장착한 후 5~10분 사이에 끓도록 하여 끓기 시작하면 정확히 60분간 가열한 후 여과하였다. 흡인여과법을 사용하여 뜨거운 증류수(90~100°C)로 침전물을 3번 씻어낸 다음 acetone으로 더 이상 용액이 색깔을 띠지 않을 때까지 2~3회 씻어내며 여과하였다. 그 후 105°C dry oven(Dong Kyeong Scientific, Seoul, Korea)에서 하룻밤 건조시킨 다음 잔사를 측정하고, 다음과 같이 NDF 함량을 측정하였다.

$$NDF(\%) = \frac{W_1}{S} \times 100$$

S: 시료의 무게(g), W_1: 잔사물의 건조 후의 무게(g)

무기질 분석방법

해조류에 함유된 무기질은 건식분해 후 분석하였고, 해조류 NDF에 결합된 무기질 역시 동일한 방법으로 다음과 같이 분석하였다. NDF의 함량을 측정한 후 잔사를 여과지채로 도가니에 넣어 600°C에서 2시간 이상 회화한 뒤 실온으로 방냉시켰다. 회화가 끝난 도가니에 HCl 1:1 용액을 30 mL 넣은 후 하룻밤 방치시키고 증류수를 이용하여 분해 플라스크에 옮겨 hot plate에서 20분 정도 완전히 분해시켰다. 뜨거운 증류수로 여과하면서 100 mL 정용 플라스크에 맞추고, 이를 Perkin Elmer사의 무기질 자동분석기 ICP-OES (Hergenreder PerkinElmer Inc., Shelton, CT, USA)에서 분석하였으며, 그 조건은 Table 2와 같다.

추정이용률

추정이용률은 해조류 건물(dry matter, DM) 100 g당 무기질 함량(mg)에서 해조류 NDF 100 g당 결합된 무기질 함량(mg)을 측정한 후 다음과 같이 구하였다.

$$\text{추정 이용률} = \frac{A - B}{A} \times 100$$

A: 해조류 DM 100 g당 무기질(mg)

B: 해조류 NDF 100 g당 결합된 무기질(mg)×NDF(%)/100

Table 2. Operated ICP-OES conditions

Specification	Conditions
Instrument	ICP-OES 2000 DV
RF power	1500 watts
Plasma flow	15 L/min
Sample flow rate	1.5 mL/min
Fe wavelength	238.204 nm
Zn wavelength	257.610 nm
Cu wavelength	327.393 nm
Mn wavelength	206.200 nm

Table 3. Trace mineral (Fe, Zn, Cu and Mn) contents in seaweeds (mg/100 g DM[1])

Sample	Fe	Zn	Cu	Mn
Hizikia fusiforme	67.79±6.50[2)b3)]	13.34±0.25[e]	6.78±0.56[a]	2.50±0.06[b]
Laminaria japonica	35.16±1.52[bc]	23.98±0.65[c]	3.52±0.16[bcd]	1.40±0.04[d]
Undaria pinnatifida	24.89±2.20[c]	31.84±1.05[b]	2.49±0.08[cd]	1.25±0.10[d]
Capsosiphon fulvescens	139.47±11.28[a]	8.89±0.89[f]	1.91±0.15[d]	1.87±0.19[c]
Ulva lactuca	106.89±3.94[a]	20.61±0.88[d]	1.90±0.08[d]	2.18±0.08[bc]
Gracilaria verrucosa	38.95±2.34[bc]	40.14±2.55[a]	3.89±0.02[bc]	0.80±0.05[e]
Porphyra tenera	33.33±3.10[bc]	9.54±0.95[f]	4.68±0.12[b]	3.45±0.15[a]
Mean	64.26	21.19	3.60	1.92

[1)]DM, dry matter. [2)]All values are means±SD in triplicates.
[3)]The different letters in the same column are significantly different between the treatment ($p<0.05$).

통계처리

본 실험의 모든 결과는 SAS(Statistical Analysis System Institute Inc., Cary, NC, USA)에 의하여 평균과 표준편차로 표시하고 ANOVA test에 의해 분석하였다. 각 평균 간의 유의차 검정은 Duncan's multiple range test로 검정을 실시하였으며, 모든 유의차는 유의수준 $p<0.05$에서 비교하였다.

