

해조류 NDF에 결합된 주요 무기질(Ca, P, Mg)의 함량 분석 및 추정 이용률

- 연구노트 -

곽연화¹ · 배승철² · 김대진^{1*}

¹동아대학교 식품과학부

²부경대학교 해양바이오신소재학과

Estimated Availability and Major Minerals (Ca, P and Mg) Contents Bound Neutral Detergent Fiber (NDF) of Seaweeds

Yeon Hwa Kwak¹, Sung Chul Bai², and Dae Jin Kim^{1*}

¹Dept. of Food Science, Dong-A University, Busan 604-714, Korea

²Dept. of Marine Bio-materials and Aquaculture, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

Abstract

This study was aimed to evaluate the estimated availabilities and contents of major minerals (Ca, P, and Mg) in seven different seaweeds using the neutral detergent fiber (NDF) which could bind minerals. The estimated availability was calculated by subtracting the NDF-bound major mineral contents from the total major mineral contents of seaweeds. Average estimated availability of Ca, P, and Mg contents of seven seaweeds were 96.31, 73.24, and 96.79%, respectively. These results may suggest that seaweeds could be one of the good sources of major minerals for human nutrition because of their high average estimated availabilities of Ca, P, and Mg.

Key words: major minerals, seaweeds, NDF binding mineral, estimated availability

서 론

대부분이 수용성식이섬유인 다당류로 이루어진 해조류는 1972년 해조류를 상식으로 섭취하는 특정지역에 장수하는 사람이 많고 고혈압 환자가 적은 사실이 일본의 역학조사(1)에서 밝혀지면서, 이후 해조류에 함유된 일반성분과 특히,식이섬유인 다당류성분 그리고 무기질과 건강과의 관계에 관한 많은 연구가 보고되었다(2-5).

1971년 Lee 등(6)은 한국산 식용 해조류의 성분에 관한 연구로 해조류의 일반성분과 무기염류의 함량을 밝혀 이들이 식품으로서 이용 가치가 있는지의 여부를 보고하였고, 특히 해조류의 풍부한 식이섬유가 암(7), 당뇨병(8), 비만(9), 변비는 물론 혈장 콜레스테롤을 낮추는 유효한 작용이 알려지면서 해조류 식이섬유가 인체에 미치는 효과가 매우 높다는 것이 밝혀졌다(3). 더욱이 fucoidan 등 해조류의 다당류성분이 항암효과(10), 노화억제작용(11), 만성퇴행성 질환 예방, 사회 심리적 스트레스감소 등(12)에 효과가 있는 사실이 연구자들에 의해 밝혀졌다(13,14). 그 외에도 해조류는 정장작용을 비롯하여 지방산 관련 화합물, 페놀류, 황화합물, 테르페노이드, 할로젠 화합물, 다당류 등에 의한 항균 및 항바이러스 기능을 하고 항 혈액 응고 물질이 존재하며 구충,

유해 중금속의 제거, 혈전 용해, 이노 작용 등을 하는 성분들이 함유되어 있다(15).

이처럼 그동안의 연구는 주로 이러한 해조류의 유익한 성분의 함량측정과 기능성에 미치는 연구가 많이 발표되었다. 그러나 해조류는 바다에 서식하는 식물로서, 식물은 모두 세포벽(cell wall)이 있는데 인간이나 단위 동물에 있어서는 이 세포벽물질을 분해할 수 있는 효소를 갖고 있지 않는다. 즉, 이에 결합된 무기질은 인체 내 소화가 되지 않는 것으로 알려져 소화율을 고려한 영양학적 평가가 이루어져야 한다고 사료된다. 따라서 본 연구는 해조류 세포벽물질(중성세제 섬유: neutral detergent fiber, NDF)에 결합된 다량 무기질인 Ca, P, Mg을 분석하여 해조류 내에 함유되어 있는 무기질의 함량에서 분석된 다량 무기질 함량을 감하여 해조류의 다량 무기질의 추정 이용률을 평가하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에서 시료로 사용한 해조류는 시판 식용해조류인 갈조류(뚝, 다시마, 미역), 녹조류(매생이, 파래), 홍조류(꼬시래기, 김) 총 7종으로 Table 1과 같다. 뚝(경남 기장), 다시

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

Table 1. Nomenclatures of seven seaweeds

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

마(전남 완도), 미역(경남 기장), 김(충남 서천)은 부산 롯데마트 업공점 내 건어물 코너에서 마른제품을 구입하였고, 매생이(경남 기장), 파래(경남 용원), 꼬시래기(부산 영도)는 자갈치 시장에서 염장처리 된 것을 구매하였다. 특히, 매생이, 꼬시래기, 파래는 겨울철 2~3개월 동안 자라 일부 지역에서만 채취되어 대부분이 자연 재료로 판매된다. 따라서 생산량이 불안정하고 가격 변동 폭이 매우 크다는 특성이 있어 모든 시료는 2008년 12월~2009년 1월에 구매하였다.

