

대형갈조류 다시마, 곰피 및 감태의 엽체부위 및 연령별 식이섬유 함량

황은경·박찬선^{1*}

국립수산과학원 해조류바이오연구소, ¹목포대학교 해양수산자원학과

Dietary Fiber Content of Different Thallus Regions and Age in Three Brown Algae: *Laminaria japonica*, *Ecklonia stolonifera* and *E. cava*

Eun Kyoung HWANG and Chan Sun PARK^{1*}

Seaweed Research Institute, NFRDI, Mokpo 530-831, Korea

¹Department of Marine and Fisheries Resources, Mokpo National University, Jeonnam 534-729, Korea

The dietary fiber and crude fiber contents of different thallus regions (blade, stipe, and holdfast) in three brown algae (*Laminaria japonica*, *Ecklonia stolonifera*, and *E. cava*) were determined at different ages, and then compared with one another. On a dry matter basis, the soluble dietary fiber (SDF) content was highest (10.8±0.5%) in the holdfast of 2-year old *L. japonica*, and the insoluble dietary fiber (IDF), total dietary fiber (TDF), and crude fiber (CF) contents were highest in the holdfast of 2-year old *E. cava* at 44.5±0.7%, 50.2±0.5%, 6.8±0.7%, respectively. The IDF, TDF, and CF contents of these three species were measured in the following order: holdfast > stipe > blade, and the SDF contents of *L. japonica* exhibited the reverse of this trend. The TDF/CF ratio of 1-year old *L. japonica*, *E. stolonifera*, and *E. cava* was greater than was observed in the corresponding 2-year old samples. This is, to the best of our knowledge, the first report demonstrating that the holdfasts of *L. japonica*, *E. stolonifera*, and *E. cava* are rich in dietary fiber contents, especially IDF, TDF, and CF.

Key Words: Dietary fiber, Blade, Stipe, Holdfast, Phaeophyta

서 론

우리나라에서는 오래 전부터 다양한 해조류를 식용으로 해오고 있으며, 이들 식용해조류에는 다양한 식이섬유가 풍부하게 함유되어 있다는 것은 널리 알려진 사실이다 (Wang et al., 2001). 현재, 우리나라에서 일반적으로 식용되고 있는 대표적인 해조류는 김, 미역, 다시마, 톳, 모자반, 곰피, 우뚝가사리, 파래, 청각 등을 들 수 있다. 이들 해조류는 해수중에 서식하기 때문에 육상식물과 다른 식이섬유인 포르피란, 알긴산, 한천, 카라기난, 라미나란, 푸코이단 등을 함유한다 (Yoo et al., 2007). 해조류의 식이섬유는 가공되어 직접 식용으로 소비되는 것 외에도, 의료, 연구, 식품, 제과, 날염 등에 이용되고 있어 식품으로써 뿐만 아니라 산업적 측면에 있어서도 매우 중요한 위치를 차지하고 있다.

최근 선진국에서는 개발도상국과 달리 각종 생활습관병이 사회적 문제가 되고 있다. 대부분의 선진국에서 순위는 다르지만 암, 심장병, 심혈관질환이 사망 원인의 상위 3위를 점유한다. 이러한 질병의 원인으로 현대인의 식생활 가운데 지적 되는 것이 식이섬유 섭취의 부족이다. 식이섬유란 인간의 소화효소로 소화흡수되지 않는 성분으로 크게 수용성 식이섬유 (soluble diet fiber, SDF)와 불용성 식이섬유 (insoluble dietary

fiber, IDF)로 나누어진다 (Yoshie et al., 1997). 불용성 식이섬유는 셀룰로스가 대표적이고, 수용성 식이섬유는 펙틴, 만난, 한천 등이다.

해조류의 식이섬유는 세포벽을 구성하는 셀룰로스, 헤미셀룰로스, 키실란, 만난, 키틴 등과 세포간 저장물질을 구성하는 알긴산, 카라기난, 푸코이단, 라미나란, 한천, 포르피란, 후노란 등이다. 이들 식이섬유 모두는 본래 영양성분으로 간주되지 않았으나, 이들 식이섬유들은 인체에 다양한 물리화학적 및 생리학적 작용에 영향을 미치는 것으로 알려지고 있다. 실제로 최근 해조류의 식이섬유에 대한 다양한 연구들에 따르면 인체의 비만방지, 콜레스테롤 저하, 혈당조절, 유해물질의 정장, 변비해소 및 예방, 대장암 예방, 담석 형성 예방, 면역력 상승, 혈압 저하 등 인간의 질병발생 억제 또는 예방에 효과가 있는 것으로 밝혀지고 있다 (Spiller, 1994; Schneeman and Tietzen, 1994).

