

한국서해에 서식하는 염생식물의 지방산 조성 비교

김유아 · 엄영란 · 이정임 · 김해진 · 임선영 · 남택정¹ · 서영완*

한국해양대학교 해양환경 · 생명과학부, ¹부경대학교 식품생명공학부

Comparative Studies on the Fatty Acid Compositions of the Korean Salt Marsh Plants in the West Sea

You Ah Kim, Young Ran Um, Jung Im Lee, Haejin Kim, Sun-Young Lim, Taek Jeong Nam¹, and Youngwan Seo*

Division of Marine Environment & Bioscience, Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

¹Faculty of Food Science & Biotechnology, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

Abstract Fatty acid is an important component of many biological processes. However, an imbalance in diet-especially, a n-3 polyunsaturated fatty acids (PUFAs) deficiency-causes several diseases such as diabetes, cardiovascular disease and cancer. In this study, we analyzed the fatty acid contents and compositions of 26 species of Korean salt marsh plants and found high fatty acid contents from *S. herbacea* (148.75 µg/mg-dry wt.), *S. komarvii* (119.05 µg/mg-dry wt.), *C. heterocarpa* (79.23 µg/mg-dry wt.), *A. capillaris* (71.65 µg/mg-dry wt.), and *L. tetragonum* (67.02 µg/mg-dry wt.). In the case of saturated fatty acids (SFAs) composition, palmitic acid is richest in most salt marsh plants. On the other hand, oleic acid and linoleic acid are major components of monounsaturated fatty acid and n-6 PUFA, respectively. In addition, n-3 PUFAs such as LNA (linolenic acid), EPA (eicosapentaenoic acid), and DHA (docosahexaenoic acid) known as the main fatty acid components of fish oils and seaweeds, were also found in *S. herbacea*, *S. komarvii*, *T. tetragonoides*, *A. capillaris* and *G. littoralis*.

Keywords: Fatty acid, SFAs (saturated fatty acids), PUFAs (poly unsaturated fatty acids), salt marsh plants

서 론

지질 (lipid)은 인체에 있어 가장 큰 에너지원일 뿐만 아니라 생체 내 여러 가지 생물학적 과정에서 중추적인 역할을 하는 것으로 알려져 왔다 [1]. 지방산 (fatty acid)은 이러한 지질이 가수분해 되어 생성되는 물질로써 형태에 따라 포화지방산 (saturated fatty acid, SFA)과 불포화지방산 (unsaturated fatty acid, USFA)으로 나뉘며, 불포화지방산은 이중결합의 수에 따라 단일불포화지방산 (monounsaturated fatty acid, MUFA)과 다중불포화지방산 (polyunsaturated fatty acids, PUFA)으로 나뉜다. 단일불포화지방산은

palmitoleic acid (16 : 1n-9)와 oleic acid (18 : 1n-9)가 대표적이며, 다중불포화지방산의 경우 linoleic acid 혹은 α-linolenic acid의 기원에 따라 각각 n-6계 다중불포화지방산과 n-3계 다중불포화지방산으로 나뉜다. 이들은 꼭 필요하지만 생체에서 생성될 수 없어 음식으로 섭취해 주어야 하기 때문에 필수지방산 (EFA, essential fatty acid)이라고 부른다. n-6계 다중불포화지방산은 linoleic acid (18 : 2n-6), arachidonic acid (20 : 4n-6) 그리고 n-3계 다중불포화지방산은 LNA (linolenic acid, 18 : 3n-3), EPA (eicosapentaenoic acid, 20 : 5n-3), DHA (docosahexaenoic acid, 22 : 6n-3)를 들 수 있는데 전자가 결핍 될 경우에 성장지연, 피부손상, 생식장애, 지방간, 조갈증 등이 야기 되는 반면에 후자의 경우에는 학습능력 감퇴, 망막기능 장애, 시각 장애 등의 증상이 나타나, 각기 다른 계열의 다중 불포화지방산은 결핍시에 서로 다른 증상을 유발시키는 것

*Corresponding author

Tel: +82-51-410-4328, Fax: +82-51-404-3538

e-mail: ywseo@hhu.ac.kr

으로 알려져 있다 [2-3].