실험재료의 전처리

구입한 시료 중 마른 김과 염분이 제거되어 건조된 뚝은 바로 0.5 mm screen이 부착된 Wiley mill(1093, Cyclotec Mill, Foss Tecator, Hoganas, Sweden)로 분쇄하여 poly-ethylen bottle에 담아 저온에서 보관하였다. 염장처리가 되어 있는 매생이, 파래, 꼬시래기는 염분을 제거하기 위해 하루 동안 수돗물에 충분히 침지하여 염분을 뺀 뒤 수돗물로 두세 번 세척하여 염분을 제거한 후 물기를 없앴다. 이후 적당한 분량씩 담아 -70°C의 저온 동결고에 24시간 동결시킨 후 48시간 동안 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. 조제된 모든 시료는 일반성분과 화학적 방법에 의한 NDF를 측정하였고, 다량 무기질인 Ca, P, Mg을 분석하여 이들 무기질의 추정 이용률을 구하였다.

일반성분

일반성분은 AOAC법(16)에 의해 분석하였다. 즉, 조회분 함량은 550°C 회화법을 사용하여 분석하였으며, 조단백질 함량은 Kjeldahl법으로 분석하였다. 그리고 조지방은 Soxhlet으로 추출하였고, 비섬유성탄수화물(NFC, non-fibrous carbohydrate)은 dry matter 기준으로 100에서 조회분, 조단백, 조지방, NDF를 감하였다.

중성세제섬유(NDF) 함량

NDF는 Van Soest와 Wine법으로(17)분석하였다. 중성세제 용액은 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 H₃PO₄로 pH를 6.9~7.1로

조정 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.

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

S: 시료의 무게(g), W₁: 잔사물의 건조 후의 무게(g)

무기질 분석 및 추정 이용률

무기질은 건식분해 후 분석하였고 분석기기는 Perkin Elmer사의 무기질 자동분석기 ICP-OES(Hergenreder PerkinElmer Inc., Shelton, CT, USA)로 작동조건은 Table 2와 같다. 또한 이들의 추정 이용률은 해조류 DM(dry matter) 100 g당 무기질 mg에서 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

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

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
Ca wavelength	213.620 nm
P wavelength	317.933 nm
Mg wavelength	285.213 nm

Table 3. Nutritional properties of seven seaweeds

(%, DM¹⁾)

Classification	Scientific name	Crude ash	Crude protein	Crude fat	NDF ⁴⁾	NFC ⁵⁾
Phaeophyceae	<i>Hizikia fusiforme</i>	11.36±0.08 ^{2)c3)}	20.59±0.06 ^c	1.18±0.04 ^b	51.34±0.36 ^b	15.27±0.21 ^c
	<i>Laminaria japonica</i>	13.90±0.18 ^b	11.28±0.40 ^f	1.06±0.78 ^b	36.86±1.15 ^d	37.34±0.74 ^a
	<i>Undaria pinnatifida</i>	10.95±0.07 ^c	27.09±0.27 ^d	2.85±0.64 ^a	22.84±2.03 ^f	36.27±2.58 ^a
	Mean±SD	12.07±0.11	19.65±0.24	1.7±0.49	37.01±1.18	29.62±1.18
Ulvophyceae	<i>Capsosiphon fulvescens</i>	16.95±0.07 ^a	27.12±0.02 ^d	0.35±0.22 ^{cd}	56.36±0.85 ^a	0.33±0.32 ^e
	<i>Ulva lactuca</i>	11.29±0.66 ^c	32.81±0.02 ^b	0.38±0.06 ^{cd}	46.42±0.20 ^c	9.10±0.21 ^d
	Mean±SD	13.72±0.37	29.97±0.02	0.37±0.14	51.39±0.53	4.72±0.27
Rhodophyceae	<i>Gracilaria verrucosa</i>	4.46±0.16 ^e	28.38±0.14 ^c	0.20±0.02 ^d	44.76±2.33 ^c	22.19±2.11 ^b
	<i>Porphyra tenera</i>	7.86±0.14 ^d	41.17±0.20 ^a	0.98±0.28 ^{cb}	34.11±0.74 ^e	15.89±0.63 ^c
	Mean±SD	6.16±0.15	34.78±0.17	0.59±0.15	39.43±1.54	19.04±1.37

¹⁾DM, dry matter. ²⁾All values are means±SD of triplicates.

