

## Analysis of Biochemical Compositions and Nutritive Values of Six Species of Seaweeds

Donggiun Kim<sup>1</sup>, Jongbum Park<sup>1</sup> and Taek-Kyun Lee<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Biological Science, Silla University, Busan 617-736, Korea

<sup>2</sup>South Sea Environment Research Department, Korea Institute of Ocean Science and Technology, Gejeo 656-830, Korea

Received June 9, 2013 / Revised July 28, 2013 / Accepted August 7, 2013

The biochemical compositions and nutritive values of six species of seaweeds were analyzed to determine their applicability in functional foods or ingredients. The biochemical compositions (moisture, ash, protein, lipid, and dietary fiber) and fatty acid contents were determined for the following seaweed extracts: Phaeophyceae (*Laminaria japonica*, *Hizikia fusiformis*, and *Undaria pinnatifida*), Rhodophyceae (*Porphyra tenera* and *Gracilaria verrucosa*), and Chlorophyceae (*Ulva lactuca*). The moisture content (% dry weight) ranged from 11.47% to 13.94%, ash from 19.15% to 26.50%, protein from 5.08% to 15.44%, lipid from 2.75% to 4.43%, and dietary fiber from 36.84% to 52.98%. C14:0, C16:0, C18:0, C16:1, C18:1n-3, C18:2n-6, C18:3n-6, C20:4n-6, and C20:5n-3 represented the predominant proportions of fatty acids. Interestingly, docosahexaenoic acid (C22:6n-3, DHA) was either not found or only detected in trace amounts in the analyzed seaweeds. The levels of n-3 fatty acid were higher than other polyunsaturated fatty acids, and the n-6/n-3 ratio was very low. These results indicate that seaweed inhabiting Korean coastal areas will be beneficial to human health.

**Key words** : Seaweeds, biochemical composition, dietary fibre, fatty acid, nutritive values

### 서 론

해양생물은 육상생물에 비해 매우 열악한 환경(고압, 고염, 저산소)에서 서식하므로 대사과정과 세포 내 구성성분이 육상생물과는 상이할 것으로 기대되며, 새로운 물질이 존재할 것으로 예견되고 있다. 뿐만 아니라, 수십만이 넘는 생물종과 막대한 자원량이 파악되고 있어, 향후 육상생물자원을 대체할 중요한 식량자원으로 주목받고 있다[11]. 따라서 해양생물로부터 추출된 기능성 소재들을 이용한 식품 및 식품 첨가제의 개발 가치는 매우 크며, 그 시장성도 매년 급속한 증가 추세를 보이고 있다[14].

해양은 풍부한 자원과 다양한 종의 생물들이 서식하고 있기 때문에 이를 활용할 가치는 높다[13]. 특히 해조류는 전 세계에서 한국과 일본을 비롯한 아시아 지역에서 가장 많이 식용하며, 한국의 경우 약 500 종이 밝혀져 있는데 그 중 50여 종이 식용으로 사용되고 있다. 또한 해조류는 사료나 각종 해조산업의 원료로 이용되기도 한다[2]. 일반적으로 해조류는 단백질과 지방의 함량이 낮고, 탄수화물은 소화율이 낮아서 영양가

는 적지만, 칼륨, 요오드, 칼슘 등 각종 무기염류와 비타민 A, C 등의 함량이 높고[10], 혈액 속의 콜레스테롤 함량 저하, 항균작용 및 생체 내 활성산소 소거 등 항산화 작용에 의한 항동맥경화, 당뇨병 합병증 억제작용 등에 탁월한 효과가 있음이 밝혀져 있다[25, 28].

해양식물 유래 유용물질은 아미노산, 지질, 의약품소재, 색소, 탄수화물, 비타민 등 매우 다양하며, 그 중 고도불포화 지방산, 색소, 비타민 C, 토코페롤, 폴리페놀 등은 분자구조 내에 이중결합을 가지고 있는 불포화 탄화수소이다[12]. 해양식물 유래 불포화탄화수소는 주로 항산화 기능을 가지고 있는 것으로 알려져 있고, 항산화 기능이 강조된 소재로의 개발이 주를 이루어 왔다[31]. 최근 들어 기능성식품을 필두로 예방의학의 중요성이 부각되고 있기 때문에 관련 제품들에 대한 잠재적 수요는 급격히 증가할 것으로 전망되므로[17, 32], 해양식물로부터 고부가가치 기능성 폴리페놀 소재 및 제품제조기술의 독자적인 개발은 매우 시급하고 필수적인 것으로 여겨지고 있다.

