

사료내 김(*Porphyra*)과 다시마(*Laminaria japonica*) 첨가가 조피볼락(*Sebastes schlegeli*) 치어의 성장, 사료 이용성, 체조성 및 혈액 성상에 미치는 영향

전규호 · 조성환* · 이상민¹ · 남택정² · 김동수³

한국해양대학교 해양환경생명과학부, ¹강릉원주대학교 해양생물공학과, ²부경대학교 식품영양학과, ³부경대학교 해양바이오신소재학과

Effects of the Dietary Inclusion of *Porphyra* and Sea Tangle *Laminaria japonica* on the Growth, Feed Utilization, Body Composition, and Plasma Chemistry of Juvenile Korean Rockfish *Sebastes schlegeli*

Gyu Ho Jeon, Sung Hwoan Cho*, Sang Min Lee¹, Taek Jeong Nam² and Dong Soo Kim³

Division of Marine Environment and BioScience, Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

¹Department of Marine Bioscience and Technology, Gangneung-Wonju National University, Gangneung 210-702, Korea

²Department of Food Science and Nutrition, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

³Department of Marine Bio-materials and Aquaculture, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

This study examined the effects of the dietary inclusion of *Porphyra* and sea tangle *Laminaria japonica* on the growth, feed utilization, body composition, and plasma chemistry of juvenile Korean rockfish *Sebastes schlegeli*. Eight hundred and forty juvenile fish averaging 5.0 g were allocated 40 fish per tank to 21 180-L flow-through tanks. Seven experimental diets were prepared: control (Con) without additive, 0.5 and 1% *Porphyra* extract (PE), 3% *Porphyra* powder (PP), 0.5 and 1% sea tangle extract (STE) and 3% sea tangle powder (STP), referred to as PE-0.5, PE-1, PP-3, STE-0.5, STE-1, and STP-3, respectively. Each additive was included in the experimental diet at the expense of the same amount of wheat flour. Each experimental diet was fed to triplicate groups of fish. The experimental diets had no effect on the survival, weight gain or specific growth rate of the fish, feed consumption, feed efficiency ratio, protein efficiency ratio, protein retention, hepatosomatic index, condition factor, moisture or crude protein content of the entire body excluding the liver or moisture, crude protein or crude lipid content of the liver. None of the plasma parameters were affected by the experimental diets. Based on these results, the dietary inclusion of *Porphyra* and sea tangle did not affect the growth, feed utilization, body composition or plasma chemistry of juvenile Korean rockfish.

Key words: Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*), *Porphyra* extract (PE) and powder (PP), Sea tangle (*Laminaria japonica*) extract (STE) and powder (STP), Additive

서론

양식어류의 생산성 향상과 어체의 품질 또는 면역성 향상을 위한 다양한 사료첨가제가 개발되고 있으나 이들 사료첨가제의 효과는 어종, 사료 조성, 첨가제 형태(추출 방법), 첨가제 농도 또는 사육실험 조건 등에 따라서 다르게 나타난다(Lindsay et al. 1984; Shiau and Yu 1999; Park et al. 2003; An et al. 2012). 최근 해산 어류용 사료첨가제로서 한약제(Kim et al. 1998, 2000), *Chlorella* (Bai et al. 2001; Kim et al. 2002), 양파(Cho et al. 2011), glucan (Kim et al. 2006) 또는 목초액(Lee et al.

2008) 등의 효과에 관한 다양한 연구가 수행된 바 있다.

조피볼락은 넙치와 더불어 국내 어류양식을 대표하는 중요한 양식대상어종으로서 2012년 조피볼락 양식생산량은 222,351 톤에 이르지만(KOSIS 2013) 연중 양식에서 빈번하게 발생하는 질병의 발생이나 사육환경의 급변화에 따른 양식어류들의 대량폐사가 지속적으로 발생하고 있기 때문에 이러한 대량폐사를 줄이기 위한 다양한 사료첨가제의 개발은 지속적으로 필요하다.

해조류, 특히 김(*Porphyra*) polysaccharides의 항산화 효과(Zhang et al. 2003, 2004), cholesterol 혈중 감소(Hong et al.