오늘날 선진국을 비롯한 현대인들의 식습관이 변화함에 따라 지방산 흡수의 불균형이 야기되고 있다 [4-5]. 특히, n-6 지방산:n-3 지방산의 권장 섭취 비율이 1-4:1인데 비해 실제로는 서양의 경우 15-16:1을 나타내며 우리나라의 경우 5-8:1 섭취 비율을 보임으로써 식이 불균형이 점차 증가하는 추세로 나타났다 [5-6]. 이와 같이 환경변화에 따른 스트레스, 오염 등과 더불어 식습관의 변화는 인체의 변화를 가져왔고 다양한 질병의 원인이 되었다. 따라서 여러 연구기관에서 이러한 변화를 시정하는 일환으로 식품 혹은 생물로부터 지방산의 함량을 알아보고, 특히 n-3계 다중불포화지방산과 질병과의 관련성을 찾는 연구, 예로 n-3계 다중불포화지방산의 함량 변화에 따른 심장혈관질환, 항당뇨, 항염증, 항암의 효과를 검증한 다수의 결과가 보고된 바 있다 [7-10].

불포화지방산은 염분에 의한 스트레스나 수분을 조절하는 것으로 알려져 있는데 [11], 이러한 이유로 n-3계 다중불포화지방산은 생선, 고래, 조개 등의 바다생물이나 해조류와 같은 특정 식물에서 주로 발견된다 [12].

염습지나 조간대는 조류, 온도 및 염분과 같은 규칙 혹은 비규칙적인 외부 요인에 의해 일반 육상 환경과 다른 극한 환경으로 분류된다. 따라서 이곳에 서식하는 생물은 이에 적합한 적응 기작을 발달시키기 위하여 독특한 생리 활성 물질을 가지는데 특히, 환경적 이온 농도의 차이에 의해 단백질과 지질 및 지방산을 풍부하게 가지는 것으로 확인되었다 [13].

염생식물은 해조류나 어류와 같이 염분이 많은 해안의 염생습지에서 서식하면서 먹이 연쇄의 기초 생산자 역할을 하는 식물이다. 이들은 세립질 입자에 뿌리를 내려서 조류 흐름으로 인한 침식 활동을 억제하며, 조간대의 염분 농도에 따라 서식지를 이동하는 특징을 가지므로 염생식물 서식지의 대상분포 변화를 통한 조간대의 환경 변화를 파악할 수 있는 좋은 환경 요소가 된다 [14]. 최근 오염 물질의 정화 능력이나 다양한 약리적인 효과로 인해 관심의 대상이 되고 있으며 재배를 통한 이용 가능성이 날로 증가하고 있다 [15,16]. Weete 등 [17]에 의하여 염생식물 *S. bigelovii*의 지방산 분포가 연구된 바 있으며 특히, 지방산의 경우에는 분석에 있어 안정성, 민감성, 신속성 등의 이유로 organic tracer로서의 역할을 하므로 이러한 연구는 염생식물을 통한 하구의 먹이관계를 연구하는 지표로 사용될 것이다.

일반적으로 어류나 해조류에 대한 지방산 분석은 보고된 바 있으나 염생식물에 대한 성분 조성을 비롯한 전반적인 기초과학적 연구가 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 우리나라의 서해안 일대에 서식하는 26종의 염생식물을 이용하여 지방산, 특히 n-3계 다중불포화지방산의 함량을 알아봄으로써 식물유전자원 수집을 위한 기초자료로 제시하며, 기능성 식품의 소재로서 활용가치를 재조명함으로써 그 이용가능성에 대해서 검토하고자 한다.

재료 및 방법

염생식물 채집과 추출물의 제조

본 실험에 사용한 26종의 염생식물은 2005년 7월 서해안 일대에서 채집하였으며 응달에서 건조한 후 -25°C 에서 보관하였다 (Table 1). 염생식물의 추출물을 제조하기 위하여 음건한 염생식물을 분쇄하여 methylene chloride 용매에 충분히 잠기게 한 후 24시간 동안 추출한 후 여과하였으며 이 과정을 두 번 반복하였다. 여과하고 남은 잔사에 다시 methanol 용매를 넣고 위와 동일한 과정으로 2회 반복 추출하였다. 이렇게 얻어진 두 종류의 여과액을 혼합한 후 40°C 에서 vacuum rotary evaporator (Bucchi, German)로 감압 농축함으로써 추출물을 제조하였다 (Fig. 1).