이 연구에서 우리는 우리나라에서 식용으로 널리 사용되고 있는 6종의 해조류로부터 수용성 추출물을 분리하고, 이들의 생화학적 조성 및 지방산 함량을 분석하여, 해조류의 영양학적 가치를 분석하였다.

### 재료 및 방법

#### 실험재료 및 전처리

실험에 사용된 해조류는 우리나라에 서식하고 있는 생물종이며, 식용 가능하고 쉽게 구입이 용이한 갈조류 중 미역

#### \*Corresponding author

Tel : +82-55-639-8630, Fax : +82-55-639-8509

E-mail : tklee@kiost.ac

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

(*Laminaria japonica*), 툫(*Hizikia fusiformis*) 및 다시마(*Undaria pinnatifida*), 홍조류 중 김(*Porphyra tenera*) 및 꼬시래기(*Gracilaria verrucosa*), 녹조류 중 파래(*Ulva lactuca*) 등 6종을 선택하였다. 해조류를 흐르는 물로 여러 번 씻어 염분을 제거한 뒤 생화학적 조성 분석에 사용하였다.

#### 수분분석

수분은 상압건조시켜 감소되는 수분량을 측정하는 방법을 사용하였다. 미리 가열하여 항량으로 한 칭량접시에 검체 5 g을 건조기(100~105°C)에 넣어 3~5 시간 건조한 후, 데시케이터 내에서 약 30 분간 식히고 무게를 달고 아래와 같은 식으로 계산하였다.

$$\text{수분(\%)} = [(b-c)/(b-a)] \times 100$$

a, 칭량접시의 무게(g); b, 칭량접시와 검체의 무게(g); c, 건조 후 항량이 되었을 때의 무게(g).

#### 회분분석

회분 분석은 시료를 500~550°C에서 태울 때 휘발되지 않고 남는 무기물을 측정하는 것으로, 백색-회백색의 회분이 얻어질 때까지 계속 가열하였다. 회화가 끝난 후, 온도가 약 200°C 이하로 되었을 때 데시케이터에 옮겨 식힌 후 칭량하였다. 검체의 회분량(%)을 다음 식에 따라 산출하였다.

$$\text{회분(\%)} = [(W_1 - W_0)/S] \times 100$$

$W_0$ , 항량이 된 회화용기에 무게(g);  $W_1$ , 회화 후의 회화용기와 회분의 무게(g); S, 검체의 채취량(g).

#### 단백질 분석

단백질은 Bio-Rad microassay kit를 사용하여 비색정량(590 nm)하였고, bovine serum albumin을 기준물질로 사용하였다.

#### 지질 추출 및 분석

지질은 Folch *et al.* 법[9]에 따라 클로로포름:메탄올(2:1)을 이용하여 추출하였고, Dittmer and Wells [7]의 방법에 따라 총 지질함량을 측정하였다. 지질시료에 2 ml의 dichromate solution (2.5 g  $K_2Cr_2O_7$ , 1 l  $H_2SO_4$ )을 넣은 후 45 분 동안 증탕하였다. 실온에서 식힌 후 10 ml의 증류수를 첨가하여 발색되도록 하여 350 nm에서 흡광도를 측정하였고, 기준시약으로는 1 mg/ml의 palmitic acid를 사용하였다.

#### 식이섬유 분석

식이섬유, 수용성 및 불용성 탄수화물은 AOAC 방법[1]과 이를 일부 수정한 Pak과 Araya [21] 방법에 따라 분석하였다.

#### 지방산 추출 및 분석

Methylation을 위해 각 시료에 chloroform:methanol (2:1, v/v)을 첨가하여 20 분간 추출하였다. 0.58 % NaCl 5 ml을

첨가하여 10 분간 추출 후 2,000 rpm에서 5분간 원심분리하였다. 분리된 아래층 액을 pasteur pipet을 이용하여 다른 튜브에 옮긴 후  $N_2$ 를 이용하여 건조하였다. 건조된 시료에 0.5 ml toluene과 2 ml의 0.5 N NaOH을 넣고 5 분간 증탕한 후 식히고,  $BF_3$ MeOH 첨가한 후 3 분간 증탕하였다. 15 ml의 petroleum ether와 20 ml의 물을 넣고 5 분 동안 sonication한 후 정치시켰고, 상층액을 뽑아  $N_2$ 를 이용하여 건조하였다. 건조된 시료를 1 ml의 헥산에 녹이고 1.5 ml amber bottle에 옮긴 후 1  $\mu$ l를 기체크로마토그래피에 주입하였다.