Article history;

Received 14 May 2013; Revised 19 July 2013; Accepted 5 September 2013

*Corresponding author: Tel: +82. 51. 410. 4755 Fax: +82. 51. 404. 4750

E-mail address: chosunh@kmou.ac.kr

Kor J Fish Aquat Sci 46(5) 546-551, October 2013

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2013.0546>

pISSN:0374-8111, eISSN:2287-8815

© The Korean Society of Fisheries and Aquatic Science. All rights reserved

1998; Jung et al. 2001)와 항발암 효과(Shin and Bae 2005) 등이 알려져 있으며, 다시마(*Laminaria japonica*) fucoidans의 항산화 효과(Xue et al. 2001; Wang et al. 2008), 항종양 효과(Ozawa et al. 2006) 및 항혈전 효과(Xie et al. 2011) 등이 알려져 있으며 이들 해조류도 사료첨가제로서 개발 가능성이 높다. 사료 첨가제로서 김은 감성돔(*Acanthopagrus schlegelii*)에서 사료 이용성 향상(Khan et al. 2008)과 참돔(*Pagrus major*)에서 성장과 사료이용성 향상(Kalla et al. 2008) 및 대서양 대구(*Gadus morhua*)에서 어분대체원으로서의 이용 가능성(Walker et al. 2009)에 대한 연구가 보고된 바 있다. 그러나 넙치 사료내 김 분말 첨가는 서로 상이한 연구 결과(Seo et al. 2009a, 2009b)를 나타낸 바 있다. 기타 해조류로는 미역의 조피볼락(Yi and Chang 1994)과 넙치(Park et al. 2003)에서의 이용성, 톳과 감태의 넙치(Kim et al. 2009)에서의 이용성 및 미역의 감성돔(Nakagawa et al. 1987)에서의 이용 가능성에 대한 연구가 수행된 바 있다.

본 연구에서는 김과 다시마 추출물과 분말 첨가가 조피볼락 치어의 성장, 사료이용성, 체조성 및 혈액성상학적 변화에 미치는 영향을 조사 하였다.

재료 및 방법

실험어 준비 및 사육 방법

실험어는 일정한 크기의 조피볼락 치어를 경남 남해에 위치한 개인양어장에서 구입하여 운반하였으며, 사육실험을 시작하기 전에 1주간 사육환경에 적응시킨 후 실험어로 이용하였다. 적응 기간 동안에는 상업용 부상사료(수협사료: 조단백질 함량 52%, 조지질 함량 7%)를 1일 2회 공급해 주었다. 실험에는 총 840마리를 이용하였으며, 40마리의 치어(시작시 평균 무게±SD: 5.0 ± 0.01 g)를 21개의 180 L 원형 유수식 FRP수조(수량: 150 L)에 무작위로 각각 분산 수용하였으며, 이때 수조당 환수량은 5.8 L/min이었다. 실험기간 동안 사육수온은 16.4-23.4℃ 범위(평균수온±SD: 21.1±1.96℃)이었다.

김 및 다시마 추출물 준비

김 추출물은 건조 김 분말 40 kg을 대용량 추출용기에 넣고 증류수 1톤에 침지한 후 실온에서 3시간 동안 교반하면서 추출한 다음, 여과하여 상층액을 취해 3배 부피의 에탄올을 첨가하고 침전된 물질을 여과기로 제거한 뒤 여액을 취해 감압 농축하였다. 완전히 농축하여 에탄올과 수분을 제거한 시료에 다시 증류수를 첨가하여 용해시킨 다음 이를 김 추출물로 사용하였다.

다시마 추출물은 건조 다시마 분말 600 g을 대용량 추출용기에 넣고 증류수 15 L에 침지하였다. 실온에서 6시간 동안 교반하면서 추출한 다음, 5,000 rpm 4℃에서 20분간 원심분리하여 상층액을 취해 3배 부피의 에탄올을 첨가하고 침전된 물질을 부호너 깔대기로 제거한 뒤 여액을 취해 감압 농축하였다. 완전히

Table 1. Ingredient and chemical composition (% DM basis) of the experimental diets

Ingredient (%)	Experimental diets						
	Con	PE-0.5	PE-1	PP-3	STE-0.5	STE-1	STP-3
Fishmeal	56	56	56	56	56	56	56
Dehulled soybean meal	7	7	7	7	7	7	7
Wheat flour	27.5	27	26.5	24.5	27	26.5	24.5
Squid liver oil	3	3	3	3	3	3	3
Soybean oil	2	2	2	2	2	2	2
Choline	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Vitamin premix ¹	2	2	2	2	2	2	2
Mineral premix ²	2	2	2	2	2	2	2
<i>Porphyra</i> extract	0	0.5	1	0	0	0	0
<i>Porphyra</i> powder	0	0	0	3	0	0	0
Sea tangle extract	0	0	0	0	0.5	1	0
Sea tangle powder	0	0	0	0	0	0	3
Nutrients (%)							
Dry matter	93.3	93.4	93.2	93.4	93.3	93.3	93.4
Crude protein	46.9	46.9	47.0	47.1	47.0	46.9	47.0
Crude lipid	10.4	10.4	10.1	10.0	10.3	10.1	10.3
Ash	15.8	15.7	16.3	16.2	15.8	16.5	16.4

¹Vitamin premix and ²Mineral premix were the same as Cho et al. (2011).

