

국내산 주요 해조류의 식이섬유소의 함량 및 추출조건

도정룡 · 김은미 · 구재근* · 조길석**

한국식품개발연구원, *군산대학교 수산가공학과, **원주전문대학교 식품과학과

Dietary Fiber Contents of Marine Algae and Extraction Condition of the Fiber

Jeong-Ryong DO, Eun-Mi KIM, Jae-Geun KOO* and Kil-Suk JO**

Korea Food Research Institute, 46-1 Baekhyun Bundang, Kyunggi-Do 463-420, Korea

*Dept. of Sea-Food Science and Technology, Kunsan National University, Kunsan 573-400, Korea

**Dept. of Food science, Wonju National Junior College, Wonju 220-840, Korea

The dietary fiber contents of seaweeds including brown algae (*Undaria pinnatifida*, *Laminaria japonica*, *Hizikia fusiforme*), red algae (*Gelidium amansii*, *Gracilaria verrucosa*) and green algae (*Ulva lactuca*) and the extraction condition of the fiber was investigated.

The dietary fiber contents of *Undaria pinnatifida*, *Laminaria japonica*, *Hizikia fusiforme*, *Gelidium amansii*, *Gracilaria verrucosa* and *Ulva lactuca* were 47.2%, 50.7, 42.6%, 48.8%, 44.5% and 40.0%, respectively. It was effective to extract soluble dietary fiber with sodium salts such as disodium carbonate and disodium EDTA in brown algae. In red algae, it was effective to extract soluble dietary fibre with disodium EDTA. Also, the extraction time and temperature affected the yields of dietary fiber.

Key words : seaweeds, soluble dietary fiber, extraction condition

서 론

해조류는 다당류를 주로하는 탄수화물을 많이 함유하고 있으나 사람의 소화기관에 존재하고 있는 소화효소에 의한 소화율이 매우 낮아 영양가는 그리 높지 않은 것으로 평가 되어 왔다. 그러나 해조류 중의 탄수화물은 일반 야채류에 함유되어 있는 섬유소와는 달리 식이섬유가 인체에 미치는 효과 즉 장의 활동을 원활하게 하고 식염 중금속 등의 배출, 콜레스테롤의 혈관내의 침착 방지 등의 효과가 매우 높다는 것이 밝혀졌고 최근에는 해조류의 당류성분에 항암작용이 있다는 사실이 연구자들에 의해 밝혀졌다(Lee et al., 1992 ; Cho et al., 1990).

해조류의 식이 섬유에 관한 최근의 연구에 의하면 해조류내에는 인체내에서 생리 활성이 큰 수용성 식이 섬유소가 다량 함유되어 있으며(Lahaye,1991 ; Kim et al., 1988) 종류에 따라 장내 세균이 분비하는 효소에 의해 일부가 분해되어 생리적 작용을 나타낸다는 것이 밝혀졌다(Sachie,1993). 따라서 해조류의 건강식품으로서의 가치가 재평가되어야 할 시점에 온 것으로 생각된다. 해조 다당류로는 갈조류에는 alginic acid, laminarin, mannitol, fucoidin등이 있고, 김 등의 홍조류에는 agar-agar, carrageenan 등이 알려져 있다.

본 연구에서는 국내 연안에서 생산되는 해조류에 함유된 식이섬유소의 함량과 추출조건을 조사하였으며 그 결과

를 발표하고자 한다.

재료 및 방법

1. 재 료

본 실험에 사용한 해조류는 국내에서 생산되는 미역(*Undaria pinnatifida*), 다시마(*Laminaria japonica*), 툯(*Hizikia fusiforme*), 파래(*Ulva lactuca*), 우뚝가사리(*Gelidium amansii*)는 가락동 농수산물 도매시장에서 주로 구입하였으며, 꼬시래기(*Gracilaria verrucosa*)는 남해안(부산 광안리)에서 구하여 사용하였다.