Table 1. List of salt marsh plants

No.	Class	Family	Scientific Name
1	Dicotyledoneae	Polygonaceae	<i>Persicaria lapathifolia</i>
2		Apiaceae	<i>Glehnia littoralis</i>
3		Papaveraceae	<i>Corydalis heterocarpa</i>
4		Rosaceae	<i>Rosa rugosa</i>
5		Leguminosae	<i>Lathyrus japonicus</i>
6		Chenopodiaceae	<i>Atriplex gmelini</i>
7		"	<i>Suaeda asparagoides</i>
8		"	<i>Chenopodium virgatum</i>
9		"	<i>Salsola collina</i>
10		"	<i>Salsola komarvii</i>
11		"	<i>Suaeda japonica</i>
12		"	<i>Salicornia herbacea</i>
13		"	<i>Suaeda maritima</i>
14		Aizoaceae	<i>Tetragonia tetragonoides</i>
15		Plantaginaceae	<i>Limonium tetragonum</i>
16		Compositae	<i>Aster tripolium</i>
17		"	<i>Sonchus brachyotus</i>
18		"	<i>Artemisia capillaris</i>
19		"	<i>Artemisia fukudo</i>
20		"	<i>Aster spathulifolius</i>
21		Verbenaceae	<i>Vitex rotundifolia</i>
22		Convolvulaceae	<i>Calystegia soldanella</i>
23		Boraginaceae	<i>Messerschmidia sibirica</i>
24	Monocotyledoneae	Cyperaceae	<i>Carex scabrifolia</i>
26		"	<i>Carex pumila</i>
26		Gramineae	<i>Phragmites communis</i>

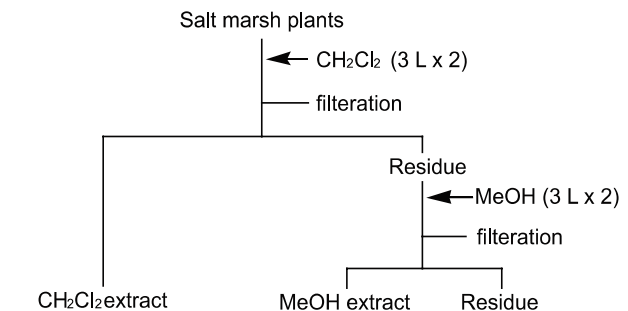


Fig. 1. Procedure of extraction from salt marsh plants.

염생식물 추출물의 지방산 분리 전처리 (비누화 및 메틸 에스테르화)

각 시료마다 동량 (30 mg)의 추출물을 준비하여 0.5 M KOH (in MeOH) 1 mL를 가한 후 80°C에서 1시간 동안 반응시켜 비누화 (saponification)를 완결한다. 반응물에 5 mL의 3차 증류수를 가하고 *n*-hexane/methylene chloride (10 : 1)의 혼합 용액 5 mL로 3회 추출하여 알케인 (aliphatic alkane)과 지방족 알코올 (aliphatic alcohol) 등이 포함된 중성지방 성분을 제거한다. 남은 수층을 5 N HCl을 이용하여 pH 2로 맞춘 후, 동일한 용매 5 mL로 3회 추출하여 지방산이 포함된 지질을 얻었다. 이를 농축하여 0.3 mL의 5% methanolic HCl을 가하고 70°C에서 1시간 동안 반응시켜 fatty acid methyl ester (FAME)로 transmethylation 시켰다. 최종적으로 반응액에 증류수 0.4 mL를 가하고 *n*-hexane 1 mL로 3회 추출한 후 membrane filter (pore size 0.45)로 여과하였으

며 원심분리 시킨 후 상등액을 감압 농축하였다.

Gas Chromatograph를 이용한 지방산 분석

감압 농축된 상등액을 10 µL의 *n*-hexane에 녹인 후 지방산 분석용 gas chromatography Varian CP-3800 (Varian inc., Mitchell, Walnut Creek, USA)에 주입하여 지방산을 분석하였다 [18]. 지방산 분석에 사용된 표준용액은 462 standard (Nu-Check-Prep, inc., Elysian, MN, USA)를 이용하였으며, GC 분석용 column은 WCOT fused silica capillary column (60 m × 0.32 mm inner diameter × 0.10 µL film thickness) (Varian inc., Mitchell, Walnut Creek, USA)을 사용하였다. 기기의 분석조건은 injector 250°C, detector (FID) 250°C, oven (initial 130°C, 분당 증가율은 175°C까지 4°C/min, 210°C까지 1°C/min, 245°C까지 30°C/min)로 하였고, carrier gas는 N₂ gas (99.999%)를 사용하였다. 유속

Table 2. Fatty acid composition of solvent extracts from salt marsh plants (I)