농축하여 에탄올과 수분을 제거한 시료에 다시 증류수를 첨가하여 용해시킨 다음 이를 다시마 추출물로 사용하였다.

실험사료 준비

실험에 이용된 실험사료는 총 7종류의 실험사료[대조구(Con)-무첨가구, 김 추출물 0.5% 첨가 사료(PE-0.5), 김 추출물 1% 첨가 사료(PE-1), 김 분말 3% 첨가 사료(PP-3), 다시마 추출물 0.5% 첨가 사료(STE-0.5), 다시마 추출물 1% 첨가 사료(STE-1), 다시마 분말 3% 첨가 사료(STP-3)]를 준비하였으며(Table 1), 각 실험구는 3 반복구를 두었다. 김과 다시마의 추출물과 분말은 동일한 양의 소맥분 대신에 첨가해 주었다. 실험사료는 어분과 대두박을 주요 단백질원으로 이용하였으며, 소맥분을 탄수화물 및 오징어간유와 대두유를 지질원으로 각각 이용하였다. 실험사료 원료는 3:1의 비율로 물과 섞어 펠릿제조기를 이용하여 실험사료를 제조하였다. 제조한 실험사료는 실온에서 건조시킨 후 -20℃ 냉동고에 보관하면서 필요시 마다 소량씩 사용하였다. 모든 실험어는 1주일에 7일간 1일 2회(07:00, 17:00)씩 매일 손으로 만복시까지 사료를 공급하여 주었으며, 사육실험 기간은 총 8주간이었다.

일반성분 분석

일반성분 분석을 위하여 8주간의 사육실험 종료 후 생존한 조

Table 2. Survival (%), weight gain (g/fish) and specific growth rate (SGR) of Korean rockfish *Sebastes schlegeli* fed the experimental diets containing *Porphyra* extract (PE) and powder (PP), and sea tangle *Laminaria japonica* extract (STE) and powder (STP) for 8 weeks

Experimental diets	Initial weight (g/fish)	Final weight (g/fish)	Survival (%)	Weight gain (g/fish)	SGR ¹
Con	5.01±0.01	23.81±0.52	97.5±2.50	18.8±0.52	2.94±0.04
PE-0.5	5.01±0.01	24.21±0.92	96.7±1.44	19.2±0.90	2.97±0.07
PE-1	4.99±0.01	23.74±1.04	96.7±2.89	18.8±1.02	2.94±0.08
PP-3	5.02±0.01	24.39±0.50	96.7±2.89	19.4±0.51	2.98±0.04
STE-0.5	4.99±0.01	23.52±0.56	95.8±1.44	18.5±0.57	2.92±0.05
STE-1	5.01±0.01	24.00±0.65	95.8±3.82	19.0±0.64	2.96±0.05
STP-3	4.99±0.01	23.68±0.51	99.2±1.44	18.7±0.53	2.94±0.05
<i>Probability</i>			<i>P</i> >0.7	<i>P</i> >0.7	<i>P</i> >0.8

Values (means of triplicates ± SE) in the same column sharing the same superscript letter are not significantly different (*P*>0.05)

¹SGR = (Ln final weight of fish - Ln initial weight of fish)×100/days of feeding trial.

피볼락을 각 실험구에서 5마리씩 무작위로 샘플하여 전장과 무게를 측정하여 비만도(Condition factor, CF)를 계산하였으며, 간을 분리한 후 무게를 측정하여 간체장지수(Hepatosomatic index, HSI)를 계산하였다. 또한 각 실험구에서 3마리를 무작위로 샘플하여 전어체의 일반성분분석을 AOAC 표준방법(1990)에 따라 분석하였다. 조단백질은 Kjeldahl method으로 조지방은 ether-extraction method으로 분석하였으며, 조회분은 550℃의 회화로에서 4시간 동안 태운 후 정량하였고, 수분은 105℃에서 24시간 동안 건조시킨 후 측정하였다.