2. 실험방법

(1) 식이섬유소의 함량

국내 연안에서 생산되고 있는 미역, 다시마, 파래등 6종의 해조류에 함유된 식이섬유소의 함량은 Lahaye (1991)의 방법을 이용하여 실험하였다.

(2) 식이섬유소의 추출

무기 산류(황산, 염산), 염류(Na₂CO₃, Na₂EDTA, NaOH), 효소(태평양 복합효소, Novo Alkalase, Novo Neutralse, Novo Viscozyme)를 농도별로 첨가하여 식이섬유소의 추출수율을 조사하였으며, 추출온도 및 추출시간을 달리 하였을 때의 추출수율을 조사하였다. 그리고 추

출수율은 시료에 대한 식이섬유소의 백분율로서 나타내었다.

결과 및 고찰

1. 해조류에 함유된 식이섬유의 함량

국내 연안에서 생산되고 있는 미역, 다시마, 툇, 파래, 우뚝가사리 그리고 꼬시래기중에 함유된 식이섬유의 함량을 조사한 결과 (Table 1), 총 식이섬유의 경우 다시마가 50.7%로 가장 많았으며, 우뚝가사리 48.8%, 미역 47.2%, 꼬시래기 44.5%, 툇 42.6% 그리고 파래는 40.0%였다. 그리고 가용성 식이섬유는 미역이 34.9%로 가장 많았으며, 다시마 32.8%, 우뚝가사리 32.6%, 툇 29.2%, 꼬시래기 28.7%, 파래가 26.5%였다. 파래의 식이섬유 함량이 적은 것은 단백질의 함량이 다른 해조류에 비해 많기 때문이라 생각된다. 산자와 채취시기별 식이섬유질 함량을 조사한 Kim et al. (1995)에 의한 연구결과에 비하면 가용성 식이섬유의 함량이 높은 것으로 나타났는데, 본 연구에서 적용한 식이섬유 추출조건에서는 갈조류중의 알긴산염과 홍조류중의 한천 성분이 더욱 효과적으로 추출된 결과로 사료된다.

2. 식이섬유의 추출

탄산나트륨을 농도별로 처리하여 가용성 식이섬유의 추출수율을 살펴 본 결과 (Table 2), 미역의 경우 7.12~

Table 1. Dietary fiber contents of seaweeds

Seaweed	Fiber (%) [*]		
	Soluble	Insoluble	Total
<i>Undaria pinnatifida</i>	34.9	12.3	47.2
<i>Laminaria japonica</i>	32.8	17.9	50.7
<i>Hizikia fusiforme</i>	29.2	13.4	42.6
<i>Ulva lactuca</i>	26.5	13.5	40.0
<i>Gellidium amansii</i>	32.6	16.2	48.8
<i>Gracilaria verrucosa</i>	28.7	15.8	44.5

^{*} fiber contents (%) are based on dry weight.

33.93%, 다시마는 7.34~18.87%, 툇는 5.72~26.56%, 파래는 11.55~17.49%, 우뚝가사리는 6.92~13.98%, 꼬시래기는 6.31~38.42%로 나타났다. Na₂EDTA를 농도별로 처리하였을 때 가용성 식이섬유의 추출수율은 미역의 경우 7.12~31.81%, 다시마는 7.34~26.86%, 툇는 7.15~16.58%, 파래는 11.34~17.76%, 우뚝가사리는 14.32~38.99%, 꼬시래기는 7.64~37.45%로 나타났다 (Table 3). 수산화나트륨을 농도별로 처리하였을 때 가용성 식이섬유의 추출수율은 미역의 경우 7.12~23.82%, 다시마는 7.34~15.36%, 툇는 8.30~14.92%, 파래는 8.09~18.46%, 우뚝가사리는 3.93~14.32%, 꼬시래기는 0.94~7.64%로 나타났다 (Table 4). 이러한 결과를 고려해 볼 때, 미역의 식이섬유 추출에는 1.5%의 탄산나트륨 용액, 또는 2.0%의 Na₂EDTA가 효과적인 것으로 나타났다. 다시마는 1.0%의 Na₂EDTA, 툇는 2.0%의 탄산나트륨, 우뚝가사리와 꼬시