Fatty Acid	Sample (%)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
12 : 0	0.00	0.04	0.03	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00
14 : 0	0.75	0.82	1.81	0.00	0.18	0.00	0.31	0.77	0.00	0.77	0.00	0.00	0.16
16 : 0	29.47	26.61	28.56	21.28	36.90	33.50	42.37	46.53	30.23	26.90	25.70	41.06	22.91
18 : 0	7.43	3.45	3.78	16.58	13.09	11.26	7.94	7.21	7.68	2.29	7.73	5.39	5.82
20 : 0	14.30	1.73	2.13	10.62	8.05	6.59	4.77	4.99	5.49	1.82	4.13	8.58	1.87
22 : 0	7.23	3.30	8.69	11.43	7.37	4.44	13.15	12.52	7.35	3.41	19.10	14.08	3.68
24 : 0	0.12	0.21	0.15	0.26	0.00	0.78	0.19	0.25	0.92	0.13	0.40	0.00	0.00
Total Sat.	59.30	36.15	45.15	60.15	65.58	56.91	68.73	72.27	51.66	35.38	57.06	69.11	34.45
16 : 1n-7	1.34	1.03	0.32	0.00	0.30	4.80	0.55	0.59	0.37	0.53	0.54	4.17	1.76
18 : 1n-9	7.35	5.04	7.89	5.67	3.11	11.02	3.96	5.76	17.28	10.64	3.12	0.00	13.17
18 : 1n-7	0.70	1.54	0.24	0.00	0.58	1.48	0.53	1.21	0.33	0.94	0.87	0.00	2.89
20 : 1n-9	0.00	0.00	1.96	0.00	0.00	0.60	3.06	0.00	3.06	0.00	10.52	0.00	1.18
22 : 1n-9	0.00	0.21	0.80	0.75	0.31	0.00	0.00	0.00	0.45	0.00	1.38	0.00	0.21
24 : 1n-9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Mono.	9.39	7.82	11.20	6.42	4.31	17.90	8.10	7.55	21.49	12.11	16.43	4.17	19.21
18 : 2n-6	7.80	34.98	26.73	7.34	10.89	7.94	4.26	7.50	10.05	31.32	5.00	3.72	31.48
18 : 3n-6	0.14	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20 : 2n-6	0.46	0.39	0.75	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00	0.18	1.59	0.00	0.26
20 : 3n-6	0.26	0.20	0.28	0.00	0.30	0.00	0.22	1.04	0.35	0.05	0.00	1.70	0.15
20 : 4n-6	0.77	0.64	0.85	2.78	0.61	0.99	1.59	1.19	1.60	0.47	0.86	1.59	0.65
22 : 2n-6	3.58	0.36	0.39	2.67	0.80	3.98	0.50	1.01	1.61	0.21	0.60	0.00	0.30
22 : 4n-6	1.33	1.08	1.69	0.91	1.07	1.26	4.23	1.01	2.06	0.86	2.65	3.79	0.97
22 : 5n-6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total n-6	14.33	37.75	30.69	13.70	13.66	14.17	11.02	11.76	15.67	33.10	10.71	10.80	33.82
18 : 3n-3 (LNA)	2.01	14.09	2.65	7.88	7.30	7.08	1.55	3.90	3.12	16.86	1.65	4.35	9.56
20 : 3n-3	0.00	0.19	0.16	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00
20 : 5n-3 (EPA)	0.43	1.61	0.95	0.00	1.16	0.00	0.00	0.00	0.56	0.53	1.89	0.00	0.00
22 : 5n-3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22 : 6n-3 (DHA)	14.54	2.39	9.18	11.85	7.67	3.94	10.59	4.52	7.50	1.94	12.27	11.57	2.96
Total n-3	16.97	18.29	12.95	19.72	16.45	11.02	12.15	8.42	11.17	19.41	15.80	15.92	12.52
Total fatty acids (µg/mg-dry wt.)	37.07	60.68	79.23	7.53	17.50	13.03	30.13	7.37	6.20	119.05	7.12	148.75	23.22

Table 3. Fatty acid composition of solvent extracts from salt marsh plants (II)