혈액성상학적 분석

8주간의 사육실험 종료 후 각 실험구에서 생존한 조피볼락을 무작위로 5마리씩 추출하여 미부정맥에서 채혈하여 3000 rpm에서 10분간 원심분리하여 혈장을 분리하였다. 실험어는 채혈 전 24시간 동안 절식시켰다. 분리된 혈청은 -70℃의 냉동고에 보관하여 분석에 사용하였으며, total protein, glucose, glutamate oxaloacetate transaminase (GOT), glutamate pyruvate transaminase (GPT), cholesterol, triglyceride는 자동혈액

분석기(Vitros DT60 II, Vitros DTE II, DTSC II Chemistry System, Johnson and Johnson Clinical Diagnostics Inc., New York, USA)로 분석하였다. 또한 혈액중의 IGF (Insulin-like growth factor)-1 activity의 측정하기 위해 Human IGF-1 EIA kit (Kombiotech, Korea)를 사용하여 분광광도계(Ultraspac 2001 pro. Amersham Pharmacia Biotech, England)로 450 nm에서 흡광도를 측정하였다.

통계 분석

One-way ANOVA와 Duncan's multiple range test (Duncan 1955)로서 SAS version 9.2 program (SAS Institute, Cary, NC, USA)을 이용하여 각 실험구간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 논의

8주간의 사육실험 결과 조피볼락 유어의 생존율, 어체중 증가 (Weight gain) 및 일일성장율(Specific growth rate, SGR)은 모든 실험구간에 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, 본 실험에

Table 3. Feed consumption (g/fish), feed efficiency ratio (FER), protein efficiency ratio (PER), protein retention (PR), hepatosomatic index (HSI) and condition factor (CF) of Korean rockfish *Sebastes schlegeli* fed the experimental diets containing *Porphyra* extract (PE) and powder (PP), and sea tangle *Laminaria japonica* extract (STE) and powder (STP) for 8 weeks

Experimental diets	Feed consumption (g/fish)	FER ¹	PER ²	PR ³	HSI ⁴	CF ⁵
Con	21.3 ± 0.65	0.88 ± 0.01	1.89 ± 0.02	27.96 ± 0.21	3.69 ± 0.26	1.65 ± 0.03
PE-0.5	21.6 ± 0.84	0.89 ± 0.01	1.90 ± 0.02	27.76 ± 0.56	3.98 ± 0.52	1.63 ± 0.02
PE-1	21.0 ± 1.20	0.89 ± 0.00	1.90 ± 0.01	29.67 ± 1.81	3.75 ± 0.16	1.60 ± 0.05
PP-3	21.6 ± 0.76	0.90 ± 0.01	1.91 ± 0.02	28.94 ± 0.99	4.08 ± 0.44	1.61 ± 0.06
STE-0.5	20.8 ± 0.62	0.89 ± 0.00	1.89 ± 0.00	28.86 ± 1.17	4.01 ± 0.22	1.63 ± 0.03
STE-1	21.3 ± 0.64	0.89 ± 0.00	1.90 ± 0.01	28.42 ± 0.58	3.95 ± 0.39	1.64 ± 0.06
STP-3	21.1 ± 0.52	0.89 ± 0.00	1.89 ± 0.01	28.26 ± 0.19	3.78 ± 0.13	1.69 ± 0.01
<i>Probability</i>	<i>P</i> >0.8	<i>P</i> >0.2	<i>P</i> >0.5	<i>P</i> >0.2	<i>P</i> >0.8	<i>P</i> >0.2

Values (means of triplicates ± SE) in the same column sharing the same superscript letter are not significantly different (*P*>0.05)

¹Feed efficiency ratio (FER) = Weight gain of fish/feed consumed

²Protein efficiency ratio (PER) = Weight gain of fish/protein consumed

³Protein retention (PR) = Protein gain×100/protein consumed.

⁴Hepatosomatic index (HSI) = Liver weight×100/body weight.