결과 및 고찰

미량 무기질 함량

해조류 7종에 대한 미량 무기질(Fe, Zn, Cu, Mn)의 함량은 Table 3과 같다. 미량 무기질인 Fe 함량은 가장 높게는 매생이 139.47 mg/100 g에서부터 가장 낮게는 미역 24.89 mg/100 g로 평균 64.26 mg/100 g이었으며, Zn은 가장 높게는 꼬시래기 40.14 mg/100 g에서부터 가장 낮게는 매생이 8.89 mg/100 g로 평균 21.19 mg/100 g이었다. Cu는 가장 높게는 톳 6.78 mg/100 g에서부터 낮게는 매생이, 파래가 각각 1.91, 1.90 mg/100 g로 평균 3.60 mg/100 g이었으며, Mn은 가장 높게는 김 3.45 mg/100 g에서부터 가장 낮게는 꼬시래기 0.80 mg/100 g로 평균 1.92 mg/100 g이었다. 본 결과는 Eom 등(16)의 콩나물의 재배기간에 따른 미량 무기질의 평균 함량과 비교하였을 때, Mn을 제외한 모든 무기질이 해조류에서 더욱 많았고, 특히 Fe은 약 5~6 배 더 많았다.

중성세제불용성섬유(NDF) 함량

해조류 시료 총 7종에 대한 NDF 함량은 Table 4와 같고, 모든 시료는 DM 기준으로 비교하였다. NDF 함량은 매생이가 56.36%로 가장 높은 함량을 보였고, 다음으로 톳 51.34%, 파래 46.42%, 꼬시래기 44.76%, 다시마 36.86%, 김 34.11%, 미역 22.84% 순으로 낮은 함량을 보였다.

Table 4. Contents of NDF in seaweeds (%, DM[1])

Sample	NDF
Hizikia fusiforme	51.34±0.36[2)b3)]
Laminaria japonica	36.86±1.15[d]
Undaria pinnatifida	22.84±2.03[f]
Capsosiphon fulvescen	56.36±0.85[a]
Ulva lactuca	46.42±0.20[c]
Gracilaria verrucosa	44.76±2.33[c]
Porphyra tenera	34.11±0.74[e]

[1)]DM, dry matter.
[2)]All values are means±SD of triplicates.
[3)]The different letters are significantly different between the treatment ($p<0.05$).

NDF에 결합된 미량 무기질 함량

해조류의 NDF 100 g당 결합된 미량 무기질 Fe, Zn, Cu, Mn의 함량은 Table 5와 같고, 이에 NDF 함량을 곱해 해조류 100 g 기준으로 계산된 NDF 결합 미량 무기질 Fe, Zn, Cu, Mn의 함량은 Table 6과 같다.

건조물 기준으로 해조류 100 g 당 미량 무기질인 Fe 함량은 높게는 파래 54.29 mg에서부터 낮게는 김 6.33 mg으로 평균 22.42 mg 결합되어 있었고, Zn 또한 가장 높게는 파래에서 3.92 mg, 낮게는 김 0.68 mg으로 평균 1.78 mg 결합되

Table 5. Trace mineral (Fe, Zn, Cu and Mn) contents bound NDF of 7 different seaweeds (mg/NDF 100 g, DM[1])

Sample	Fe	Zn	Cu	Mn
Hizikia fusiforme	48.00±3.86[2)c3)]	3.69±0.28[b]	1.24±0.11[ab]	0.62±0.05[ab]
Laminaria japonica	21.58±2.06[d]	4.68±0.45[ab]	1.37±0.15[a]	0.25±0.02[b]
Undaria pinnatifida	20.24±1.32[d]	4.84±0.44[ab]	0.76±0.08[c]	0.29±0.01[ab]
Capsosiphon fulvescens	95.93±9.49[b]	1.85±0.02[b]	0.88±0.09[bc]	0.87±0.02[a]
Ulva lactuca	126.44±3.73[a]	9.12±0.34[a]	1.10±0.10[abc]	0.84±0.08[ab]
Gracilaria verrucosa	16.65±1.71[d]	2.45±0.20[b]	0.72±0.05[c]	0.27±0.02[b]
Porphyra tenera	19.95±2.11[d]	2.16±0.13[b]	1.09±0.09[abc]	0.50±0.04[ab]
Mean	50.94	4.16	1.04	0.55

[1)]DM, dry matter. [2)]All values are means±SD in triplicates.
[3)]The different letters in the same column are significantly different between the treatment ($p<0.05$).