지방산 분석은 HP-Innowax silica capillary 컬럼(30 m x 0.25 mm. i.d., 0.25  $\mu$ m film thickness)이 장착된 Varian CP-3800으로 분석하였으며, carrier gas는 helium을 사용하였다[15]. 컬럼 온도는 2 분간 50°C에 고정된 후 분당 5°C씩 200°C가 될 때까지 온도를 올렸고, 모든 지방산이 배출될 수 있도록 30 분간 유지하였다. Injector와 flame ionization detector 온도는 각각 250°C로 조정되었다. 각 지방산은 기준 지방산(Sigma-Aldrich Co, USA)의 retention times과 비교하여 확인하였으며, internal standard로 heneicosanoic acid를 사용하여 정량하였다. 실험은 3 번 반복하여 수행하였으며, 결과는 평균값으로 표시하였다.

#### 통계분석

통계분석은 SPSS 통계 소프트웨어를 사용하여 수행하였다. 데이터의 normality와 homogeneity는 ANOVA로 확인하였고, 실험구 간의 차이는 one-way ANOVA와 Duncan's multiple range test로 평가하였다.

## 결과 및 고찰

#### 생화학적 조성

6 종의 해조류 시료의 생화학적 조성(수분, 회분, 단백질, 지질 및 식이섬유)을 분석하였다(Table 1). 해조류 내 수분함량은 상대적으로 낮았으며(11.47-13.95%), 해조류에 따라 큰 차이를 나타나지 않았다. 유사한 결과는 다른 연구자들에 의해서 보고된 바 있다[29]. 회분 함량은 미역(26.50%), 툫(25.35%) 및 다시마(24.95%)에서 함량이 높았으며, 김(19.15%)은 가장 낮은 값을 보였으나, 중간에 유의한 차이는 나타나지 않았다. 본 연구에서 얻어진 파래의 회분함량(19.25%)은 Yaich 등[30]의 결과(19.59 %)와 유사하며, Ortiz 등[20]의 결과(11.0%)보다 더 높았다.

해조류에서 단백질 함량을 분석하는 것은 새로운 단백질 보충제를 탐색하기 위하여 수행되며[11], 일반적으로 홍조류의 단백질 함량이 갈조류에 비해 2배 이상 많은 것으로 보고되고 있다[6, 8]. 본 연구에서도 홍조류인 김과 꼬시래기에서 각각 14.72% 및 15.44%로 단백질 함량이 가장 높았으며, 갈조류는 5.08-6.20%로 단백질 함량이 가장 낮았다. 그러나 Ortiz 등

Table 1. Moisture, ash, dietary fibre, protein and total lipid contents from six edible seaweeds (% w/w dry weight; n=8)

	Moisture	Ash	Protein	Lipid	dietary fibre
<i>L. japonica</i>	11.87±1.27	24.95±2.76	5.96±0.16	3.26±0.2	39.17±1.81
<i>H. fusiformis</i>	13.95±0.49	25.35±4.45	6.20±2.0	3.25±1.30	52.69±15.6
<i>U. pinnatifida</i>	11.47±0.71	26.50±2.12	5.08±2.12	4.28±0.65	45.73±8.36
<i>P. tenera</i>	12.05±1.20	19.15±0.49	14.72±1.80	4.43±1.48	36.84±2.31
<i>G. verrucosa</i>	13.10±1.32	19.43±0.75	15.44±1.64	2.75±0.12	39.85±4.46
<i>U. lactuca</i>	11.63±0.46	19.25±0.35	8.80±1.04	2.80±1.05	52.98±8.22

[20]의 보고에서는 파래의 단백질 함량이 27.2%를 나타내어, 전통적으로 단백질이 풍부한 콩과식물과 마찬가지로 인간의 영양분이나 동물영양분을 위한 균형잡힌 식품의 개발에 사용할 수 있을 것으로 보고한 바 있다. 이 연구에서 파래의 단백질 함량(8.8%)은 Yaich 등[30]의 결과(8.5%)와 유사하지만 Ortiz 등[20]의 보고와 차이를 보이고 있는데, 동일한 해조류에서의 단백질 함량의 차이는 채집시기 및 지리학적 위치의 차이에 기인하는 것으로 판단된다[8].