⁵Condition factor (CF) = Body weight×100/total body length³

Table 4. Chemical composition (% wet weight basis) of the whole body excluding liver and liver of Korean rockfish *Sebastes schlegeli* at the end of the 8-week feeding trial

Experimental diets	Whole body excluding liver			
	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Ash
Con	71.7±1.91	15.2±0.06	8.1±0.72 ^{bc}	3.8±0.10 ^{ab}
PE-0.5	70.0±1.62	15.1±0.15	9.2±1.35 ^{ab}	4.0±0.12 ^a
PE-1	70.2±0.90	15.8±0.70	8.7±0.57 ^{abc}	4.0±0.15 ^a
PP-3	69.0±0.72	15.4±0.35	10.1±0.67 ^a	3.6±0.06 ^b
STE-0.5	71.0±2.32	15.5±0.46	7.7±0.56 ^c	4.1±0.15 ^a
STE-1	72.1±0.71	15.2±0.21	8.1±0.40 ^{bc}	4.1±0.17 ^a
STP-3	69.8±0.91	15.3±0.06	9.6±0.61 ^a	3.8±0.26 ^{ab}
<i>Probability</i>	<i>P</i> >0.4	<i>P</i> >0.2	<i>P</i> <0.02	<i>P</i> <0.02
	Liver			
	Moisture	Crude protein	Crude lipid	
Con	55.4±0.51	10.0±0.31	21.2±1.67	
PE-0.5	54.5±0.15	10.2±0.20	22.9±1.70	
PE-1	52.7±1.63	9.8±0.5	21.1±1.33	
PP-3	53.2±2.23	9.9±0.32	22.8±0.68	
STE-0.5	53.8±1.41	10.2±0.28	21.9±0.31	
STE-1	54.2±1.77	10.0±0.15	22.5±1.61	
STP-3	54.8±1.58	9.8±0.06	22.6±1.71	
<i>Probability</i>	<i>P</i> >0.3	<i>P</i> >0.2	<i>P</i> >0.5	

Values (means of triplicates ± SE) in the same column sharing the same superscript letter are not significantly different (*P*>0.05)

사용된 해조류의 형태(분말 또는 추출물) 및 첨가량에 따른 차이를 보이지 않았다(*P*>0.05) (Table 2). 본 실험 결과와 유사하게 사료내 1%의 김 분말 첨가는 넙치 치어의 성장에 영향을 미치지 않았으며(Seo et al. 2009a, 2009b), Park et al. (2003)의 연구에서도 사료내 미역 분말 5%와 10% 첨가는 넙치의 성장이나 사료 이용성 개선효과를 보이지 않았다. 그러나 An et al. (2012)은 사료내 미역 대신에 미역 추출물인 당단백질 0.5%나 1% 첨가시 넙치의 성장, 사료 이용성 및 면역성 향상을 증가시켜 미역과 같은 해조류 분말을 직접 사료원으로 공급하는 것 보다는 미역의 당단백질을 추출하여 사료에 첨가함으로써 어류가 섭취할 때 소화 및 흡수를 돕는 다양한 생리활성 물질이 어류의 성장과

사료효율을 개선시킬 수 있을 것으로 생각된다고 보고하였다.

조피볼락 유어의 사료섭취량(g/fish), 사료전환효율(Feed efficiency ratio, FER), 단백질전환효율(Protein efficiency ratio, PER), 단백질축적율(Protein retention, PR), 간체장지수(Hepatosomatic index, HSI)와 비만도(Condition factor, CF)는 8주 간의 사육실험 종료시 실험사료에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다(*P*>0.05) (Table 3). 본 연구와 유사하게 사료내 김 분말 1% 첨가시 넙치 치어의 사료 이용성에 따른 차이는 없는 것으로 나타났다(Seo et al. 2009a). 그러나 감성돔의 경우 사료내 3%까지의 김 분말 첨가시 성장 개선효과는 없었지만 사료 전환효율과 단백질전환효율의 개선 효과가 관찰되었다(Khan et al. 2008). 그리고 사료내 김 5% 첨가시 참돔의 성장 개선 효과뿐만 아니라 사료 이용성도 유의적으로 개선시켰다(Kalla et al. 2008). 또한 미역 대신에 미역 추출물인 당단백질을 사료첨가제로 공급시 넙치의 성장과 사료이용성이 유의적으로 향상되었다(An et al. 2012). 이상의 결과를 고려할 때 사료내 해조류 첨가시 어류의 성장이나 사료 이용성 등에 미치는 영향은 어종이나 첨가제 형태(추출 방법), 첨가제 농도, 사료 조성 또는 사육 실험 조건 등에 따라서 크게 다르게 나타나는 것으로 판단된다.