Table 6. NDF-bound trace mineral (Fe, Zn, Cu and Mn) contents in seaweeds (mg/100 g, DM[1])

Sample	Fe	Zn	Cu	Mn
Hizikia fusiforme	21.34±2.05[2)b3)]	1.57±0.11[bc]	0.55±0.05[a]	0.27±0.03[abc]
Laminaria japonica	7.08±0.70[c]	1.54±0.14[bc]	0.45±0.04[abc]	0.08±0.01[c]
Undaria pinnatifida	11.86±0.77[c]	2.83±0.26[ab]	0.44±0.03[abc]	0.17±0.01[bc]
Capsosiphon fulvescens	49.37±4.48[a]	0.95±0.01[c]	0.45±0.04[abc]	0.45±0.04[a]
Ulva lactuca	54.29±1.60[a]	3.92±0.42[a]	0.47±0.04[ab]	0.36±0.02[ab]
Gracilaria verrucosa	6.66±0.69[c]	0.99±0.09[bc]	0.29±0.02[c]	0.11±0.01[c]
Porphyra tenera	6.33±0.69[c]	0.68±0.04[c]	0.34±0.03[bc]	0.16±0.01[bc]
Mean	22.42	1.78	0.43	0.23

[1)]DM, dry matter. [2)]All values are means±SD in triplicates.
[3)]The different letters in the same column are significantly different between the treatment ($p<0.05$).

어 있었다. Cu 또한 건조된 해조류 100 g 당 가장 높게는 톳 0.55 mg에서부터 가장 낮게는 꼬시래기 0.29 mg으로 평균 0.43 mg 결합되어 있었으며, Mn은 가장 높게는 매생이 0.45 mg에서부터 낮게는 다시마 0.08 mg으로, 평균 0.23 mg 결합되어 있었다.

결과를 종합해볼 때 Fe의 경우, 해조류 내 함유된 무기질의 함량은 가장 많았으나, 높은 식이섬유 함량과 그에 결합된 무기질 함량이 많아 실질적인 이용량은 상대적으로 가장 적었다. 이는 Eom 등(16)의 콩나물 재배기간에 따른 NDF에 결합된 무기질 함량 중 Fe이 가장 많이 결합되어 있다는 보고와 일치했고, 식이섬유에 의한 Fe의 결합력은 pH 의존적이라는 Kye(17)의 보고에서와 같이 Fe이 NDF에 가장 많이 결합된다는 보고와 일치하였다. Fernandez와 Phillips(12) 및 Kye(17)의 보고에서는 특히 중성에서 Fe과 식이섬유의 결합력이 높은 것은 NDF의 성분 중 특히 hemicellulose의 주된 구성성분 중의 하나인 glucuronic에서 proton의 해리가 촉진되어 Fe이 더욱 많이 결합된 것이라 추정한 보고가 있었다.

그 외에도 식이섬유가 철분의 흡수방해에 큰 영향을 미친다는 연구보고는 많았다. 또 *Porphyra* spp.의 생물학적 이용도 연구를 통해서도 Fe 흡수 및 보유 수준은 해조류를 먹고 자라지 않는 실험 대조군보다 해조류를 먹고 자란 동물이 더 낮다는 것을 알 수 있는데, 이는 polyphenolic 성분과 음식의 소화 단백질에서 부분적으로 생겨난 peptides 때문이라고 알려졌다(18).

따라서 해조류 내 미량 무기질 함량이 높아도 높은 식이섬유 함량과 그에 결합된 무기질 함량이 높으면 실질적인 무기질 이용량은 낮았고, NDF의 함량이 높더라도 결합 무기질 함량이 낮다면 이용률에는 크게 영향을 미치지 않았다.