Fatty Acid	Sample (%)												
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
12 : 0	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14 : 0	0.38	1.22	0.30	0.83	0.56	0.00	0.00	0.37	0.44	0.36	0.18	0.23	0.00
16 : 0	21.56	37.24	33.08	29.98	24.25	66.83	22.67	20.04	30.08	26.43	25.40	17.16	32.19
18 : 0	3.28	4.36	6.89	6.51	4.78	2.85	7.52	13.74	8.21	7.49	4.99	20.76	8.75
20 : 0	8.30	3.52	7.21	5.46	9.63	1.50	23.49	4.95	3.10	5.82	5.34	22.29	8.01
22 : 0	16.40	6.50	9.14	13.49	17.64	2.14	0.00	6.95	4.18	5.52	5.67	11.23	6.84
24 : 0	0.37	0.20	0.67	0.20	0.45	0.11	5.14	1.03	0.56	0.28	0.20	0.00	0.00
Total Sat.	50.29	53.06	57.28	56.48	57.31	73.43	58.83	47.08	46.57	45.90	41.78	71.66	55.79
16 : 1n-7	0.00	0.94	0.47	1.38	0.00	0.13	1.77	0.56	0.37	0.74	0.00	0.49	0.46
18 : 1n-9	0.00	10.31	10.01	11.55	2.96	4.24	7.65	8.38	9.58	4.27	9.79	5.86	7.88
18 : 1n-7	5.57	1.09	0.20	1.47	0.43	0.11	1.95	0.23	0.00	2.10	0.15	0.29	0.21
20 : 1n-9	1.35	0.00	1.07	2.90	0.00	0.00	0.00	2.21	1.01	0.00	0.00	0.00	0.60
22 : 1n-9	0.00	0.31	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.51	0.09	0.12	0.00	0.00
24 : 1n-9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Mono.	6.92	12.64	11.74	17.30	3.45	4.47	11.37	11.38	11.47	7.20	10.05	6.63	9.16
18 : 2n-6	16.45	18.40	11.30	7.48	17.59	10.60	11.63	6.47	21.31	21.81	15.50	5.73	15.17
18 : 3n-6	0.03	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.37	9.15	0.72	0.00	0.00	0.14	0.00
20 : 2n-6	0.91	0.22	0.22	0.95	0.68	0.00	0.00	0.37	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00
20 : 3n-6	0.33	0.42	0.38	0.72	0.23	0.00	0.00	0.30	0.45	0.22	0.00	0.39	0.00
20 : 4n-6	1.18	1.23	1.05	1.25	1.60	0.11	0.58	0.99	0.43	1.01	0.49	0.96	1.50
22 : 2n-6	1.72	0.41	0.32	0.90	0.67	0.23	4.72	1.34	0.57	0.24	0.28	0.17	0.71
22 : 4n-6	1.34	1.94	1.92	2.59	1.59	0.45	1.62	1.53	0.49	1.32	1.20	1.18	1.63
22 : 5n-6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total n-6	21.97	22.63	15.19	14.07	22.37	11.38	18.92	20.13	24.38	24.59	17.47	8.57	19.01
18 : 3n-3 (LNA)	7.49	8.21	2.99	1.44	5.10	6.22	4.47	12.58	14.79	19.28	26.40	2.06	10.58
20 : 3n-3	0.12	0.00	0.00	0.26	0.38	0.00	0.00	0.30	0.31	0.10	0.16	0.00	0.00
20 : 5n-3 (EPA)	0.37	0.49	0.00	0.96	0.56	0.00	0.00	0.39	0.70	0.62	0.24	0.00	0.00
22 : 5n-3	0.06	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22 : 6n-3 (DHA)	12.77	2.96	12.79	9.49	10.77	4.50	6.41	7.81	1.78	2.32	3.90	11.07	5.47
Total n-3	20.82	11.67	15.79	12.14	16.87	10.72	10.88	21.40	17.59	22.31	30.70	13.13	16.05
Total fatty acids ($\mu\text{g}/\text{mg-dry wt.}$)	61.37	67.02	24.23	27.32	71.65	16.25	6.43	20.64	52.59	37.68	24.16	35.80	10.42

은 1.0 mL/min으로 최종 주입되는 양은 1 μL 이었다. 시료의 지방산 분석은 표준용액의 retention time과 비교하여 결정하였으며, 내부 표준물질로 heptadecanoic acid methyl ester (Sigma, H-4515)를 이용하여 총 지방산을 정량하고 각각의 지방산은 전체 peak area의 백분율로 산출하였다.