조피볼락의 간을 제외한 전어체와 간의 일반성분분석 결과 전어체의 수분과 조단백질 함량 및 간의 수분, 조단백질 및 조지질 함량은 실험사료에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다(*P*>0.05). 그러나 전어체의 조지질 함량은 김 분말 3% 첨가(PP-3)와 다시마분말 3% 첨가(STP-3)한 사료를 공급한 실험구에서 대조구(Con), 다시마 추출물 0.5% (STE-0.5)와 1% (STE-1) 첨가한 사료를 공급한 실험구보다 유의적으로 높게 나타났으나(*P*<0.05), 김 추출물 0.5% (PE-0.5)와 1% (PE-1) 첨가한 사료를 공급한 실험구와는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 그리고 전어체 회분 함량은 김 분말 3% 첨가(PP-3)한 사료를 공급한 실험구에서 김 추출물 0.5% (PE-0.5)와 1% (PE-1) 및 다시마 추출물 0.5% (STE-0.5)와 1% (STE-1) 첨가한 사료를 공급한 실험구보다 유의적으로 낮게 나타났으나(*P*<0.05), Con 와 STP-3 사료를 공급한 실험구와 유의적인 차이는 없었다. 본 실험의 결과와 유사하게 사료내 김 5% 첨가시 참돔 근육의 일

Table 5. Plasma chemical composition of Korean rockfish *Sebastes schlegeli* at the end of the 8-week feeding trial

Experimental diets	Total protein (g/dL)	Glucose (mg/dL)	GOT (IU/L)	GPT (IU/L)	Cholesterol (mg/dL)	Triglyceride (mg/dL)	IGF ¹
Con	3.2±0.32	65.7±7.51	91.0± 50.57	10.0±3.00	124.0±2.65	246.3±81.21	104.1± 9.13
PE-0.5	3.2±0.31	110.3±40.72	74.3± 26.95	9.0±2.00	132.3±15.14	218.0±33.60	98.5±4.15
PE-1	3.2±0.40	78.3±23.54	70.0±25.51	8.0±1.73	134.0±44.03	235.7±168.42	105.8±13.28
PP-3	3.2±0.00	79.3±16.50	66.0±15.72	8.3±0.58	131.7±9.07	210.7±30.60	136.3±67.14
STE-0.5	3.3±0.40	75.7±32.13	58.7±12.34	7.7±0.58	130.3±17.62	208.3±44.28	98.2±8.77
STE-1	3.8±0.07	62.5±7.78	101.5±4.95	10.5±0.71	161.0±11.31	304.5±102.53	110.8±21.85
STP-3	3.2±0.38	107.7±75.64	85.0±18.25	10.7±1.53	142.0±21.00	238.7±54.64	98.2±12.44
<i>Probability</i>	<i>P</i> >0.5	<i>P</i> >0.9	<i>P</i> >0.8	<i>P</i> >0.6	<i>P</i> >0.8	<i>P</i> >0.9	<i>P</i> >0.6

Values (means of triplicates ± SE) in the same column sharing the same superscript letter are not significantly different (*P*>0.05)

¹IGF (Insulin-like growth factor)

반성분 변화에는 영향을 미치지 않았다(Kalla et al. 2008). 그러나 감성돔에서 사료내 김 3% 첨가시 근육에서 체지방이 감소하는 것으로 보고된 바 있다(Khan et al. 2008). Fukada et al. (2009)는 방어(*Seriola quinqueradiata*)에게 사료내 김 첨가시 성장이나 사료 이용성에는 영향을 미치지 않았지만 간의 gluconeogenic enzyme activity가 유의적으로 증가하였고 지방산 산화와 관련된 효소 활성이 간과 근육에서 증가하였다고 보고한 바 있다.

8주간 사육실험 종료시 생존한 조피볼락의 혈액성상학적 분석 결과 총단백질(total protein), glucose, GOT, GPT, cholesterol, triglyceride와 IGF는 사료내 김과 다시마의 첨가에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않았으며($P>0.05$) (Table 5), 이러한 결과는 동일한 사료를 공급한 실험구내 측정값들의 큰 변이 차이에 따른 것으로 판단된다. 본 결과와 유사하게 사료내 김 첨가시 참돔의 혈액성상학적 변화에 영향을 미치지 않았다(Kalla et al. 2008). 그러나 상업성 규모의 양식장에서 넙치용 배합사료에 다시마를 혼합시켜 공급시 어체중 변화에 미치는 영향은 거의 없었으나 GOT와 GPT가 조금 낮아진다고 보고된 바 있으며(NFRDI 2008), 이에 대한 보다 체계적인 연구가 필요한 것으로 사료된다.