미량 무기질의 추정 이용률

해조류의 미량 무기질(Fe, Zn, Cu, Mn)의 추정 이용률은 Table 7과 같다. Zn의 평균 이용률은 90.56%로 가장 높은 이용률을 보였고, Cu, Mn이 각각 85.43, 87.26%의 이용률을 보였다. Zn의 경우에는 꼬시래기에서 97.56%로 이용률이 가장 높았고, Cu와 Mn은 김에서 각각 92.60%, 95.40%로 높은 이용률을 보였다. Fe의 경우는 높게는 82.91%로 꼬시래기에서, 그리고 낮게는 파래에서 49.21%의 이용률을 보여 평균 68.36%로 해조류 7종 중 가장 낮은 이용률을 보였다($p<0.05$). 식이섬유와 Fe의 낮은 흡수 및 보유수준에 관해서는 앞서 많은 연구보고가 되었듯이, 특히 중성세제섬유인 NDF에 많이 결합되어 낮은 이용률을 보인 것으로 사료된다.

Fe이 NDF에 가장 많이 결합한다는 보고와 같이 해조류에서도 식이섬유인 NDF에 결합된 Fe의 함량이 많아 그 이용률은 상대적으로 낮았다. 하지만 그 외 Zn, Cu, Mn이 NDF에 결합된 함량은 총 무기질의 10~20%로 80~90%가 실질적으로 소화되어 이용되는 것으로 보여 인체 소화율을 고려한다 하더라도 이들 무기질은 높은 이용률을 보일 것으로 판단되어 해조류는 인체 영양상 미량 무기질의 좋은 자원식품으로써 그 이용을 기대해 본다.

Table 7. Individual estimated availability of Fe, Zn, Cu and Mn in seaweeds (%, DM[1])

Sample	Fe	Zn	Cu	Mn
Hizikia fusiforme	68.53±4.50[2)b3)]	88.25±0.84[bc]	91.84±1.36[a]	88.97±2.31[ab]
Laminaria japonica	79.85±3.79[a]	93.59±6.09[ab]	87.23±2.43[ab]	94.03±0.51[a]
Undaria pinnatifida	52.37±3.08[c]	91.10±0.81[ab]	82.23±5.25[bc]	86.49±0.44[abc]
Capsosiphon fulvescens	64.60±4.61[b]	89.34±0.13[abc]	76.24±3.55[cd]	76.00±7.53[c]
Ulva lactuca	49.21±1.50[c]	81.00±7.27[c]	75.31±4.21[d]	83.33±2.05[bc]
Gracilaria verrucosa	82.91±1.75[a]	97.56±0.57[a]	92.59±1.62[a]	86.62±2.84[ab]
Porphyra tenera	81.02±2.11[a]	92.84±0.43[ab]	92.60±1.91[a]	95.40±3.73[a]
Mean	68.36	90.56	85.43	87.26

[1)]DM, dry matter. [2)]All values are means±SD in triplicates.
[3)]The different letters in the same column are significantly different between the treatment ($p<0.05$).

요 약

본 연구는 해조류 세포벽에 결합된 무기질은 모두 이용되지 않는다는 전제하에 해조류의 세포벽물질(중성세제불용성섬유: neutral detergent fiber, NDF)을 측정하고 이에 결합된 미량 무기질 Fe, Cu, Zn, Mn의 함량을 조사하여 해조류 내에 함유되어 있는 무기질 함량에서 빼줌으로써 계산하여 해조류의 무기질 이용률을 추정하였다. 해조류 총 7종에 대해, 해조류 100 g당 NDF에 결합된 무기질 Zn, Cu, Mn의 평균 함량은 각각 1.78, 0.43, 0.23 mg으로 그에 따른 이용률이 각각 90.56, 85.43, 87.26%로 모두 85% 이상의 높은 이용률을 나타냈다. 반면, Fe은 NDF에 결합된 무기질 함량이 22.42 mg/100 g으로 비교적 많은 양이 결합되어 있어 그 이용률은 68.36%로 낮은 이용률을 보였다. Fe이 NDF에 가장 많이 결합한다는 보고와 같이 해조류에서도 식이섬유인 NDF에 결합된 Fe의 함량이 많아 그 이용률은 상대적으로 낮았다. 하지만 그 외 Zn, Cu, Mn의 이용률은 85% 이상으로 높아 인체 내의 소화율을 고려한다 하더라도 이들 무기질은 높은 추정 이용률을 보일 것으로 판단되어 인체 영양상 미량 무기질의 좋은 식품자원으로써 그 이용을 기대해 본다.