Table 2. Yields of soluble dietary fiber according to Na₂CO₃ concentration (100°C, 1 hr)

Seaweed	Na ₂ CO ₃ concentration (%)				
	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0
<i>Undaria pinnatifida</i>	7.12*	19.07	18.75	33.93	32.32
<i>Laminaria japonica</i>	7.34	18.87	11.76	11.51	9.25
<i>Hizikia fusiforme</i>	8.30	5.72	6.23	8.60	26.56
<i>Ulva lactuca</i>	13.62	11.55	11.66	17.21	17.49
<i>Gellidium amansii</i>	14.32	6.92	7.34	14.31	13.98
<i>Gracilaria verrucosa</i>	7.64	6.31	8.01	21.30	38.42

* Yields (%) are based on dry weight.

Table 3. Yields of soluble dietary fiber according to Na₂EDTA concentration (100°C, 1 hr)

Seaweed	Na ₂ EDTA concentration (%)				
	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0
<i>Undaria pinnatifida</i>	7.12*	7.97	24.64	26.88	31.81
<i>Laminaria japonica</i>	7.34	13.85	26.86	21.35	12.41
<i>Hizikia fusiforme</i>	8.30	7.15	13.10	11.72	16.58
<i>Ulva lactuca</i>	13.62	11.34	11.89	14.04	17.76
<i>Gellidium amansii</i>	14.32	24.63	34.43	32.98	38.99
<i>Gracilaria verrucosa</i>	7.64	26.70	30.90	33.06	37.45

* Yields (%) are based on dry weight.

Table 4. Yields of soluble dietary fiber according to NaOH concentration (100°C, 1 hr)

Seaweed	NaOH concentration (%)				
	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0
<i>Undaria pinnatifida</i>	7.12*	23.82	22.96	21.15	17.53
<i>Laminaria japonica</i>	7.34	9.95	13.61	15.36	14.20
<i>Hizikia fusiforme</i>	8.30	9.27	13.27	14.92	13.87
<i>Ulva lactuca</i>	13.62	8.09	9.77	16.69	18.46
<i>Gellidium amansii</i>	14.32	3.93	7.18	8.45	8.37
<i>Gracilaria verrucosa</i>	7.64	0.94	2.30	2.56	3.14

* Yields (%) are based on dry weight.

Table 5. Yields of soluble dietary fiber according to HCl concentration (100°C, 1 hr)

Seaweed	HCl concentration (N)				
	0.0	0.05	1.0	0.2	0.4
<i>Undaria pinnatifida</i>	7.12*	4.84	3.23	2.35	1.85
<i>Laminaria japonica</i>	7.34	5.94	4.85	3.71	2.14
<i>Hizikia fusiforme</i>	8.30	6.93	6.00	3.72	2.88
<i>Ulva lactuca</i>	13.62	5.87	4.32	4.01	2.01
<i>Gellidium amansii</i>	14.33	12.74	5.97	2.06	1.80
<i>Gracilaria verrucosa</i>	7.64	6.43	4.46	1.37	0.97

* Yields (%) are based on dry weight.

Table 6. Yields of soluble dietary fiber according to H₂SO₄ concentration (100°C, 1 hr)

Seaweed	H ₂ SO ₄ concentration (N)				
	0.0	0.05	1.0	0.2	0.4
<i>Undaria pinnatifida</i>	7.12*	2.90	5.22	1.19	1.89
<i>Laminaria japonica</i>	7.34	7.31	4.99	4.03	2.16
<i>Hizikia fusiforme</i>	8.30	7.94	4.81	2.16	3.78
<i>Ulva lactuca</i>	13.62	10.11	3.11	0.42	0.43
<i>Gellidium amansii</i>	14.33	6.41	4.73	0.77	2.01
<i>Gracilaria verrucosa</i>	7.64	4.57	6.93	0.21	2.09

* Yields (%) are based on dry weight.