이상의 결과를 고려할 때 본 실험의 조건하에서 조피볼락 치어를 이용하여 사료내 김과 다시마의 추출물 또는 이들의 분말 공급시 조피볼락의 성장, 사료 이용성, 체조성 및 혈액성상학적 변화에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

사 사

본 연구는 국립수산물연구원 “어체 품질 향상을 위한 기능성 사료개발” 과제와 국토해양부(과제번호: 20088033-1)의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- An C, Kim K, Kim K, Kim Y, Kim I, Park S, Choi YH and Nam TJ. 2012. Effect of supplementing the diet of olive flounder *Paralichthys olivaceus* with sea mustard *Undaria pinnatifida* glycoprotein on growth and immune system. Kor J Fish Aquat Sci 45, 423-429. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2012.0423>.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1990. Official Methods of Analysis (15th edn). Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA.
- Bai SC, Koo J, Kim K and Kim S. 2001. Effects of *Chlorella* powder as a feed additive on growth performance in juvenile Korean rockfish, *Sebastes schlegeli* (Hilgendorf). Aquacult Res 32, 92-98. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1355-557x.2001.00008.x>.
- Cho SH, Cho YJ, Lee S and Yoo J. 2011. Effects of putative growth or health enhancing dietary additives on juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*, performance. J World Aquacult Soc 42, 90-95. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1749-7345.2010.00447.x>.
- Duncan DB. 1955. Multiple range and multiple F tests. Biometrics 11, 1-42.
- Fukada H, Tadokoro D, Furutani T, Yoshi K, Morioka K and Masumoto T. 2009. Effect of discolored *Porphyra* meal supplemented-diet on growth performance and lipid metabolism in yearling yellowtail (*Seriola quinqueradiata*). Nip Sui Gak 75, 64-69. <http://dx.doi.org/10.2331.suisan.75.64>.
- Hong Y, Park I, Jung Y, Song S and Hong S. 1998. Effect of the seaweed *Porphyra yezoensis* extract on triton WR-1339 induced hypercholesterolemia in mouse. J Korean Fish Soc 31, 508-515.
- Jung K, Jung B and Kim S. 2001. Effect of porphyran isolated from laver, *Porphyra yezoensis*, on lipid metabolism in hyperlipidemic and hypercholesterolemic rats. Korean J Food Sci Technol 33, 633-640.
- Kalla A, Yoshimatsu T, Araki T, Zhang D, Yamamoto T and Sakamoto S. 2008. Use of *Porphyra* spheroplasts as feed additive for red sea bream. Fish Sci 74, 104-108. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1444-2906.2007.01501.x>.
- Khan MND, Yoshinatsu T, Kalla A, Araki T and Sakamoto S. 2008. Supplemental effect of *Porphyra* spheroplasts on the growth and feed utilization of black sea bream. Fish Sci 74, 397-404. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1444-2906.2007.01501.x>.
- Kim DS, Kim JH, Jung CH, Lee SY, Lee SM and Moon YB. 1998. Utilization of obosan (dietary herbs) I. Effects on survival, growth, feed conversion ratio and condition factor in olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. J Aquaculture 11, 213-221.
- Kim JH, Moon YB, Jeong CH and Kim DS. 2000. Utilization of dietary herb obosan III. Growth of juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. J Aquaculture 13, 231-238.
- Kim K, Bai S, Koo J, Wang X and Kim S. 2002. Effects of dietary *Chlorella ellipsoidea* supplementation on growth, blood characteristics, and whole-body composition in juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. J World Aquacult Soc 33, 425-431. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1749-7345.2002.tb00021.x>.
- Kim Y, Kim K, Lee S, Park G, Okorie OE, Kang YJ and Bai SC. 2006. Dietary β -1, 3 glucan on growth and immune responses in juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. J Aquaculture 19, 247-253. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1749-7345.2006.00082.x>.
- Kim S, Jang J, Song J, Lim S, Jeong JB, Lee S, Kim K, Son M and Lee K. 2009. Effects of dietary supplementation of alga mixtures (*Hizikia fusiformis* and *Ecklonia cava*) on innate immunity and disease resistance against *Edwardsiella tarda* in olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). Kor J Fish Aquat Sci 42, 614-620. <http://dx.doi.org/10.5657/kfas.2009.42.6.614>.