감사의 글

본 연구는 동아대학교 학술연구비 지원에 의하여 수행되었으며 이에 감사드립니다.

문 헌

1. http://fs.fips.go.kr/main.jsp. Fishery Production Survey.
2. Jin JO, Park HY, Xu Q, Park JI, Tatyana Z, Valentin A, Kwak JY. 2009. Ligand of scavenger receptor class-A indirectly induces maturation of human blood dendritic cells via production of tumor necrosis factor-α. *Blood* 113: 5839-5847.
3. Marcetts BM, Beilin J, Armstrong BK, Vandongen R. 1988. Vegetarian diet in mild hypertension. *Am J Clin Nutr* 48: 801-805.
4. Lee YS, Kim DS, Ryu BH, Lee SH. 1992. Antitumor and immunomodulating effects of seaweeds toward sarcoma-180 cell. *J Korean Soc Food Nutr* 21: 544-550.
5. Jenkins DJA, Jenkins AL. 1984. The clinical implications of dietary fiber. In *Advances in Nutritional Research*. Draper HH, ed. Plenum Press, New York, USA. p 169.
6. Do JR, Kim EM, Koo JG, Jo KS. 1997. Dietary fiber contents of marine algae and extraction condition of the fiber. *J Korean Fish Soc* 30: 291-296.
7. Choi JH, Kim DI, Park SH, Kim DW, Lee JS, Ryu JH, Chung YS. 1999. Effects of sea tangle (*Laminaria japonica*) and fucoidan components on anti-aging action. *Korean J Life Sci* 9: 439-452.
8. Choi JH, Kim DI, Park SH, Kim DW, Lee JS, Ryu JH, Chung YS. 1999. Effects of sea tangle (*Laminaria japonica*) and fucoidan beverages on sociopsychological stress. *Korean J Life Sci* 9: 537-547.
9. James WP, Branch WJ, Southgate DA. 1978. Calcium binding by dietary fiber. *Lancet* 1: 638-639.
10. Camire AL, Clydesdale FM. 1981. Effect of pH and heat treatment on the binding of calcium, magnesium, zinc and iron to wheat bran and fractions of dietary fiber. *J Food Sci* 46: 548-551.
11. Reinhold JG, Garcia JS, Garson P. 1981. Binding of iron by fiber of wheat and maize. *Am J Clin Nutr* 34: 1384-1391.
12. Fernandez R, Phillips SF. 1982. Components of fiber bind iron *in vitro*. *Am J Clin Nutr* 35: 100-106.
13. Kye SK. 1997. Binding of iron by vegetable fiber. *Korean J Soc Food Sci* 13: 472-477.
14. Kelsay JL. 1978. A review of research on effects of fiber intake on man. *Am J Clin Nutr* 31: 142-159.
15. Van Soest PJ, Wine RH. 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds Ⅳ. Determination of plant cell-wall constituents. *J Assoc Off Anal Chem* 50: 50-55.
16. Eom JH, Eun JH, Choi HJ, Kim DJ. 2009. Change and estimated availability of NDF binding trace minerals in soybean sprouts depending on cultivation periods. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 333-337.
17. Kye SK. 1995. Binding of iron and zink by vegetable fiber. *Korean J Food Nutr* 8: 230-238.
18. Shaw NS, Liu YH. 2000. Bioavailability of iron from purple laver (*Porphyra* spp.) estimated in a rat hemoglobin regeneration bioassay. *J Agric Food Chem* 48: 1734-1737.

(2010년 5월 20일 접수; 2010년 6월 21일 채택)