지질함량의 차이는 기후, 지리학적 위치 및 지질 추출방법의 차이에 따라 다양하게 나타날 수 있으나[20], 이제까지 문헌 상 알려진 해조류에서의 지질 함량은 4% 이하로 알려져 있다 [18]. 본 연구에서도 2.75-4.43%의 지질 함량이 분석되었고, 김 (4.43%)과 다시마(4.28%) 추출물에서 가장 높았다. 지질함량은 시험된 갈조류, 홍조류 및 녹조류에서 유의한 차이를 보이지 않았다[6].

식이섬유 함량은 갈조류가 홍조류에 비해 높은 경향을 보였으며, 특히 녹조류인 파래(52.98%)와 갈조류인 툇(52.69%) 추출물에서 가장 높았다. 반면, 김의 식이섬유 함량은 26.84%로 가장 낮았다. 식이섬유는 다양한 의학적 요구에 맞출 수 있는 좋은 영양학적 효과를 가지고 있기 때문에 소비자에게 더 매력적인 해조류 식품 개발에 적용될 수 있다[20]. 종합해 보면, 이 연구에 사용된 해조류 추출물은 지질함량이 낮고 식이섬유 함량이 높았으며, 이전에 보고된 연구들과 유사한 결과를 보여 주었다[6, 8, 13].

**지방산 분석**

6 종 해조류 추출물의 지방산 중 myristic acid (C14:0), palmitic acid (C16:0), stearic acid (C18:0), palmitoleic acid (C16:1), oleic acid (C18:1n-3), linoleic acid (C18:2n-6), linolenic acid (C18:3n-6), arachidonic acid (C20:4n-6, ARA) 및 eicosapentaenoic acid (C20:5n-3, EPA)이 주요 지방산이었으며, 전체 지방산의 90% 이상을 차지하였다. Docosahexaenoic acid (C22:6n-3, DHA)은 미량 검출되었다(Table 2).

C16:0은 해조류의 주요 포화지방산으로 알려져 있으며[6], 이 연구에서도 C16:0은 분석된 지방산 중 가장 높은 함량을 보였다. 홍조류인 김에서 함량이 가장 높았고(45.88%), 갈조류인 미역에서 가장 낮았다(35.01%). C16:0 외에 C14:0 및 C18:0은 각각 3.42-7.98% 및 1.02-2.9%의 함량을 나타내었다(Table

2). ΣSAT는 김 추출물(51.9%)에서 가장 높았으며, 미역 추출물(43.14%)에서 가장 낮았다(Table 3). 특히 홍조류의 ΣSAT가 갈조류 및 녹조류에 비해 상대적으로 높은 함량을 나타내었다 ( $p<0.05$ ).

연구된 6 종의 해조류 추출물 내의 단일불포화지방산 (monounsaturated fatty acid, MUFA) 중 주요 지방산은 C16:1과 C18:1이었다. C16:1은 홍조류인 꼬시래기에서 가장 함량이 높았으며(7.88%), 갈조류인 미역에서 가장 낮았다(3.85%).

Table 2. Relative fatty acid contents of six edible seaweeds (% of total fatty acid content)

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
C14:0	5.69	6.89	5.91	3.42	7.98	6.01
C15:0	0.28	0.38	0.73	0.27	0.24	0.14
C16:0	35.01	35.59	36.49	45.88	38.25	38.51
C17:0	0.10	0.17	0.01	0.10	1.00	0.18
C18:0	1.63	2.16	1.02	1.68	2.90	1.07
C20:0	0.15	1.64	0.33	0.30	-	-
C21:0	0.01	0.04	0.02	0.01	0.08	0.13
C22:0	0.01	0.13	0.08	0.02	0.18	0.81
C23:0	0.01	0.01	0.02	0	-	-
C24:0	0.25	0.33	0.10	0.22	-	0.08
C14:1	0.05	0.14	0.10	0.04	0.20	0.05
C15:1	-	0.04	0.02	-	0.12	0.01
C16:1	3.85	6.26	5.56	5.67	7.88	5.73
C17:1	0.18	0.12	0.02	-	0.16	0.18
C18:1n-9	1.18	2.55	2.69	1.17	1.10	4.49
C20:1n-9	0.57	0.55	0.06	0.09	0.68	-
C22:1n-9	0.88	0.15	0.04	0.01	0.17	0.05
C24:1n-9	0.32	0.07	-	0.06	-	0.25
C18:2n-6	6.27	5.56	8.71	6.01	7.02	8.11
C18:3n-6	4.41	3.53	5.95	5.38	4.64	5.91
C18:3n-3	0.88	0.10	0.38	0.09	0.50	0.13
C20:2n-6	0.51	1.32	0.36	1.58	1.41	0.39
C20:3n-6	0.01	0.04	0.02	0.01	0.08	0.13
C20:3n-3	0.17	0.27	0.70	0.22	-	0.21
C20:4n-6	10.80	8.35	9.41	5.05	5.21	6.54
C20:5n-3	26.65	21.89	21.26	22.67	20.18	20.87
C22:2	0.12	1.72	-	0.03	0.02	0.02
C22:6n-3	0.01	-	0.01	0.02	-	-