³⁾The different letters in the same column are significantly different at α=0.05.

⁴⁾NDF, neutral detergent fiber. ⁵⁾NFC, non-fibrous carbohydrate.

유의차 검정은 Duncan's multiple range test로 검정을 실시하였으며, 모든 유의차는 유의수준 p<0.05에서 비교하였다.

결과 및 고찰

일반성분 및 중성세제섬유(NDF) 함량

해조류 시료 총 7종에 대한 일반성분과 식이섬유 함량은 Table 3과 같고, 모든 시료는 건물중량(DM) 기준으로 비교하였다. 조희분은 갈조류, 녹조류, 홍조류가 각각 평균 12.07, 13.72, 6.16%로 그중 녹조류인 매생이가 16.95%로 가장 높았고, 조단백은 갈조류, 녹조류, 홍조류가 각각 평균 19.65, 29.97, 34.78%로 그중 홍조류인 김이 41.17 %로 가장 높았으며, 조지방은 갈조류, 녹조류, 홍조류가 각각 평균 1.70, 0.37, 0.59%로 그중 갈조류인 미역이 2.85%로 가장 높았고 홍조류인 꼬시래기가 0.20%로 가장 낮았다.

NDF 함량은 갈조류, 녹조류, 홍조류가 각각 평균 37.01, 51.39, 39.43%로 녹조류 중 매생이가 56.36%로 가장 높았다. 마지막으로 해조류 일반성분으로부터 계산한 비섬유성탄수화물 함량은 갈조류, 녹조류, 홍조류가 각각 평균 29.62, 4.72, 19.04%로 갈조류 중 다시마와 미역이 각각 37.34, 36.27%로 높았고, 녹조류 중 매생이가 0.33%로 가장 낮았다.

해조류의 성분은 식이섬유가 전체의 약 42%, 비섬유성탄수화물이 18%로 탄수화물이 약 60%를 차지하였고, 단백질이 전체의 약 28%로 탄수화물과 단백질이 전체의 약 88%로 많은 양을 차지하였다. 지방함량은 약 0.9%로 해조류는 지방은 적고, 단백질과 식이섬유는 풍부해 다이어트의 대표 식품이 될 것으로 생각된다.

식품성분표(18)에서 회분함량이 곡류, 채소류, 과일류 등은 1% 내외이고 해조류는 평균 23%로, 본 연구결과는 평균 10%로 식품성분표보다는 낮았지만, 이는 다른 식품들과 비교하면 상대적으로 많은 함량으로, 회분 중의 개별 무기질 함량의 분석과 그 필요성을 강조할 수 있다고 생각된다.

Ito와 Hori(19), Marsham 등(20)은 해조류의 성분은 계절

Table 4. Major mineral (Ca, P, and Mg) contents of seven seaweeds

(mg/100 g DM¹⁾)

Sample	Ca	P	Mg
<i>Hizikia fusiforme</i>	1507.71 ^{2)ab3)}	224.31 ^e	654.79 ^c
<i>Laminaria japonica</i>	1736.56 ^a	386.01 ^c	1009.29 ^b
<i>Undaria pinnatifida</i>	1649.75 ^{ab}	474.94 ^b	1209.95 ^a
<i>Capsosiphon fulvescens</i>	530.98 ^d	154.79 ^f	561.12 ^{cd}
<i>Ulva lactuca</i>	1416.89 ^b	158.62 ^f	565.30 ^{cd}
<i>Gracilaria verrucosa</i>	817.46 ^c	325.94 ^d	212.30 ^e
<i>Porphyra tenera</i>	595.86 ^{cd}	922.47 ^a	442.45 ^d
Mean	1179.32	378.15	665.03

¹⁾DM, dry matter.

²⁾All values are means in triplicates.

³⁾The different letters in the same column are significantly different at α=0.05.

과 시료채취조건에 따라서 다르게 나타난다고 하였고, Cho 등(2)의 결과에서는 산지와 채취시기별 기후 등 자연환경에 따라 해조류 성분의 차이를 보였다. 따라서 본 연구결과가 다른 연구결과와 차이를 보인 것은 자연환경 및 시료채취조건에 따른 차이라고 생각된다.