식품을 대상으로 분석한 식이섬유의 함량은 과일류의 경우 0.19-2.9% (Lund and Smoot, 1982), 채소류의 경우 0.99-7.42% (Anderson, 1988), 곡류의 경우 1.19-10.35% (Rasper, 1979), 견과종실류의 경우 4.27-10.83% (Lee and Lee, 1993), 버섯류의 경우 1.62-3.94% (Lee and Lee, 1993), 해조가공품의 경우 28.7-38.19% (Lee and Lee, 1993), 가공되지 않은 해조류의 경우 36.0-62.3% (Christine et al., 2007)로 해조류의 식이섬유

*Corresponding author: cspark85@mkpo.ac.kr

함량이 다른 식품의 식이섬유 함량 보다 월등히 높아 해조류는 식이섬유를 섭취하는데 있어 가장 유용한 식품원이라 할 것이다.

따라서 본 연구에서는 널리 식용 또는 이용되고 있는 3종의 대형 갈조류 (감태, 곰피 및 다시마)의 엽체 부위별 및 연령별 (양성 기간별) 식이섬유의 함량을 비교 분석함으로써 식이섬유원으로 해조자원의 이용성을 극대화시킬 수 있는 기초 자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

해조 시료

본 실험에 사용된 해조류는 다시마과의 3종 [감태 (*Ecklonia cava*), 곰피 (*E. stolonifera*) 및 다시마 (*Laminaria japonica*)]으로 이들 해조류는 전라남도 완도군 약산면 장용리 지선에서 양식된 것이다. 양식은 2005년 11월과 2006년 11월부터 2007년 10월까지 1년 또는 2년 동안 본양성이 이루어졌다. 분석용 시료는 2005년 11월부터 2006년 10월까지 12개월 양성된 것과 2005년 11월부터 2007년 10월까지 24개월 양성된 감태, 곰피 및 다시마를 1년생과 2년생으로 구분하여 각각의 양성로프로부터 잡물의 부착이 적고 깨끗한 엽체를 선별하여 채취하였다.

시료 준비

양성장에서 채취한 해조 시료는 냉장의 신선한 상태로 실험실로 운반한 후 잡물과 불순물들을 제거하고 흐르는 물에 씻은 다음 증류수로 행군 후 물기를 제거하고 엽체를 엽상부, 줄기부 및 부착기부의 3부분으로 분리하여 자연 건조시켜 무게를 측정하였다 (Fig. 1). 그 후 동결 건조기에서 건조한 다음 시료를 약 300 μ m 정도로 마쇄하여 전기 건조기 (105°C)에서 24시간 건조시킨 다음 무게를 측정하여 건조시킨 전후의 시료 무게 차이를 수분 함량으로 계산하였다. 이들 냉동건조 시료를 가지고 섬유질 분석을 실시하였다.



Fig. 1. Three parts of *Ecklonia cava* (A), *E. stolonifera* (B), and *Laminaria japonica* (C).

식이섬유의 함량

불용성 식이섬유

Prosky et al. (1984, 1988)의 방법을 부분 개량하여 불용성 식이섬유 함량을 측정하였다. 시료당 2개씩 1 g의 무게를 정확히 칭량해 500 mL 비이커에 넣고 phosphate buffer (0.08M, pH 6.0) 50 mL를 첨가하여 시료가 잘 분산되도록 교반하였다. 여기에 heat-stable α -amylase (Sigma Chemical Co., Cat. No. A3306, USA) 0.1 mL를 첨가하고 비이커를 알루미늄호일로 덮은 다음 항온수조기 (95~100°C)에서 5분 간격으로 균일하게 흔들며 주면서 15분간 반응시킨 후 상온으로 냉각하였다. 0.275N NaOH 10 mL 정도 첨가하여 pH를 7.5 \pm 0.2로 조정하고 protease (Sigma Chemical Co., Cat. No. P3910, USA) 0.1 mL (5 mg)를 진탕 항온수조기에서 60°C, 30분간 반응시켰다. 여기에 0.325M HCl 10 mL 정도를 첨가하여 pH 4.5 \pm 0.2로 조정하고 amyloglucosidase (Sigma Chemical Co., Cat. No. AMG A3513, USA) 0.3 mL를 첨가한 다음 60°C에서 30분간 반응시켰다. 반응이 끝난 후 미리 60°C로 가열한 95% 에탄올을 volume의 4배 첨가하고 실온에서 하룻밤 방치하여 침전이 형성되도록 하였다.