래기는 2.0%의 Na₂EDTA가 효과적인 것으로 나타났다. 파래는 탄산나트륨, 수산화나트륨 그리고 Na₂EDTA중에 특별히 효과적인 것은 없었으며 2%농도에서 17.49~18.46%로 나타났다.

염산을 농도별로 처리하여 가용성 식이섬유의 추출수율을 살펴 본 결과 (Table 5), 미역의 경우 1.85~7.12%, 다시마는 2.14~7.34%, 툫은 2.88~8.30%, 파래는 2.01~13.62%, 우뚝가사리는 1.80~14.33%, 꼬시래기는 0.97~7.64%로 나타났다. 황산을 농도별로 처리하여 가용성 식이섬유의 추출수율을 살펴 본 결과 (Table 6), 미역의 경우 1.19~7.12%, 다시마는 2.16~7.34%, 툫은 2.16~8.30%, 파래는 0.42~13.62%, 우뚝가사리는 0.77~14.33%, 꼬시래기는 0.21~7.64%로 나타났다. 이러한 결과를 살펴 볼 때, 염산 또는 황산을 첨가하는 것이 첨가하지 않는 것 보다 식이섬유의 수율이 오히려 낮게 나타났는데 그

이유로는 갈조류의 경우 주성분인 알긴산 염이 산에 의하여 알긴산으로 되어 불용화 된 것으로 생각되며 홍조류인 우뚝가사리와 꼬시래기의 경우 주성분인 한천이 산 가수분해에 의하여 저분자로 가수분해 된 것으로 생각된다.

태평양 복합효소를 농도별로 처리하여 가용성 식이섬유의 추출수율을 살펴 본 결과 (Table 7), 미역의 경우 3.42~3.78%, 다시마는 2.63~4.15%, 툫은 8.18~8.72%, 파래는 15.30~16.09%, 우뚝가사리는 10.10~10.40%, 꼬시래기는 13.72~14.21%로 나타났으며, Viscozyme 효소를 농도별로 처리하였을 때 가용성 식이섬유의 추출수율은 미역의 경우 5.23~5.54%, 다시마는 2.04~3.11%, 툫은 9.29~11.67%, 파래는 9.07~9.26%, 우뚝가사리는 8.16~8.93%, 꼬시래기는 10.44~13.81%로 나타났다 (Table 8). Alkalase 효소를 농도별로 처리하였을 때 가용성 식이섬

Table 7. Yields of soluble dietary fiber according to complex enzyme concentration (50°C, 1 hr)

Seaweed	Enzyme concentration (%)			
	0.05	0.1	0.5	1.0
<i>Undaria pinnatifida</i>	3.42*	3.29	3.78	3.58
<i>Laminaria japonica</i>	2.63	2.69	3.08	4.15
<i>Hizikia fusiforme</i>	8.29	8.42	8.72	8.18
<i>Ulva lactuca</i>	15.30	15.43	15.36	6.09
<i>Gellidium amansii</i>	10.40	10.10	10.22	10.12
<i>Gracilaria verrucosa</i>	13.72	13.86	14.21	14.01

* Yields (%) are based on dry weight.

Table 8. Yields of soluble dietary fiber according to Viscozyme concentration (45°C, 1 hr)

Seaweed	Enzyme concentration (%)			
	0.05	0.1	0.5	1.0
<i>Undaria pinnatifida</i>	5.23*	5.33	5.43	5.54
<i>Laminaria japonica</i>	2.15	2.04	2.63	3.11
<i>Hizikia fusiforme</i>	9.29	9.31	11.06	11.67
<i>Ulva lactuca</i>	9.21	9.11	9.07	9.26
<i>Gellidium amansii</i>	8.51	8.16	8.48	8.93
<i>Gracilaria verrucosa</i>	10.44	10.57	12.59	13.81

* Yields (%) are based on dry weight.