다량 무기질 함량

해조류의 다량 무기질인 Ca, P, Mg의 함량은 Table 4와 같다. 다량 무기질인 Ca 함량은 가장 높게는 다시마 1736.56 mg/100 g에서부터 가장 낮게는 매생이 530.98 mg/100 g로 평균 1179.32 mg/100 g이었으며, P은 가장 높게는 김 922.47 mg/100 g에서부터 가장 낮게는 매생이 154.79 mg/100 g로 평균 378.15 mg/100 g이었고, Mg은 가장 높게는 미역 1209.95 mg/100 g에서부터 가장 낮게는 꼬시래기 212.30 mg/100 g로 평균 665.03 mg/100 g이었다. 본 결과는 Lee 등(21)의 다량 무기질의 평균 함량과 비교하였을 때, Ca과 Mg의 함량이 해조류에서 더욱 풍부했고 특히 Ca은 약 5~6 배 더 많았다.

NDF에 결합된 다량 무기질 함량

해조류의 NDF 100 g당 결합된 다량 무기질 Ca, P, Mg의

Table 5. NDF-bound major mineral (Ca, P, and Mg) contents of seven seaweeds (mg/NDF 100 g, DM¹⁾)

Sample	Ca	P	Mg
<i>Hizikia fusiforme</i>	44.75 ± 22.11 ^{2)c3)}	90.59 ± 24.79 ^d	25.03 ± 7.23 ^b
<i>Laminaria japonica</i>	74.02 ± 8.32 ^{abc}	272.26 ± 56.34 ^b	32.63 ± 7.54 ^b
<i>Undaria pinnatifida</i>	116.33 ± 29.98 ^a	432.82 ± 20.48 ^a	97.96 ± 45.56 ^a
<i>Capsosiphon fulvescens</i>	95.15 ± 10.50 ^{ab}	102.98 ± 20.58 ^{cd}	54.21 ± 13.11 ^{ab}
<i>Ulva lactuca</i>	83.18 ± 11.52 ^{abc}	126.02 ± 11.91 ^{cd}	58.36 ± 1.62 ^{ab}
<i>Gracilaria verrucosa</i>	56.35 ± 9.64 ^{bc}	150.87 ± 10.92 ^{cd}	15.36 ± 3.99 ^b
<i>Porphyra tenera</i>	90.59 ± 20.82 ^{ab}	174.94 ± 18.84 ^c	35.76 ± 24.28 ^b
Mean	77.59	198.66	45.62

¹⁾DM, dry matter. ²⁾All values are means ± SD in triplicates.

³⁾The different letters in the same column are significantly different at $\alpha=0.05$.

Table 6. Average and individual estimated availability of Ca, P and Mg in seven seaweeds (% DM¹⁾)

Sample	Ca	P	Mg
<i>Hizikia fusiforme</i>	98.68 ± 0.65 ^{2)a3)}	82.05 ± 4.91 ^b	98.30 ± 0.49 ^{ab}
<i>Laminaria japonica</i>	98.93 ± 0.62 ^a	76.85 ± 4.79 ^{bc}	98.94 ± 0.25 ^a
<i>Undaria pinnatifida</i>	95.87 ± 1.06 ^{bc}	46.63 ± 15.02 ^d	95.19 ± 2.20 ^b
<i>Capsosiphon fulvescens</i>	90.78 ± 1.02 ^d	65.76 ± 6.84 ^c	95.03 ± 1.21 ^b
<i>Ulva lactuca</i>	97.48 ± 0.35 ^{ab}	65.89 ± 3.22 ^c	95.57 ± 0.12 ^{ab}
<i>Gracilaria verrucosa</i>	97.25 ± 0.47 ^{abc}	81.50 ± 1.34 ^b	97.09 ± 0.76 ^{ab}
<i>Porphyra tenera</i>	95.18 ± 1.11 ^c	93.99 ± 0.65 ^a	97.44 ± 1.74 ^{ab}
Mean	96.31	73.24	96.79

¹⁾DM, dry matter. ²⁾All values are means ± SD in triplicates.

³⁾The different letters in the same column are significantly different at $\alpha=0.05$.