한편, fritted crucible (porosity #2, coarse 40~60 μ m)에 celite (acid washed) 0.5 g을 넣고 130°C에서 건조한 후 항량을 구하였다. 여기에 78% 에탄올 20 mL를 흘려보내 celite를 고르게 가라앉힌 후 침전시킨 시료를 여과용 도가니로 옮겨 감압 여과하고, 78% 에탄올로 20 mL씩 3회, 95% 에탄올로 10 mL씩 2회, 아세톤으로 10 mL씩 2회 씻어내렸다. 침전물이 담긴 여과용 도가니를 건조기에서 (105°C, 4시간) 건조시킨 다음 침전물의 무게를 0.1 mg 단위까지 측정하였다. 두개의 시료 중 하나는 단백질 함량을 측정하기 위해 Automatic nitrogen analyzer (Buch 322/342 Kjeldahl system)를 사용해서 분석 (질소계수는 6.25를 사용)하였다. 또 다른 1개의 시료는 515°C에서 5시간동안 회화로 (Hwashin Med-Lab Co., Model AJ 1525)에서 회분화시켜 회분 함량을 정량한 다음 아래식으로 불용성 식이섬유 (insoluble dietary fiber; IDF)량을 산출하였다.

$$IDF (\%) = \frac{\{(I_1 + I_2)/2\} - P - A - B}{\{(M_1 + M_2)/2\}} \times 100$$

여기에서 I_1 , I_2 는 불용성 식이섬유 잔사의 무게 (mg), P는 단백질의 무게 (mg), A는 회분의 무게 (mg), B는 blank의 무게 (mg), M_1 , M_2 는 시료의 무게 (mg)이며 두 값을 평균하여 시료의 불용성 식이섬유 함량을 나타내었다.

수용성 식이섬유

불용성 식이섬유를 정량할 때 따로 모은 여과액에 그 부피의 4배에 해당하는 60°C의 95% 에탄올을 가하여 78% 에탄올 용액으로 만들고 1시간 동안 정치시켜 수용성 식이섬유를 침전시켰다. 항량을 구한 celite를 함유한 1G3여과용 유리 도가니를 78% 에탄올 30 mL, 95% 에탄올 10 mL, 아세톤 10 mL 순으로 침전물을 씻어내고, 70°C 진공오븐에서 12시간 건조시켰다. 그 후 데시케이터에서 식힌 유리 도가니 무게를

제어 침전물의 무게를 구하고, 불용성 식이섬유와 동일한 방법으로 단백질 함량과 회분 함량을 측정하였다. 이 모든 과정을 blank에서도 같이 진행하였다. 위의 실험으로부터 수용성 식이섬유 (soluble dietary fiber; SDF) 함량은 다음과 같은 방법으로 계산하였다.

$$\text{SDF (\%)} = \{[(S_1 + S_2)/2] - P - A - B\} / \{(M_1 + M_2)/2\} \times 100$$

여기에서 S1, S2는 수용성 식이섬유 잔사의 무게 (mg)이며 나머지는 불용성 식이섬유의 경우와 마찬가지로 계산하였다. 그리고 총 식이섬유 (total dietary fiber; TDF) 함량은 불용성 식이섬유 (IDF)와 수용성 식이섬유 (SDF) 함량을 합한 값으로 나타내었다.

조섬유

냉동건조 과정을 거친 시료에 대하여 한 시료당 건조물 기준 0.2 g의 시료를 취하여 AOAC (1990) 공정법으로 조섬유 (crude fiber; CF) 함량을 측정하였다. 시료를 예열된 1.25% H₂SO₄ 200 mL에 정확히 30분 가열분해시킨 후 여과 (200 mesh)하여 뜨거운 증류수로 수회 세척하고 다시 예열된 1.25% NaOH 200 mL에 정확히 30분 가열분해시켰다. 항량을 구한 celite를 함유한 1G3여과용 유리 도가니를 에탄올로 도가니 안의 celite를 적신 후 가열 분해물을 여과하여 뜨거운 증류수로 수회 세척한 후 다시 에탄올로 씻어내고 130°C 건조기에서 2시간 건조시켰다. 데시케이터에서 식힌 후 유리 도가니 속의 침전물의 무게를 잰 후 515°C에서 30분 동안 회화시키고, 다시 데시케이터에서 식힌 후 회분량을 측정하여 침전물의 무게에서 회분량을 빼 조섬유의 함량을 구하였다.