(a), *L. japonica*, (b), *H. fusiformis*; (c), *U. pinnatifida*; (d), *P. tenera*, (e), *G. verrucosa*, (f), *U. lactuca*.

-, not determined

Table 3. Fatty acid groups of six edible seaweeds (% of total fatty acid content)

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
ΣSAT	43.14	47.34	44.71	51.9*	50.63*	46.93
ΣMUFA	7.03	9.88	8.49	7.04	10.31	10.76
ΣPUFA	49.83	42.78	46.8	41.06	39.06	42.31
Σn-3	27.71	22.26	22.35	23	20.68	21.21
Σn-6	21.49	17.48	24.09	16.45	16.95	20.69
Σn-9	2.95	3.32	2.79	1.33	1.95	4.79*
n-6/n-3	0.78	0.79	1.08	0.72	0.82	0.98
UI	214	182	192	173	165	178

Values are means of three determinations. (a), *L. japonica*, (b), *H. fusiformis*, (c), *U. pinnatifida*, (d), *P. tenera*, (e), *G. verrucosa*, (f), *U. lactuca*.

ΣSFA, total saturated fatty acids.

ΣMUFA, total monounsaturated fatty acids.

ΣPUFA, total polyunsaturated fatty acids.

Σn-3, total Omega-3 fatty acids.

Σn-6, total Omega-6 fatty acids.

Σn-9, total Omega-9 fatty acids.

UI (unsaturation index) was calculated by multiplying the percentage of each fatty acid by the number of double bonds followed by summing up these contributions [22].

\*denotes mean significant difference compared with the lowest values ( $p < 0.05$ ).

C18:1은 파래에서 가장 함량이 높았으며(4.49%), 꼬시래기(1.1%), 김(1.17%) 및 미역(1.18%)에서 가장 낮았다(Table 2). Dawczynski 등[6]은 홍조류와 미역 종류에서 C18:1의 함량이 C16:1보다 높은 것으로 보고하였는데, 이러한 차이는 환경과 유전적 차이에 기인하는 것 뿐만 아니라[19], 채집장소나 건조 과정의 영향[3] 때문인 것으로 추측된다. MUFA의 함량이 가장 높은 해조류는 파래로 나타났으며(10.76%), 미역의 MUFA 함량(7.03%)이 가장 낮았다(Table 3).

분석된 6 종 해조류의 고도불포화 지방산(polyunsaturated fatty acid, PUFA) 함량은 39.06-49.83%를 차지하였으며, 미역의 PUFA 함량이 가장 높은 것으로 나타났다. 주요 PUFA는 C18:2n-6, C18:3n-6, C20:4n-6 및 C20:5n-3이었으며, C20:2n-6 이 일부 해조류에서 검출되었다. C18 PUFA는 인간이 합성할 수 없기 때문에 중요하다[24]. 시험된 해조류 지방산 중 C18:2n-6와 C18:3n-6의 함량은 각각 다시마(8.71% 및 5.95%)와 파래(8.11% 및 5.91%)에서 가장 높았으며, 툇(5.56% 및 3.53%)에서 가장 낮았다.

C20:4n-6은 6 종의 해조류 PUFA 중 두 번째로 함량이 높았다. C20:4n-6의 함량은 갈조류에서 높았으며(8.35-10.8%), 홍조류에서 낮은 함량을 보였다(5.05-5.21%). C20:5n-3은 PUFA 중 가장 많은 부분을 차지하였으며(16.89-26.65%), 해조류 분류군에 따른 차이는 거의 나타나지 않았다(Table 2). 특이하게도 C22:6n-3은 시험된 모든 해조류에서 검출되지 않거나 미량 검출되었으며, 이러한 결과는 다른 연구에서도 찾아볼 수 있다

[6, 8, 28].