결과 및 고찰

26종의 염생식물로부터 얻은 methylene chloride와 methanol 용매 추출물을 이용하여 각 염생식물의 지방산 함량을 분석한 결과, 다수의 염생식물이 시료 mg 당 수십 μg 이상의 지방산을 포함하는 것으로 확인되었다. 그 중에서도 통통마디 (*S. herbacea*)가 148.75 $\mu\text{g}/\text{mg-dry wt.}$ 으로 가장 높은 지방산 함량을 보였으며, 뒤이어 수송나물 (*S. komarvii*)이 119.05 $\mu\text{g}/\text{mg-dry wt.}$, 염주괴불주머니 (*C. heterocarpa*)가 79.23 $\mu\text{g}/\text{mg-dry wt.}$, 사철쭉 (*A. capillaries*)

이 71.65 $\mu\text{g}/\text{mg-dry wt.}$, 갯질경 (*L. tetragonum*)이 67.02 $\mu\text{g}/\text{mg-dry wt.}$ 으로 많은 양의 지방산을 함유하는 것으로 나타났다 (Table 2 and 3).

특히, 포화지방산인 palmitic acid (16 : 0)는 실험 대상 전체에서 나타났을 뿐만 아니라 그 %함량도 대부분의 염생식물에서 가장 높은 것으로 확인되었다. 그 외에도 myristic acid (14 : 0), stearic acid (18 : 0), arachidic acid (20 : 0), behenic acid (22 : 0) 그리고 lignoceric acid (24 : 0) 등의 포화지방산이 존재함을 알 수 있었다.

불포화지방산의 경우, 단일불포화지방산에서는 oleic acid (18 : 1)가 그리고 n-6계 다중불포화지방산에서는 linoleic acid (18 : 2)가 높은 %함량을 보였다. 그 외에도 gadoleic acid (20 : 1), docosadienoic acid (22 : 2) 그리고 arachidonic acid (20 : 4) 등이 나타남을 확인하였다.

그리고 바다생물이나 특정 식물에서만 찾아 볼 수 있다는 n-3계 다중불포화지방산을 염생식물 추출물의 지방산 분석 자료에서 검토해 본 결과, 많은 시료에서 상당히 높은 비율

의 LNA (linolenic acid, 18 : 3n-3)와 DHA (docosahexaenoic acid, 22 : 6n-3)가 존재가 확인되었으며, 일부 시료에서 적은 양의 EPA (eicosapentaenoic acid, 20 : 5n-3)도 존재함이 확인되었다.

필수지방산인 LNA의 경우, 천일사초 (*C. scabrifolia*)가 26.40%로 가장 높은 %함량을 보였다. 또한 모래지치 (*M. sibirica*), 수송나물, 갯메꽃 (*C.soldanella*), 갯방풍 (*G. littoralis*), 순비기나무 (*V.rotundifolia*) 그리고 갈대 (*P. communis*)가 각각 19.28%, 16.86%, 14.79%, 14.09%, 12.58% 그리고 10.58%로 높은 함량의 LNA를 함유하며, 해홍나물 (*S. maritime*) 9.56%, 갯질경 8.21%, 해당화 (*R. rugosa*) 7.88%, 번행초 (*T. tetragonoides*) 7.49%, 갯완두 (*L. japonicus*) 7.30%, 가는갯능쟁이 (*A. gmelini*) 7.08%, 큰비쭉 (*A. fukudo*) 6.22%, 사철쭉 5.10%, 해국 (*A. spathulifolius*) 4.47% 그리고 통통마디 4.35% 순으로 LNA 함량을 나타내었다.

LNA를 거쳐 만들어지는 EPA의 함량은 염생식물에서 상대적으로 낮은 비중으로 나타났다. 칠면초 (*S. japonica*)가 가장 높은 수치를 보인 염생식물으로써 1.89%의 함량을 가진다. 그리고 갯방풍, 갯완두 그리고 사테풀 (*S. brachyotus*)이 각각 1.61%, 1.16% 그리고 0.96%의 EPA를 함유하였다.

뇌지방의 10%를 차지하는 DHA는 여러 대상 식물에서 높은 함량을 보였다. 특히 흰명주아귀 (*P. lapathifolia*)의 경우에는 14.54%의 함량을 보였으며, 갯개미취 (*A. tripolium*), 번행초, 칠면초, 해당화, 통통마디, 좀보리사초 (*C. pumila*), 사철쭉, 나문재 (*S. asparagoides*) 등이 10% 이상의 DHA를 가지는 것으로 나타났다. 이어서 사테풀, 염주괴불주머니, 순비기나무, 갯완두, 솔장다리 (*S. collina*) 순으로 DHA가 나타났다.