섬유질 함량의 표현방법

시료의 섬유질 함량은 건조물 기준으로 표현하였으며 다음과 같이 구하였다.

$$\text{건조물 기준 섬유질 함량 (\%)} = \text{건조시료의 섬유질 함량 (\%)} \times 100 / [100 - \text{건조시료의 수분함량 (\%)}]$$

각 시료의 섬유질 함량은 3반복 실험하여 평균값 및 표준편차로 나타내었다.

통계분석

감태, 곰피 및 다시마의 연령별 실험결과와 유의성 분석은 Student's t-test, 업체부위별 실험결과와 유의성 분석은 Kruskal-Wallis test (비모수 검정)으로 평균간의 유의차를 검정하였다.

결과 및 고찰

식이섬유 함량

감태, 곰피 및 다시마의 연령별 (1, 2년생), 업체부위별 (엽상부, 줄기부 및 부착기부) 수용성 식이섬유 (SDF)와 불용성 식이섬유 (IDF)의 총 식이섬유 함량 (TDF)은 Table 1과 같다.

1년생의 경우 부위별 SDF 함량은 다시마의 엽상부, 줄기부와 부착기부에서 각각 8.6±0.3%, 10.1±0.4%, 10.5±0.6%로 감태와 곰피의 SDF 함량보다 높게 나타났으며, IDF 함량은 감태의 엽상부, 줄기부 및 부착기부에서 각각 34.3±0.5%, 39.6±0.7%, 41.4±0.6%로 곰피와 다시마의 IDF 함량보다 월등히 높았다. 부위별 TDF 함량은 감태의 경우 42.4±0.7~48.5±0.6% 범위로 곰피와 다시마의 30.2±0.6~36.1±0.7% 보다 상당히 높게 나타났다. 부위별 SDF 함량은 감태와 곰피의 경우 엽상부에서 각각 8.1±0.6%, 8.1±0.4%로 다시마의 8.6±0.3% 보다 낮았다. IDF 함량은 감태, 곰피 및 다시마 모두 부착기부에서 각각 41.4±0.6%, 29.6±0.5%, 23.7±0.4%로 높았으며, 엽상부에서 각각 34.3±0.5%, 25.1±0.7%, 21.6±0.4%로 낮게 나타났다. TDF 함량은 SDF 함량과 IDF 함량과 비슷한 경향으로 감태, 곰피 및 다시마에서 부착기부의 TDF 함량이 높았으며, 엽상부의 TDF 함량은 낮았다.

2년생의 경우 부위별 SDF 함량은 감태와 곰피의 경우 엽상부에서 각각 8.4±0.4%, 8.1±0.5%로 다시마의 10.2±0.5% 보다 낮았으며, 부위별 IDF 함량은 감태와 곰피의 경우 부착기부에서 각각 44.5±0.7%, 30.8±0.7%로 다시마의 24.8±0.6% 보다 월등히 높았다. 부위별 TDF 함량은 감태의 경우 43.1±0.6~50.2±0.5% 범위로 곰피와 다시마의 32.9±0.7~38.4±0.6% 보다 상당히 높게 나타났다. TDF 함량은 엽상부 보다 부착기부에서 다소 높았으며, SDF 함량과 IDF 함량은 감태, 곰피 및 다시마 모두에서 1년생의 것보다 다소 증가되어 전체적으로 TDF 함량이 높아지는 경향을 보였다.

본 연구에서 분석된 3종의 대형 갈조류의 식이섬유 함량은 감태 42.4±0.7~50.2±0.5%, 곰피 33.2±0.5~38.4±0.6% 및 다시마 30.2±0.6~35.6±0.7%로 Christine et al. (2007)에 의해 분석된 다시마의 식이섬유 함량인 36g/100g semi-dry weight와 비슷하였으나, 미역의 45g/100g semi-dry weight와 모자반과인 톳의 62.3g/100g semi-dry weight 보다는 상대적으로 적은 것으로 나타났으나, 과일 9.4~28.8% (Lee and Lee, 1993)와 채소류의 26.0~35.7% (Lee and Lee, 1993) 및 8.2~12.4% (Kim et al., 1993) 보다는 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 일반적으로 양질의 식이섬유란 총 식이섬유 함량에 대한 수용성 식이섬유의 비율이 높은 것을 뜻하는데 (Stockton et al., 1980), 본 실험에서 분석된 다시마과 대형 갈조류의 총 식이섬유에 대한 수용성 식이섬유의 평균 함량비율은 19~31%로 채소류와 과일류의 29.9~32.5% (Park et al., 1996)에 상응하는 높은 값을 나타냈다. 이는 다시마과 대형 갈조류는 총 식이섬유 함량도 높을 뿐만 아니라 총 식이섬유 함량에 대한 수용성 식이섬유의 함량 비율도 높은 양질의 식이섬유원임을 보여주는 것이라 할 것이다.