Table 9. Yields of soluble dietary fiber according to alkalase concentration (60°C, 1 hr)

Seaweed	Enzyme concentration (%)			
	0.05	0.1	0.5	1.0
<i>Undaria pinnatifida</i>	7.20*	7.21	7.47	8.90
<i>Laminaria japonica</i>	3.56	4.14	5.12	5.19
<i>Hizikia fusiforme</i>	6.53	6.67	6.36	6.89
<i>Ulva lactuca</i>	6.01	5.53	6.70	6.26
<i>Gellidium amansii</i>	8.31	7.95	7.11	7.20
<i>Gracilaria verrucosa</i>	3.88	3.26	3.71	3.87

* Yields (%) are based on dry weight.

Table 10. Yields of soluble dietary fiber according to neutrase concentration (45°C, 1 hr)

Seaweed	Enzyme concentration (%)			
	0.05	0.1	0.5	1.0
<i>Undaria pinnatifida</i>	6.20*	8.21	10.47	10.90
<i>Laminaria japonica</i>	10.56	9.14	10.97	10.19
<i>Hizikia fusiforme</i>	11.74	11.80	12.11	11.62
<i>Ulva lactuca</i>	12.05	13.59	13.76	13.82
<i>Gellidium amansii</i>	10.82	10.59	10.38	10.93
<i>Gracilaria verrucosa</i>	8.17	8.26	8.71	8.87

* Yields (%) are based on dry weight.

유의 추출수율은 미역의 경우 7.20~8.90%, 다시마는 3.56~5.19%, 툇은 6.36~6.89%, 파래는 5.53~6.70%, 우뭇가사리는 7.11~8.31%, 꼬시래기는 3.26~3.88%로 나타났다 (Table 9). Neutrase 효소를 농도별로 처리하였을 때 가용성 식이섬유의 추출수율은 미역 6.20~10.90%, 다시마는 9.14~10.97%, 툇은 11.74~12.11%, 파래는 12.

05~13.82%, 우뭇가사리는 10.38~10.93%, 꼬시래기는 8.17~8.87%로 나타났다 (Table 10). 이러한 결과를 고려해 볼 때, 해조류의 식이섬유 추출에는 본 실험에 사용한 효소는 큰 효과가 없는 것으로 나타났다.

추출시간을 1, 2, 3 및 4시간으로 100°C에서 처리하여 가용성 식이섬유의 추출수율을 살펴 본 결과 미역의 경

Table 11. Yields of soluble dietary fiber according to extraction time (100°C, D.W.)

Seaweed	Extraction time (hrs)			
	1	2	3	4
<i>Undaria pinnatifida</i>	7.12*	8.41	11.02	15.52
<i>Laminaria japonica</i>	7.34	8.20	9.64	10.13
<i>Hizikia fusiforme</i>	8.30	8.55	9.87	9.63
<i>Ulva lactuca</i>	13.62	13.83	15.11	15.46
<i>Gellidium amansii</i>	14.33	25.45	26.42	28.43
<i>Gracilaria verrucosa</i>	7.64	15.52	19.65	24.43

* Yields (%) are based on dry weight.

Table 12. Yields of soluble dietary fiber according to extraction temperature (1 hr, D.W.)

Seaweed	Extraction Temp (°C)							
	70	80	90	100	105	110	115	120
<i>Undaria pinnatifida</i>	2.04*	2.56	3.00	7.12	10.11	14.75	175.91	18.04
<i>Laminaria japonica</i>	3.47	4.24	6.13	7.34	8.68	11.42	11.74	16.43
<i>Hizikia fusiforme</i>	6.06	6.71	6.85	8.30	8.96	11.89	12.06	15.31
<i>Ulva lactuca</i>	9.93	12.12	12.08	13.62	11.26	14.77	14.57	18.70
<i>Gellidium amansii</i>	5.04	16.16	20.87	14.33	37.30	38.48	92.44	29.47
<i>Gracilaria verrucosa</i>	8.95	10.46	11.77	7.64	41.64	42.11	26.83	20.51

* Yields (%) are based on dry weight.