이와 같이 본 실험을 통해 해안 염생습지에서 기초 생산자로서 중요한 역할을 하는 염생식물이 다양한 지방산을 함유하는 것으로 조사되었다. 특히, 필수지방산인 n-3계 다중불포화지방산의 함량은 일반 육상식물이나 동물과 비교했을 때 상당한 양을 차지하는 것으로 보였고, 그 뿐만 아니라 해양생물인 해조류나 어류의 n-3계 다중불포화지방산의 함량과 견줄 만 한 수치이다 (Table 4 and 5) [19].

Table 4. Fatty acid content of plants

Fatty Acid	Purslane	Spinach	Buttercrunch lettuce	Red leaf lettuce	Mustard
14 : 0	0.16	0.03	0.01	0.03	0.02
16 : 0	0.81	0.16	0.07	0.10	0.13
18 : 0	0.20	0.01	0.02	0.01	0.02
18 : 1n-9	0.43	0.04	0.03	0.01	0.01
18 : 2n-6	0.89	0.14	0.10	0.12	0.12
18 : 3n-3	4.05	0.89	0.26	0.31	0.48
20 : 5n-3	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
22 : 6n-3	0.00	0.00	0.001	0.002	0.001
Other	1.95	0.43	0.11	0.12	0.32
Total fatty acids (mg/g of wet wt.)	8.50	1.70	0.601	0.702	1.101

Table 5. The n-3 polyunsaturated fatty acid content of some algae and fish

Species	Fatty acid (wt %)		
	LNA	EPA	DHA
Algae			
<i>Chlorella officinale</i>	2.5	32.0	t
<i>Chlorella minutissima</i>	t	44.0	t
<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	t	26.0	11.0
<i>Gonyaulox caerella</i>	1.3	11.2	34.0
Fish			
Herring	0.6	7.1	4.3
Salmon	1.0	8.0	11.0
Mackerel	t	11.0	11.0
Anchovy	t	17.0	9.0

따라서 본 연구 결과는 추후 지방산과 관련한 염생식물의 중요한 기초 연구자료가 될 것으로 사료된다. 특히 각각의 지방산의 무게를 분석한 결과, 통통마디와 수송나물이 각각 23.69 µg/mg-dry wt.와 23.11 µg/mg-dry wt.로 많은 양의 n-3계 다중불포화지방산을 포함하는 것으로 나타났으며, 번행초, 사철쭉, 갯방풍 등이 그 뒤를 이었다. 따라서 이들 염생식물에 대한 천연물 화학적 혹은 식용 가능한 염생식물의 식품학적인 추가 연구가 진행된다면 향후 n-3계 다중불포화지방산과 관련된 여러 질병 즉, 암, 동맥경화증, 혈전증을 비롯한 뇌질환 등의 예방과 치료에 관한 분야에도 크게 기여할 것이라고 여겨진다.

요 약

지질은 생체내에서 여러 가지 중요한 기능을 한다. 하지만 부적절한 식이 섭취로 인한 지방산의 불균형은 성인병을 비롯한 여러 질병의 원인이 된다. 이러한 이유로 지방산에 대한 관심이 높아지고 있으며 특히 어류나 해조류에 다량 포함되어 있는 n-3계 다중불포화지방산과 질병과의 관련성이 밝혀지고 있다. 따라서 본 연구에서는 염생식물이 n-3계 다중불포화지방산을 함유할 가능성을 확인하기 위하여 26종의 염생식물에 대하여 지방산의 조성 및 함량을 조사하였다. 용매 추출된 염생식물 시료는 gas chromatography를 이용하여 분석이 이루어졌으며, 그 결과, 통통마디, 수송나물, 염주괴불주머니, 사철쭉, 갯질경 등이 높은 총지방산 함량을 나타냈다. 또한 포화지방산인 palmitic acid (16 : 0)는 실험 대상 전체에서 나타났을 뿐만 아니라 그 %함량도 대부분의 염생식물에서 가장 높은 것으로 확인되었다. 불포화지방산의 경우, 단일불포화지방산에서는 oleic acid (18 : 1)가 그리고 n-6계 다중불포화지방산에서는 linoleic acid (18 : 2)가 높은 %함량을 보였다. 그리고 n-3계 다중불포화지방산 중에서 천일사초가 26.40%로 LNA의 함량이 가장 높았으며, 뒤이어 모래지치, 수송나물, 갯메꽃 순

으로 나타났다. EPA의 함량은 상대적으로 낮은 비중으로 나타났다. 그러나 칠면초가 1.89%로 가장 높은 수치를 보였다. DHA는 여러 대상 식물에서 비교적 높은 함량을 보였으며 특히 흰명주아귀가 14.54%로 높은 함량을 보였다. 이러한 결과는 염생식물이 해조류나 어류의 n-3계 다중불포화지방산의 함량에 있어서 뒤지지 않음을 보여줄 뿐만 아니라 천연물 화학적이나 식품학적 추가 연구를 통해 여러 질병의 예방과 치료분야에도 기여할 것으로 사료된다.