갈조류의 식이섬유 함량에 대한 연구 (Christine et al., 2007; Wang et al., 2001; Do et al., 1997)는 주로 식용해조를 대상으로 한 식이섬유의 함량 분석이었으나, 본 연구는 해조류의 가식부와 비가식부를 포함한 업체 전체를 대상으로 한 업체 부위별 식이섬유의 함량뿐만 아니라 다년생 해조류의 연령별 식이섬유 함량을 분석함으로써 해조류의 업체 부위별 및 연령별

Table 1. The contents of soluble dietary fiber (SDF), insoluble dietary fiber (IDF) and total dietary fiber (TDF) in the blade, stipe, holdfast and age of three brown algae

Species	Moisture (%)	Dietary fiber (% dry weight)		
		SDF	IDF	TDF
<i>Ecklonia cava</i> (1 year old)				
Blade	13.2±1.1	8.1±0.6	34.3±0.5	42.4±0.7
Stipe	14.4±1.7	5.6±0.4	39.6±0.7	45.2±0.5
Holdfast	15.2±1.4	5.4±0.5	41.4±0.6	48.5±0.6
<i>E. cava</i> (2 years old)				
Blade	13.6±1.7	8.4±0.4	34.7±0.7	43.1±0.6
Stipe	14.5±1.9	5.8±0.5	41.8±0.5	47.4±0.6
Holdfast	15.9±2.1	5.7±0.6	44.5±0.7	50.2±0.5
<i>Ecklonia stolonifera</i> (1 year old)				
Blade	12.7±1.3	8.1±0.4	25.1±0.7	33.2±0.5
Stipe	13.1±1.4	7.8±0.5	27.5±0.6	35.3±0.6
Holdfast	15.0±1.6	6.5±0.7	29.6±0.5	36.1±0.7
<i>E. stolonifera</i> (2 years old)				
Blade	12.9±1.5	8.1±0.5	25.4±0.6	33.5±0.6
Stipe	13.4±1.6	8.1±0.6	28.1±0.5	36.2±0.5
Holdfast	14.5±1.8	7.6±0.6	30.8±0.7	38.4±0.6
<i>Laminaria japonica</i> (1 year old)				
Blade	9.5±1.2	8.6±0.3	21.6±0.4	30.2±0.6
Stipe	11.2±1.3	10.1±0.4	23.4±0.5	33.5±0.4
Holdfast	12.7±1.4	10.5±0.6	23.7±0.4	34.2±0.5
<i>L. japonica</i> (2 years old)				
Blade	9.8±1.5	10.2±0.5	22.7±0.5	32.9±0.7
Stipe	10.3±1.2	10.6±0.6	24.3±0.7	34.9±0.5
Holdfast	11.6±1.3	10.8±0.5	24.8±0.6	35.6±0.7

Table 2. The contents of crude fiber (CF) and ratio of total dietary fiber (TDF) and crude fiber (CF) in the blade, stipe, holdfast and age of three brown algae

Species	Moisture (%)	CF (% dry weight)	TDF/CF ratio
<i>Ecklonia cava</i> (1 year old)			
Blade	13.2±1.1	4.5±0.4	9.4
Stipe	14.4±1.7	5.8±0.6	7.8
Holdfast	15.2±1.4	6.4±0.5	7.6
<i>E. cava</i> (2 years old)			
Blade	13.6±1.7	4.9±0.5	8.8
Stipe	14.5±1.9	6.2±0.5	7.6
Holdfast	15.9±2.1	6.8±0.7	7.4
<i>Ecklonia stolonifera</i> (1 year old)			
Blade	12.7±1.3	4.2±0.6	7.9
Stipe	13.1±1.4	4.4±0.3	8.0
Holdfast	15.0±1.6	6.3±0.5	5.8
<i>E. stolonifera</i> (2 years old)			
Blade	12.9±1.5	4.6±0.7	7.3
Stipe	13.4±1.6	5.1±0.5	7.1
Holdfast	14.5±1.8	6.6±0.6	5.8
<i>Laminaria japonica</i> (1 year old)			
Blade	9.5±1.2	3.9±0.4	7.7
Stipe	11.2±1.3	4.3±0.5	7.8
Holdfast	12.7±1.4	6.1±0.4	5.6
<i>L. japonica</i> (2 years old)			
Blade	9.8±1.5	4.3±0.6	7.7
Stipe	10.3±1.2	4.9±0.6	7.1
Holdfast	11.6±1.3	6.4±0.7	5.6