우 7.12~15.52%, 다시마는 7.34~10.13%, 툫은 8.30~9.87%, 파래는 13.62~15.46%, 우뚝가사리는 14.33~28.43%, 꼬시래기는 7.64~24.43%로 나타났다 (Table 11). 추출온도를 70, 80, 90, 100, 105, 110, 115 및 120°C에서 1시간 처리하였을 때 가용성 식이섬유의 추출수율은 미역의 경우 2.04~18.04%, 다시마는 3.47~16.43%, 툫은 6.06~15.31%, 파래는 9.93~18.70%, 우뚝가사리는 5.04~38.48%, 꼬시래기는 8.95~42.11%로 나타났다 (Table 12). 이들 결과를 살펴보면, 100°C에서 해조류의 식이섬유 추출은 추출시간이 길수록 추출율이 높게 나타났으며, 추출온도에도 큰 영향을 받는 것으로 나타나 우뚝가사리와 꼬시래기는 110°C에서 1시간 추출시 각각 38.48%와 42.11%의 높은 수율을 나타내었다.

의 탄산나트륨, 우뚝가사리와 꼬시래기는 2.0%의 Na₂EDTA를 사용하였을 때 가용성 식이섬유의 수율이 높았다. 파래는 탄산나트륨, 수산화나트륨 그리고 Na₂EDTA 중에서 특별히 효과적인 것은 없었으며 2%농도에서 17.49~18.46%로 나타났다. 또한 추출시간과 온도를 검토한 결과, 100°C에서 해조류의 식이섬유 추출은 추출시간이 길수록 추출율이 높게 나타났으며, 추출온도에도 큰 영향을 받는 것으로 나타나 우뚝가사리와 꼬시래기는 110°C에서 1시간 추출시 각각 38.48%와 42.11%의 높은 수율을 나타내었다.

요 약

국내 연안에서 생산되는 해조류 즉, 갈조류에 속하는 미역, 다시마 그리고 툫, 녹조류에 속하는 파래, 그리고 홍조류에 속하는 우뚝가사리, 꼬시래기에 함유된 식이섬유소의 함량과 이들 해조류로부터 가용성 식이섬유소를 효과적으로 추출하고자 산과 알칼리 그리고 효소를 사용하였다. 그 결과, 미역의 식이섬유 추출에는 1.5%의 탄산나트륨 용액, 또는 2.0%의 Na₂EDTA가 효과적인 것으로 나타났다. 다시마는 1.0%의 Na₂EDTA, 툫은 2.0%

참 고 문 헌

Cho, K. J., Y. S. Lee and B. H. Ryu 1990. Antitumor effect and immunology activity of seaweeds toward Sarcoma-180. Bull. Korean Fish. Soc. 23 (5), 345~352 (in Korean).

Kim, D. S., D. S. Lee, D. M. Cho, H. R. Kim and J. H. Pyeun 1995. Trace components and functional saccharides in marine algae 2. Dietary fiber contents and distribution of the algal polysaccharides. J. Korean Fish. Soc. 28 (3), 270~278 (in Korean).

Kim, S. H., H. Y. Park and W. K. Park 1988. Determination and physical properties of dietary fiber in seaweed products. J. Korean Soc. Food Nutr., 17 (4), 320~325 (in Korean).

- Lahaye M. 1991. Marine Algae as Sources of Fibres : Determination of soluble and insoluble dietary fiber contents in some sea vegetables. *J. Sci. Food Agric.* 54, 587~594.
- Lee, Y. S., D. S. Kim, B. H. Ryu and S. H. Lee 1992. Antitumor and immunomodulating effects of seaweeds toward Sarcoma-180 cell. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 21 (5), 544~550 (in Korean).
- Sachie I. 1993. Dietary fiber and function of digestion and absorption. *營養學雜誌*, 51 (5), 251~258 (in Japanese).
-
- 1996년 10월 21일 접수
1997년 3월 7일 수리