Σn-9 PUFA 함량은 녹조류인 파래에서 가장 높았고(4.79%), 홍조류인 김에서 가장 낮았으며(1.33%), 분류군 간에 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). 불포화지수(unsaturation index, UI) 값은 165-214 범위에 있었으며, 미역이 가장 높게 나타났고, 갈조류가 홍조류나 녹조류에 비해 높은 값으로 측정되었다 (Table 3).

해조류는 포유류에 의해 합성되지 않고 먹이사슬을 통해 흡수해야만 하기 때문에 필수지방산으로 간주되는 n-3과 n-6 PUFA 함량이 높다[11]. 해조류는 지질함량이 낮기 때문에 에너지원으로 사용되지는 않지만, 대부분의 육상 식물보다 PUFA의 함량은 유의하게 높은 것으로 알려져 있다[5]. 이 연구에서 n-6/n-3 비율은 0.72-1.08%로 나타났으며(Table 3), WHO 표준인 10 이하의 범위에 들어 있었다. n-6/n-3 비율이 낮은 해조류는 low density lipoprotein 및 콜레스테롤 감소시키는 데 도움이 되며, 동맥경화 플라그의 성장과 혈압을 낮추며, 전체적인 면역기능을 증진시킨다. 오메가 지방산(n-3)은 내피세포 유래 평활근이완인자를 증가시켜 대동맥과 혈관의 이완을 촉진시킨다[16]. Federation of European Nutrition Societies의 보고에서 식품의 n-6/n-3 비율이 5:1일 때 건강이 증진된다는 것을 언급한 바 있으나[4], 대부분의 전통적인 유럽식품의 n-6/n-3 비율은 약 15-17:1로 알려져 있다. 이러한 결과는 서구음식이 n-3 지방산이 적고 n-6 지방산의 함량이 높기 때문인데[27], 우리나라도 급속한 서구화로 인하여 n-6/n-3 비율이 매우 높을 것으로 추측되고 있다. 따라서 이 연구에서 분석된 6종의 해조류는 n-6/n-3 비율이 낮은 식품에서의 n-6/n-3 비율을 저하시키기 위한 활용이 가능할 수 있을 것으로 판단된다.

## 결론

우리나라 연안에서 다량 서식하고, 식용으로 사용되고 있는 6종의 해조류(미역, 툇, 다시마, 김, 꼬시래기 및 파래)의 생화학적 조성과 지방산 함량을 분석하였다. 수분함량은 11.47-13.95%로 종간의 차이가 거의 없었으며, 회분은 갈조류(24.95-26.50%)가 홍조류(19.15% 및 19.43%) 및 녹조류(19.25%) 보다 함량이 높았다. 단백질 함량은 홍조류(14.72% 및 15.44%)가 갈조류 및 녹조류에 비해 약 1.75-3.04배 높았다. 지질은 종간의 차이가 크지 않았으며(2.75-4.43%), 식이섬유는 툇(52.69%)과 파래(52.98%)에서 가장 함량이 높았다.

6종의 해조류 추출물의 지방산 중 C14:0, C16:0, C18:0, C16:1, C18:1n-3, C18:2n-6, C18:3n-6, C20:4n-6 및 C20:5n-3 등이 주요 지방산이었으며, 전체 지방산의 90% 이상을 차지하였다. C22:6n-3은 검출되지 않거나 미량 검출되었다. 주요 포화 지방산은 palmitic acid (C16:0)이었으며, palmitoleic acid (C16:1)와 eicosapentaenoic acid (C20:5n-3, EPA)가 각각 주요

단일불포화지방산과 고도불포화지방산으로 나타났다. 시험된 해조류 지방산의 n-6/n-3 비율은 0.72-1.08%로 매우 낮은 값을 보였다. 종합해보면, 시험된 6종의 해조류는식이섬유가 많고 n-6/n-3 비율이 매우 낮아, 우리나라 연안에서 서식하고 있는 해조류가 인간 건강에 유익할 수 있음을 의미한다.

### 감사의 글

본 연구는 한국해양과학기술원의 연구사업의 지원에 의해 이루어진 것임(과제번호: PE99161).