활용도를 제고하는데 유용할 것으로 판단된다. 실제로 본 연구의 결과에서도 감태, 곰피 및 다시마의 식이섬유 총 함량은

엽체 부위별로 부착기부 > 줄기부 > 엽상부 순으로 많은 경향을 보였으며, 양성 기간에 따라서는 양성 기간이 짧은 12개월 (1년생)의 엽상체 보다 양성 기간이 긴 24개월 (2년생)의 엽상체에서 높은 것으로 나타났다. 이와 같은 사실은 해조류의 식이섬유 함량이 엽체의 부위별 또는 양성 기간에 따라서도 차이를 나타낼 수 있다는 것을 시사한다 하겠다.

Kim et al. (1995)과 Yoshie-Stark (2001)의 연구에 따르면 해조류의 식이섬유 함량이 산지별 또는 채취시기별로 변동을 보였다고 보고한 바 있다. 이와 같은 결과와 본 연구의 엽체 부위별 및 양성 기간별 식이섬유의 함량 차이를 직접적으로 비교할 수는 없지만, 해조류의 식이섬유 함량은 서식환경 조건, 생육 단계, 엽상체의 형태 (분화된 형태 및 조직), 생육 기간에 따라 동일종 일지라도 차이를 보일 수 있는 것으로 여겨진다. 즉, 세분화된 다양한 요소들에 대한 해조류의 유효 성분의 함량 변화에 관한 보다 구체적인 정보는 효율적인 해조 자원의 이용을 도모하는데 매우 유용할 것으로 보인다.

조섬유 함량

감태, 곰피 및 다시마의 연령별 (1, 2년생), 엽체 부위별 (엽상부, 줄기부 및 부착기부) 조섬유 (CF)와 총 식이섬유 함량 (TDF)과 CF 함량의 비는 Table 2와 같다.

1년생의 경우 부위별 CF 함량은 감태 4.5±0.4~6.4±0.5%, 곰피 4.2±0.6~6.3±0.5%, 다시마 3.9±0.4~6.1±0.4%의 범위로 감태, 곰피, 다시마 순이었으며, 감태의 엽상부, 줄기부와 부착기부에서 CF 함량은 각각 4.5±0.4%, 5.8±0.6%, 6.4±0.5%로 곰피와 다시마의 CF 함량보다 높게 나타났다. TDF 함량과

CF 함량의 비는 감태에서 7.6~9.4%로 곰피와 다시마의 5.6~8.0% 보다 높게 나타났으며, 엽체 부위별 TDF 함량과 CF 함량의 비는 감태의 경우 엽상부에서 9.4%로 가장 높았으며, 부착기부에서 7.6%으로 가장 낮았다. 곰피와 다시마의 경우 TDF 함량과 CF 함량의 비는 줄기부가 높게 나타났으며, 부착기부가 다소 낮게 나타났다.

2년생의 경우 부위별 CF 함량은 감태 4.9±0.5~6.8±0.7%, 곰피 4.6±0.7~6.6±0.6%, 다시마 4.3±0.6~6.4±0.7%의 범위로 1년생의 CF 함량 보다 다소 높은 것으로 나타났으며, CF 함량은 감태, 곰피, 다시마 순으로 1년생과 동일한 양상이었다. 엽체 부위별 CF 함량은 감태, 곰피 및 다시마의 부착기부에서 각각 6.8±0.7%, 6.6±0.6% 및 6.4±0.7%로 엽상부의 4.9±0.5%, 4.6±0.7% 및 4.3±0.6% 보다 높게 나타났다. 이와 같은 경향은 1년생의 엽체 부위별 CF 함량과 비슷한 것이었다. TDF 함량과 CF 함량의 비는 감태의 경우 7.4~8.8%, 곰피의 경우 5.8~7.3%, 다시마의 경우 5.6~7.7%로 1년생의 것들 보다 약간 낮아지는 경향을 보였으며, 엽상부에서 가장 높았으며, 부착기부에서 가장 낮았다.