- KOSIS. 2013. Korean Statistical Information Service. Korea.
- Lee S, Park GJ and Bai S. 2008. Effects of dietary wood vinegar supplementation on growth and immune responses of juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. J Kor Fish Soc 41, 248-252. <http://dx.doi.org/10.5657/kfas.2008.41.4.248>.
- Lindsay GJH, Walton MJ, Adron JW, Fletcher TC, Cho CY and Cowy CB. 1984. The growth of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) given diets containing chitin and its relationship to chitinolytic enzymes and chitin digestibility. Aquaculture 37, 315-334. [http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486\(84\)90297-7](http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486(84)90297-7).
- Nakagawa H, Kasahar S and Sugiyama T. 1987. Effect of ulva meal supplementation on lipid metabolism of black sea bream, *Acanthopagrus schlegeli* (Bleeker). Aquaculture 62, 109-121. [http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486\(87\)90315-2](http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486(87)90315-2).
- NFRDI 2008. National Fisheries Research and Development Institute. Application of dietary supplementation of sea tangle for functional olive founder culture. 42 pp.
- Ozawa T, Yamamoto J, Yamagishi T, Yamazaki N and Nishizawa M. 2006. Two fucoidans in the holdfast of cultivated *Laminaria japonica*. J Nat Med 60, 236-239. <http://dx.doi.org/10.1007/s11418-006-0046-2>.
- Park S, Kwon MG, Lee Y, Kim K, Shin I and Lee S. 2003. Effects of supplemental *Undaria*, obosan and wasabi in the experimental diets on growth, body composition, blood chemistry and non-specific immune response of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus*. J Aquacult 16, 210-215.
- Seo J, Kim D, Kim K, Kang Y and Lee S. 2009a. Effects of supplemental medicinal herb mixture, laver powder and Paprika powder in extruded pellet on growth and feed utilization of juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. Kor J Fish Aquat Sci 42, 395-398. <http://dx.doi.org/10.5657/kfas.2009.42.4.395>.
- Seo J, Kim K, Shin I, Choi K and Lee S. 2009b. Effects of supplemental dietary wasabi extract, chitosan and *Porphyra* on growth and body composition of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus*. Kor J Fish Aquat Sci 42, 257-261. <http://dx.doi.org/10.5657/kfas.2009.42.3.257>.
- Shiau SY and Yu YP. 1999. Dietary supplementation of chitin and chitosan depresses growth in tilapia, *Oreochromis niloticus* × *O. aureus*. Aquaculture 179, 439-436. [http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00177-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00177-5).
- Shin M and Bae S. 2005. Anti-proliferating effects of *Porphyra tenera* fractions on several cancer cell lines in vitro. J Korean Soc Food Sci Nut 34, 1514-1519. <http://dx.doi.org/10.3746/jkfn.2005.34.10.1514>.
- Walker AB, Fournier HR, Neefus CD, Nardi GC and Berlinsky DL. 2009. Partial replacement of fish meal with laver *Porphyra* spp. in diets for Atlantic cod. North Ame J Aquacult 71, 39-45. <http://dx.doi.org/10.1577/A07-110.1>.
- Wang J, Zhang Q, Zhang Z and Li Z. 2008. Antioxidant activity of sulfated polysaccharide fractions extracted from *Laminaria japonica*. Inter J Biol Macromol 42, 127-132. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2007.10.003>.
- Xie L, Chen M, Li J, Yang X and Huang Q. 2011. Antithrombotic effect of a polysaccharide fraction from *Laminaria japonica* from the South China sea. Phytoter Res 25, 1362-1366. <http://dx.doi.org/10.1002/ptr.3433>.
- Xue C, Fang Y, Lin H, Chen L, Li Z, Deng D and Lu C. 2001. Chemical characters and antioxidative properties of sulfated polysaccharides from *Laminaria japonica*. J Appl Phycol 13, 67-70. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1008103611522>.
- Yi Y and Chang Y. 1994. Physiological effects of seamustard supplement diet on the growth and body composition of young rockfish, *Sebastes schlegeli*. Bull Korean Fish Soc 27, 69-82.
- Zhang Q, Yu P, Li Z, Zhang H, Xu Z and Li P. 2003. Antioxidant activities of sulfated polysaccharide fractions from *Porphyra haitanensis*. J Appl Phycol 15, 305-310. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1025137728525>.
- Zhang Q, Li N, Liu X, Zhao Z, Li Z and Xu Z. 2004. The structure of a sulfated galactan from *Porphyra haitanensis* and its in vivo antioxidant activity. Carbohydr Res 339, 105-111. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carres.2003.09.015>.