함량(Table 5)은 Ca이 가장 높게는 미역 116.33 mg에서부터 가장 낮게는 툯 44.75 mg으로 평균 77.59 mg 결합되어 있었으며, P은 가장 높게는 미역 432.82 mg에서부터 가장 낮게는 툯 90.59 mg으로 평균 198.66 mg이 결합되어 있었고, Mg은 가장 높게는 미역 97.96 mg에서부터 낮게는 꼬시래기 15.36 mg으로 평균 45.62 mg 결합되어 있었다. 결과를 종합해 보면, P이 NDF에 비교적 많이 결합되어 있어 추정 이용률이 가장 작았다. 이는 Lee 등(21)의 콩나물 자엽과 배측의 NDF에 결합된 다량 무기질 중 P의 결합량이 가장 많다는 보고와 일치하였다.

다량 무기질의 추정 이용률

해조류의 다량 무기질(Ca, P, Mg) 추정 이용률은 Table 6과 같다. Ca과 Mg의 평균 이용률은 각각 96.31, 96.79%로 높은 이용률을 보였고, 특히 다시마에서 각각 98.93, 98.94%로 가장 높은 이용률을 보였다. P의 이용률은 높게는 김에서 93.99%, 낮게는 미역에서 46.63%의 이용률로 평균 73.24%의 비교적 낮은 이용률을 보였다($p<0.05$). Lee 등(21)의 연구에 의하면 콩나물에서 Ca의 추정 이용률이 가장 낮게 나타났지만, 본 연구에서는 해조류 Mg의 이용률 96.79%에 이어 Ca의 이용률은 96.31%로 높았다. 높은 식이섬유 함량과 그에 결합된 무기질 함량이 높으면 실질적인 무기질 이용률은 낮았고, 식이섬유의 함량이 높더라도 결합 무기질 함량이 낮다면 이용률에는 크게 영향을 미치지 않았다.

P의 경우 NDF에 결합된 함량이 비교적 높았지만 70% 이상이 실질적으로 소화되어 이용가능하며, Ca과 Mg은 모

두 98% 이상의 높은 추정 이용률을 보여 대부분의 무기질이 실질적으로 소화되어 이용되는 것으로 보인다. 따라서 인체 내의 소화율을 고려한다고 하더라도 해조류는 다량 무기질의 높은 이용률을 보일 것으로 판단되어 무기질의 공급원으로 써 그 이용이 기대된다.

2005 국민건강영양조사(22)에 따르면 우리 국민의 영양소 섭취량을 한국인 영양섭취기준(23)과 비교한 결과, 평균 칼슘 섭취량은 권장섭취량의 76.9%로 매우 낮았다. 성인 20~29세의 Ca 1인 1일 평균 섭취량은 여자 482.2 mg, 남자 590.7 mg으로 권장섭취량에 대한 비율은 여자 68.9%, 남자 84.4%로 평균 76.7%였다. 특히 13~19세 청소년의 평균 칼슘 섭취 수준은 권장섭취량이 55.4%에 불과해 심각하게 부족한 것으로 나타났다. 또한 해조류가 무기질의 이상적이고 안전한 자연식품 자원으로 평가받고 있다고 하지만 칼슘 섭취량에 대한 식품군별 기여비율에서 해조류는 채소류 29.9%에 비해 아주 낮은 3.7%의 기여비율을 보이고 있었다.

따라서 해조류의 인체영양상의 가치가 재평가되어야 할 시점에 온 것으로 생각되며 이에 해조류는 특히, 해조류 내 무기질 중 한국인에게 부족한 영양소로 주목 받는 Ca을 가장 많이 함유하고 있는 식품이며 동시에 이용률이 90% 이상으로 높아 Ca의 공급원으로써 해조류의 이용이 기대된다.