본 연구에서 얻어진 3종의 갈조류의 조섬유 함량은 감태 4.5±0.4~6.8±0.7%, 곰피 4.2±0.6~6.6±0.6% 및 다시마 3.9±0.6~6.4±0.7%로 Sara et al. (2007)에 의해 분석된 *L. digitata*의 7.7±1.6% 보다는 다소 적었으나, 과일 0.10~0.79% (Lee and Lee, 1993)와 채소류의 0.35~2.61% (Lee and Lee, 1993) 및 0.15~0.82% (Hwang et al., 1996)에 비하여 매우 높은 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 조섬유의 함량이 식품의 종류 또는 해조류의 종뿐만 아니라 동일종일지라도 엽체의 부위 및 양생 기간에 따라 차이를 보일 수 있다 하겠다. 또한 본 연구에서 대형 갈조류의 총 식이섬유에 대한 조섬유의 평균 함량비율은 5.6~9.4%로 Lee et al. (1996)의 3.5~8.9%, Hwang et al. (1996)의 과일류 0.35~8.4%보다 높게 나타났다. 이상의 결과는 대형 갈조류가 총 식이섬유 함량도 높을 뿐만 아니라 총 식이섬유 함량에 대한 조섬유의 비율도 높은 양질의 식이섬유원이라 할 수 있을 것이다.

갈조류의 조섬유 함량에 대한 연구 (Sara et al., 2007; Kim et al., 1993)는 주로 가식부를 대상으로 한 조섬유의 함량 분석이었으나, 본 연구는 해조류의 가식부와 비가식부를 포함한 엽체 전체를 대상으로 한 엽체 부위별 조섬유의 함량뿐만 아니라 연령별 조섬유 함량을 분석함으로써 대형 갈조류의 부위별 및 연령별 활용도를 제고하는데 도움이 될 수 있도록 하였다. 즉, 본 연구의 결과는 해조류의 식이섬유원과 같은 기능성 식품 소재로서 활용성을 극대화시키는데 기여할 것으로 생각된다.

본 실험에서 얻어진 해조류의 연령별 및 엽체 부위별 식이섬유 함량과의 관계를 다중비교한 결과는 종별, 연령별 및 엽체 부위별로 차이를 나타내었다 (Table 3과 4). 감태의 연령별 식이섬유 함량은 엽체 부위별로 유의한 차이를 보이지 않았으며, 곰피는 엽상부를 제외한 주지와 포복지 부분에서만 엽체 부위별 차이를 나타냈고, 다시마는 엽체 부위별 유의한 차이를 나타내었다 (Table 3). 또한 감태, 곰피 및 다시마의

엽체 부위별 식이섬유 함량을 연령별로 다중비교한 결과, 3종 모두 연령별로 엽체 부위별 식이섬유의 함량이 유의한 차이를 나타내었다 (Table 4). 즉, 다시마과 대형 갈조 3종의 식이섬유 함량은 연령에 따른 함량변화 보다 엽체 부위별 함량차이가 큰 것으로 분석되었다. 이와 같은 결과는 해조류로부터 특정 유효성분을 얻고자할 때, 그 효율성을 극대화하기 위해선 이용대상 해조류의 연령 및 엽체 부위별 차이가 고려되어야 한다는 것을 시사한다 하겠다.

Table 3. A multiple comparison for differences in mean value of soluble dietary fiber (SDF), insoluble dietary fiber (IDF), total dietary fiber (TDF) and crude fiber (CF) of different thallus regions between 1 year old and 2 years old *Ecklonia cava*, *E. stolonifera* and *Laminaria japonica*

Species / Thallus region	SDF	IDF	TDF	CF	
<i>Ecklonia cava</i>	Blade	ns	ns	ns	ns
	Stipe	ns	ns	ns	ns
	Holdfast	ns	*	ns	ns
<i>Ecklonia stolonifera</i>	Blade	ns	ns	ns	ns
	Stipe	ns	ns	*	*
	Holdfast	***	ns	**	ns
<i>Laminaria japonica</i>	Blade	**	*	*	ns
	Stipe	ns	**	**	ns
	Holdfast	ns	**	**	ns

*, $P < 0.05$; **, $P < 0.01$; *** $P < 0.001$; ns, not significant.

Table 4. A multiple comparison for differences in mean value of soluble dietary fiber (SDF), insoluble dietary fiber (IDF), total dietary fiber (TDF) and crude fiber (CF) between different thallus regions (blade, stipe and holdfast) in the *Ecklonia cava*, *E. stolonifera* and *Laminaria japonica*

Species	SDF	IDF	TDF	CF
<i>Ecklonia cava</i> (1 year old)	*	*	*	*
<i>E. cava</i> (2 years old)	ns	*	*	*
<i>Ecklonia stolonifera</i> (1 year old)	*	*	*	*
<i>E. stolonifera</i> (2 years old)	ns	*	*	*
<i>Laminaria japonica</i> (1 year old)	*	*	*	*
<i>L. japonica</i> (2 years old)	*	*	*	*

*, $P < 0.05$; ns, not significant.