### References

1. AOAC. 1995. Official methods of analysis. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
2. Cardozo, K. H. M., Guaratini, T., Barros, M. P., Falcao, V. R., Tonon, A. P., Lopes, N. P., Campos, S., Torres, M. A., Souza, A. O., Colepicolo, P. and Pinto, E. 2007. Metabolites from algae with economical impact. *Comp Biochem Physiol Part C Toxicol Pharmacol* **146**, 60-78.
3. Chan, J. C.-C., Cheung, P. C. K. and Ang, P. O. 1997. Comparative studies on the effect of three drying methods on the nutritional composition of seaweeds *Sargassum heniphyllum* (Turn) C. Ag. *J Agric Food Chem* **45**, 3056-3059.
4. D-A-C-H. 2000. Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. Umschau/Braus GmbH Frankfurt am Main. 1. Auflage.
5. Darcy-Vrillon, B. 1993. Nutritional aspects of the developing use of marine macroalgae for the human food industry. *Int J Food Sci Nutr* **44**, 23-35.
6. Dawczynski, C., Schubert, R. and Jahreis, G. 2007. Amino acids, fatty acids, and dietary fibre in edible seaweed products. *Food Chem* **103**, 891-899.
7. Dittmer, J. C. and Wells, M. A. 1969. Quantitative and qualitative analysis of lipid and lipid components. *Methods Enzymol* **14**, 482-530.
8. Fleurence, J. 1999. Seaweed proteins: Biochemical, nutritional aspects and potential uses. *Trend Food Sci Technol* **10**, 25-28.
9. Folch, J., Lees, M. and Sloane, S. G. 1957. A simple method for isolation and purification of total lipid from animal tissue. *J Biol Chem* **226**, 497-509.
10. Fujimura, T., Tsukahara, K., Moriwaki, S., Kitahara, T., Sano, T. and Takema, Y. 2002. Treatment of human skin with an extract of *Fucus vesiculosus* changes its thickness and mechanical properties. *J Cosmet Sci* **53**, 1-9.
11. Gressler, V., Yokoya, N. S., Fujii, M. T., Colepicolo, P., Filho, J. M., Torres, R. P. and Pinto, E. 2010. Lipid, fatty acid, protein, amino acid and ash contents in four Brazilian red algae species. *Food Chem* **120**, 585-590.
12. Heo, S. J., Park, E., Lee, K. and Jeon, Y. 2005. Antioxidant activities of enzymatic extracts from brown seaweeds. *Bioresour Technol* **96**, 1613-1623.
13. Jimenez-Escrig, A. and Cambrodon, I. G. 1999. Nutritional evaluation and physiological effects of edible seaweeds. *Arch Latinoam Nutr* **49**, 114-120.
14. Kim, A., Woo, S., Yun, H., Yum, S., Choi, E., Do, J.-R., Jo, J.-H., Kim, D., Lee, S. and Lee, T.-K. 2005. Total phenolic contents and biological activities of Korean seaweed extracts. *Food Sci Biotechnol* **14**, 798-802.
15. Kim, S. J., Kim, D. and Lee, T.-K. 2011. Changes of fatty acid compositions in the different growth phases of 5 marine microalgal species. *Ecocyty* **35**, 129-138.
16. Kumar, M., Gupta, V., Kumari, P., Reddy, C. R. K. and Jha, B. 2011. Assessment of nutrient composition and antioxidant potential of Caulerpaceae seaweeds. *J Food Comp Anal* **24**, 270-278.
17. Lim, S. N., Cheung, P. C. K., Ooi, V. E. C. and Ang, P. O. 2002. Evaluation of antioxidant activity of extracts from a brown seaweed, *Sargassum siliquastrum*. *J Agric Food Chem* **50**, 3862-3866.
18. McDermid, K. J. and Stuercke, B. 2003. Nutritional composition of edible Hawaiian seaweeds. *J Appl Phycol* **15**, 513-524.
19. Nelson, M. M., Phleger, C. F. and Nichols, P. D. 2002. Seasonal lipid composition in macroalgae of the northeastern Pacific ocean. *Botanica Marina* **45**, 58-65.
20. Ortiz, J., Romero, N., Robert, P., Araya, J., Lopez-Hernandez, J., Bozzo, C., Navarrete, E., Osorio, A. and Rios, A. 2006. Dietary fiber, amino acid, fatty acid and tocopherol contents of the edible seaweeds *Ulva lactuca* and *Durvillaea antarctica*. *Food Chem* **99**, 98-104.
21. Pak, N. and Araya, H. 1996. Valor nutritivo y aportes de fibra dietética (soluble a insoluble) de macroalgas marina; comestibles de Chile, crudas y cocidas. *Alimentos* **21**, 63-69.
22. Poerschmann, J., Spijkerman, E. and Langer, U. 2004. Fatty acid patterns in *Chlamydomonas* sp. as a marker for nutritional regimes and temperature under extremely acidic conditions. *Microb Ecol* **48**, 78-89.
23. Ruperez, P. and Saura-Calixto, F. 2001. Dietary fibre and physicochemical properties of edible Spanish seaweeds. *Eur Food Res Technol* **212**, 349-354.
24. Sanchez-Machado, D. I., Lopez-Cervantes, J., Lopez-Hernandez, J. and Paseiro-Losada, P. 2004. Fatty acids, total lipid, protein and ash contents of processed edible seaweeds. *Food Chem* **85**, 439-444.
25. Satoru, K., Noboru, T., Hiroo, N., Shinji, S. and Hiroshi, S. 2003. Oversulfation of fucoidan enhances its anti-angiogenic and anti-tumor activities. *Biochem Pharm* **65**, 173-179.
26. Simopoulos, A. P. 2002. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Bioned Pharmacother* **56**, 365-379.
27. Takagi, T., Asahi, M. and Itabashi, Y. 1985. Fatty acid composition of twelve algae from Japanese waters. *Yakugaku Zasshi* **34**, 1008-1012.
28. Tutour, B. L., Benslimane, F., Gouleau, M. P., Gouygou, J. P., Saasan, B. and Quemeneur, F. 1998. Antioxidant and pro-oxidant activities of the brown algae, *Laminaria digitata*, *Himantalia elongata*, *Fucus vesiculosus*, *Fucus serratus* and *Ascophyllum nodosum*. *J Appl Physiol* **10**, 121-129.
29. Wong, K. H. and Cheung, P. C. K. 2000. Nutritional evaluation