요 약

해조류는 다당류인 수용성 식이섬유와 무기질의 공급원으로 그 필요성이 증대되고 있다. 그러나 인간이나 단위 동

물에 있어서는 해조류의 세포벽물질을 분해할 수 있는 효소를 갖고 있지 않은 것으로 알려져 있어 이에 결합된 무기질은 인체 내 소화가 대부분 되지 않는다. 따라서 본 연구는 해조류의 무기질 함량을 측정하고, 해조류 다당류인 세포벽물질(NDF, neutral detergent fiber)에 결합된 다량 무기질인 Ca, P, Mg를 측정하여, 원래 해조류에 함유되어 있던 무기질 함량에서 NDF에 결합된 무기질의 함량을 감한 후 계산하여 실질적인 해조류의 무기질 추정 이용률을 산정하였다. Ca과 Mg의 경우, NDF에 결합된 무기질의 평균 함량은 각각 77.59, 45.62 mg/100 g NDF로 모두 96% 이상의 높은 추정 이용률을 보였고, P의 경우에는 NDF에 결합된 무기질의 함량이 많아 그 추정 이용률은 73.24%로 비교적 낮았다. P의 경우, NDF에 결합된 함량이 비교적 높았지만 70% 이상이 실질적으로 소화되어 이용가능하며, Ca과 Mg은 모두 96% 이상의 높은 추정 이용률을 보여 대부분의 무기질이 실질적으로 소화되어 이용되는 것으로 보인다. 따라서 해조 다당류인 수용성 식이섬유와 무기질의 급원으로 알려진 해조류는 인체 내의 소화율을 고려한다고 하더라도 무기질의 높은 이용률을 보일 것으로 판단되어 무기질의 급원으로 그 이용이 기대된다. 더욱이 해조류는 한국인에게 부족한 영양소로 주목 받는 Ca을 가장 많이 함유하고 있으며 동시에 그 추정 이용률이 90% 이상으로 높아 Ca의 공급원으로써 해조류의 이용을 기대하며, 추후 추정 이용률을 토대로 소화율을 고려한 무기질의 생체이용률에 관한 연구가 활발히 진행되어야 한다고 사료된다.

감사의 글

본 연구는 동아대학교 학술연구비 지원에 의하여 수행되었으며 이에 감사드립니다.

문헌

1. 近藤正二. 1972. 日本の長壽村 短命村. サンロード 出版, 名古屋, 日本.
2. Cho DM, Kim DS, Lee DS, Kim HR, Pyeun JH. 1995. Trace components and functional saccharides in seaweed-1, Changes in proximate composition and trace elements according to the harvest season and places. *Korean Fish Soc* 28: 49-59.
3. 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.
4. Kim DS, Lee DS, Cho DM, Kim HR, Pyeun JH. 1995. Trace components and functional saccharides in marine algae, 2. Dietary fiber contents and distribution of the algal polysaccharides. *J Korean Fish Soc* 28: 270-278.
5. Kyung SY, Yoon SK, Choi IS. 1995. Effect of edible seaweeds (*Undaria pinnatifida* and *Phorphyra tenera*) on lipid metabolism in rats. *Dongdaejia Nonchong* (Dongduc University) 25: 545-568.
6. Lee IK, Shim SC, Cho HO, Rhee CO. 1971. On the components of edible marine algae in Korea, I. The components of several edible brown algae. *J Korean Agric Chem Soc* 14: 213-220.
7. Fiala ES, Reddy BS, Weisburger JH. 1985. Naturally occurring anticarcinogenic substances in foodstuffs. *Ann Rev Nutr* 5: 295-321.
8. 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.
9. Marcetis BM, Beilin J, Armstrong BK, Vandongen R. 1988. Vegetarian diet in mild hypertension. *Am J Clin Nutr* 48: 801-805.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. 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.
14. Kim KJ, Lee OH, Lee HC, Kim YC, Lee BY. 2007. Effect of fucoidan on expression of diabetes mellitus related genes in mouse adipocytes. *Food Sci Biotechnol* 16: 212-217.
15. 홍윤호. 2009. 식품 생리활성물질 과학. 전남대학교출판부, 광주. p 99-100.
16. AOAC. 1990. *Official methods of analysis*. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA.
17. 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.
18. National Rural Resources Development Institute. 2006. *Food composition table*. 7th eds. RDA, Suwon, Korea.
19. Ito K, Hori K. 1989. Seaweed chemical composition and potential food uses. *Food Rev Int* 5: 101-144.
20. Marsham S, Scott GW, Tobin ML. 2007. Comparison of nutritive chemistry of a range of temperate seaweeds. *Food Chem* 100: 1331-1336.
21. Lee JY, Eom JH, Eun JH, Bai SC, Kim DJ. 2009. Effect of estimated availability of NDF binding major minerals in soybean sprouts depending on cultivation periods and sampling parts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 486-489.
22. Ministry of Health and Welfare. 2006. *The third Korea national health & nutrition examination survey (KNHANES III) 2005*-Summary III, Nutrition Survey (II). Seoul, Korea. p 211-214, p 528-530.
23. The Korean Nutrition Society. 2005. *Dietary Reference intakes for Koreans*. Seoul, Korea.

(2010년 4월 7일 접수; 2010년 6월 8일 채택)