사 사

본 연구는 농림수산식품부 수산특정연구과제 ‘갈조류 곰피의 대량양식기술개발 (F10600207A210000100)’ 연구비 지원에 의하여 수행되었음.

참 고 문 헌

- Anderson, J-W. 1988. Dietary fiber content of selected foods. *Am. J. Clin. Nutr.*, 47, 440-447.
 AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15th ed., Association of official analytical chemists, Washington, D.C., p.80.
 Christine, D., S. Rainer and J. Gerhard. 2007. Amino

- acids, fatty acids, and dietary fibre in edible seaweed products. *Food Chem.*, 103, 891-899.
- Do, J-R, E-M, Kim, J-G, Koo and K-S, Jo. 1997. Dietary fiber contents of marine algae and extraction condition of the fiber. *J. Korean Fish. Soc.*, 30, 291-296.
- Hwang, S-H, J-I, Kim and C-J, Sung. 1996. Analysis of dietary fiber content of some vegetables, mushrooms, fruits and seaweeds. *Korean J. Nutr.*, 29, 89-96.
- Kim, E-H, Y-S, Maeng and S-J, Woo. 1993. Dietary fiber contents in some vegetables and seaweeds. *Korean J. Nutr.*, 26, 196-201.
- 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, 270-278.
- Lee, D-S, C-K, Lee and Y-S, Jang. 1996. Dietary fiber content of seaweeds in Korea. *Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency*, 52, 99-106.
- Lee, K-S and S-R, Lee. 1993. Analysis of dietary fiber content in Korean vegetable foods. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 25, 225-231.
- Lund, E.D. and J.M. Smoot. 1982. Dietary fiber content of some tropical fruits and vegetables. *J. Agric. Food. Chem.*, 30, 1123-1127.
- Park, K-Y, J-O, Ha and S-H, Rhee. 1996. A study on the contents of dietary fibers and crude fiber in kimchi ingredients and kimchi. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, 25, 69-75.
- Prosky, L., N-G. Asp, I. Furda, J.W. DeVries, T.F. Schweizer and B.F. Harland 1984. Determination of total dietary fiber in foods, food products, and total diets: Interlaboratory study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 67, 1044-1052.
- Prosky, L., N-G. Asp, T.F. Schweizer, J.W. DeVries and I. Furda. 1988. Determination of insoluble, soluble and total dietary fiber in foods and food products: Interlaboratory study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 77, 1017-1023.
- Rasper, V.F. 1979. Chemical and physical properties of dietary cereal fiber. *Food Tech.*, 33, 40-44.
- Sara, M., W.S. Graham and L.T. Michelle 2007. Comparison of nutritive chemistry of a range of temperate seaweeds. *Food Chem.*, 100, 1331- 1336.
- Schneeman, B.O. and J. Tietzen. 1994. Dietary fiber. In: *Modern Nutrition in Health and Disease*. Hills, M.E., J.A. Olson and M. Shike, eds. Lea and Febiger. Baltimore, MD.
- Spiller, R.C. 1994. Pharmacology of dietary fiber. *Pharmacol. Ther.*, 62, 407-427.
- Stockton, B., L.V. Evans, E.R. Morris, D.A. Powell and D.A. Rees. 1980. Alginate block structure in *Laminaria digitata*: Implications for holdfast attachment. *Bot. Mar.*, 23, 563-567.
- Wang, W., M. Onnagawa, Y. Yoshie and T. Suzuki. 2001. Binding of bile salts to soluble and insoluble dietary fibers of seaweeds. *Fish. Sci.*, 67, 1169- 1173.
- Yoo, Y-C, W-J Kim, S-Y Kim, S-M Kim, M-K Chung, J-W Park, H-H Suh, K-B Lee and Y-I Park. 2007. Immunomodulating activity of a fucoidan isolated from Korean *Undaria pinnatifida* sporophyll. *Algae*, 22, 333-338.
- Yoshie, Y., T. Suzuki, T. Shirai and T. Hirano. 1997. Analytical procedure and distribution of soluble and insoluble dietary fibers in seaweed foods. *J. Tokyo Univ. Fish.*, 83, 1-12.
- Yoshie-Stark, Y. 2001. Studies on the dietary fibers in seaweed from the stand point of food and nutrition. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 67, 619-622.

2009년 2월 10일 접수

2009년 7월 28일 수정

2009년 8월 17일 수리