- tion of some subtropical red and green seaweeds Part I-proximate composition, amino acid profiles and some physicochemical properties. *Food Chem* **71**, 475-482.
30. Yaich, H., Garna, H., Besbes, S., Paquot, M., Blecker, C. and Attia, H. 2011. Chemical composition and functional properties of *Ulva lactuca* seaweed collected in Tunisia. *Food Chem* **128**, 895-901.
31. Yan, X. J., Chuda, Y., Suzuki, M. and Nagata, T. 1999. Fucoxanthin as the major antioxidant in *Hijikia fusiformis*, a common edible seaweed. *Biosci Biotechnol Biochem* **63**, 605-607.
32. Yan, X. J., Li, X. C., Zhou, C. X. and Fan, X. 1996. Preventive of fish oil rancidity by phlorotannins from *Sargassum kjellmanianum*. *J Appl Phycol* **8**, 201-203.

### 초록 : 해조류 6종의 생화학적 조성 및 영양적 가치 분석

김동균<sup>1</sup> · 박종범<sup>1</sup> · 이택건<sup>2\*</sup>

(<sup>1</sup>신라대학교 생명과학과, <sup>2</sup>한국해양과학기술원 남해특성연구부)

기능성식품 또는 첨가제로의 적용가능성을 확인하기 위하여 6종 해조류의 생화학적 조성 및 영양학적 가치를 분석하였다. 갈조류(미역, 툇, 다시마), 홍조류(김, 꼬시래기) 및 녹조류(파래) 등 해조류의 생화학적 조성(수분, 회분, 단백질, 지질 및 식이섬유)과 지방산 함량이 분석되었다. 수분함량은 11.47-13.94%, 회분은 19.15-26.50%, 단백질은 5.08-15.44%, 지질은 2.75-4.43% 및 식이섬유는 36.84% to 52.98%로 나타났다. 주요지방산은 C14:0, C16:0, C18:0, C16:1, C18:1n-3, C18:2n-6, C18:3n-6, C20:4n-6 및 C20:5n-3이었다. 흥미롭게도 분석된 해조류에서 docosahexaenoic acid (C22:6n-3, DHA)는 검출되지 않았거나 미량 검출되었다. n-3 지방산 함량은 다른 PUFA에 비해 높았으며, n-6/n-3 비율은 매우 낮았다. 이러한 결과는 우리나라 연안에서 서식하고 있는 해조류가 인간 건강에 유익할 수 있음을 의미한다.