사 사

본 연구는 국토해양부 해양생명공학사업의 해양마이크로프로세스연구단 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

접수 : 2009년 11월 5일, 게재승인 : 2009년 12월 23일

REFERENCES

1. Pryde, E. H. (1979) *Fatty Acids*. p. 147. American Oil Chemists' Society, Champaign, IL, USA.
2. Connor, W. E., M. Neuringer, and S. Reisbick (1996) Essential fatty acids: The importance of n-3 fatty acids in the retina and brain. *Nutr. Rev.* 50: 21-29.
3. Holman, R. T. (1968) Essential fatty acid deficiency. *Prog. Lipid Res.* 9: 275-348.
4. Chung, E. J., H. W. Nam, M. R. Jang, H. K. Moon, S. Y. Kim, T. K. Kwak, and Y. C. Lee (1996) Dietary fatty acid intakes of employees in employee feeding operations. *Korean J. Nutr.* 29: 9-21.
5. Lee, H. Y. and S. H. Kim (1994) Effects of nutritional status of Korean adults on lipid metabolism with age. *Korean J. Nutr.* 27: 23-45.
6. El-Badry, A. M., R. Graf, and P. A. Clavien (2007) Omega 3-Omega 6: What is right for the liver?. *J. Hepatol.* 47: 718-725.
7. Bronsgeest-Schoute, H. C., C. M. Van Gent, J. B. Luten, and A. Ruiter (1981) The effect of various intakes of omega3 fatty acids on the blood lipid composition in healthy human subjects. *Am. J. Clin. Nutr.* 34: 1752-1757.
8. Connor, W. E. (2001) n-3 Fatty acids from fish and fish oil: panacea or nostrum?. *Am. J. Clin. Nutr.* 74: 415-416.
9. Dewailly, E., C. Blanchet, S. Lemieux, L. Sauvé, S. Gingras, P. Ayotte, and B. J. Holub (2001) n-3 Fatty acids and cardiovascular disease risk factors among the Inuit of Nunavik. *Am. J. Clin. Nutr.* 74: 464-473.
10. Meyer, K. A., L. H. Kushi, D. R. Jacobs, and A. R. Folsom (2001) Dietary fat and incidence of type 2 diabetes in older Iowa women. *Diabetes Care* 24: 1528-1535.
11. Paridaa, A. K. and A. B. Das (2005) Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotox. Environ. Safe.* 60: 324-349.
12. Ahn, B. H. and H. K. Shin (1987) Fatty acid composition and content of omega-3 polyunsaturated fatty acid of major fishes caught in Korean seas. *Korean J. Food Sci. Technol.* 19: 181-187.
13. Liebezeit, G., T. D. Künnemann, and G. Gad (1999) Biotechnological potential of North Sea salt marsh plants-a review of traditional knowledge. *J. Biotechnol.* 70: 77-84.
14. Lee, Y. K., J. A. Eom, J. H. Ryu, and J. S. Won (2007) Analyzing spectral characteristics of salt marsh vegetation around donggumdo tidal flat in ganghwado, Korea. *Korean J. Remote Sens.* 23: 575-581.
15. Min, B. M. (1998) Vegetation on the west coast of Korea. *Ocean and Polar Res.* 20: 167-178.
16. Lee, H. J., Y. A. Kim, J. W. Ahn, B. J. Lee, S. G. Moon, and Y. Seo (2004) Screening of peroxynitrite and DPPH radical scavenging activities from salt marsh plants. *Korean J. Biotechnol. Bioeng.* 19: 57-61.
17. Weete, J. D., W. G. Rivers, and D. J. Weber (1970) Hydrocarbon and fatty acid distribution in the halophyte. *Salicornia bigelovii*. *Phytochemistry* 9: 2041-2045.
18. Salem, N., M. Reyzer, and J. Karanian (1996) Losses of arachidonic acid in rat liver after alcohol inhalation. *Lipids* 31: 153-156.
19. Lees, R. S. and M. Karel (1990) Omega-3 fatty acids in health and disease, Marcel Dekker, Inc. USA.