

사료내 다시마(*Laminaria japonica*) 첨가에 따른 감성돔(*Acanthopagrus schlegeli*)의 성장, 체조성 및 혈액성상에 미치는 영향

조성환* · 민병희¹ · 이진영² · 이상운¹ · 김하나¹ · 안신희¹ · 나경석¹ · 김동수³

한국해양대학교 해양환경생명과학부, ¹부산광역시 수산자원연구소, ²부산광역시 수산진흥과, ³부경대학교 해양바이오신소재학과

Effects of Dietary Inclusion of Sea Tangle *Laminaria japonica* on Growth, Body Composition and Plasma Chemistry of Black Porgy *Acanthopagrus schlegeli*

Sung Hwoan Cho*, Byeong-Hee Min¹, Jin Young Lee², Sang Yoon Lee¹, Ha-Na Kim¹
Shinhong An¹, Kyoung-Suk Na¹ and Dong Soo Kim³

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

¹Busan Marine Resources Research Institute, Busan 618-814, Korea

²Busan Metropolitan City, Busan 611-735, Korea

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

This study was performed to determine effects of dietary inclusion of various concentrations and sources of sea tangle *Laminaria japonica* on growth, body composition and plasma chemistry of juvenile black porgy *Acanthopagrus schlegeli*. Juvenile fish (N=810; average mass=8.9 g) were distributed among twenty-seven 200 L flow-through tanks (30 fish per tank). Nine experimental diets were prepared: control (Con) without additives; sea tangle powder at 0.1%, 0.5%, 1%, 2%, 3% and 5%, (P-0.1, P-0.5, P-1, P-3 and P-5 diets, respectively); and fresh sea tangle (F-1); and 1% sea tangle extract (E-1). Each powdered additive was substituted for an equal amount of wheat flour, and the extract was substituted for an equal amount of water in the respective experimental diets. Each diet was fed to triplicate groups of fish. Weight gain and feed conversion ratio were not affected by the experimental diets. Feed consumption by fish fed the P-1 diet was higher than that of fish fed the P-3 and P-5 diets. Moisture, crude protein, crude lipid, whole-body ash content (excluding the liver), liver moisture, and crude protein and lipid contents of fish were not affected by the experimental diets. None of the fish plasma criteria were affected by the experimental diets, with the exception of plasma glucose. In conclusion, dietary inclusion of various concentrations and sources of sea tangle did not significantly affect the growth, feed efficiency, body composition or plasma chemistry of juvenile black porgy.

Key words: Black porgy, *Acanthopagrus schlegeli*, Sea tangle powder, *Laminaria japonica*

서 론

감성돔(Black porgy, *Acanthopagrus schlegeli*)은 해수와 담수에서 모두 양식이 가능한 광염성(Euryhaline) 어종이며, 2012년 국내양식 총생산량은 10,925톤으로서 조피볼락(*Sebastes schlegeli*), 넙치(*Paralichthys olivaceus*) 및 참돔(*Pagrus major*)과 더불어 국내에서는 중요한 양식대상 어종 중의 하나이다(KOSIS 2013). 현재까지 감성돔에 대한 연구로서는 담수 양식 감성돔의 어육 평가 및 수익성 분석(Min et al., 2006), 담

수 및 해수 사육에 따른 산소소비율(Jeong et al., 2007) 및 생리 상태 비교(Min et al., 2005), 잘피밭 해역에 방류된 감성돔의 식성 및 어체성분 변화(Ji et al., 2008), 사료내 n-3고도불포화지방산 요구량(Ma et al., 2013), 사료내 필수지방산 첨가 효과(Om et al., 2003), 사료내 어분대체를 위한 식물성단백질원 lupin과 콩 혼합 농축물의 대체 효과(Zhang et al., 2012), 사료내 대두유의 어유 대체 효과(Peng et al., 2008), 사료내 vitamin E 첨가에 따른 어체 지질 산화 효과(Peng et al., 2009) 및 사료내 미역분 첨가에 따른 어체내 지질대사 효과(Nakagawa et al., 1987) 등

Article history:

Received 3 July 2013; Revised 9 September 2013; Accepted 16 September 2013

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

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

Kor J Fish Aquat Sci 46(5) 559-564, October 2013

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2013.0559>

pISSN:0374-8111, eISSN:2287-8815

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

에 대한 다양한 연구가 수행된 바 있다.

그러나 국내에서 해산어류의 연중 양식중에 빈번한 질병의 발생이나 사육환경 급변화에 따른 양식대상생물들의 폐사가 빈번하게 발생하고 있기 때문에 이들 양식어류의 폐사를 줄일 수 있는 새로운 양식기술의 개발이나 또는 사료첨가제의 개발은 지속적으로 필요한 실정이다.

해조류를 사료첨가제로 공급시 이들 효과는 양식대상종, 사료내 농도 및 사육조건 등에 따라서 다르게 나타난다. 김의 사료첨가제로서 사용시 어류 성장 개선이나 사료효율 향상에 대한 효과는 어종에 따라서 상이하게 나타났으며(Kalla et al., 2008; Khan et al., 2008; Seo et al., 2009a, 2009b; Walker et al., 2009), 사료내 미역 첨가시 조피볼락의 성장 향상(Yi and Chang, 1994)과 넙치에서의 비특이적 면역성 향상(Park et al., 2003), 미역 당단백질 첨가시 넙치의 성장과 면역성 향상(An et al., 2012) 및 톳과 감태의 혼합물 첨가시 넙치의 비특이적 면역성과 질병 내성 향상(Kim et al., 2009) 등에 대한 다수의 연구가 보고된 바 있다.

다시마(*Laminaria japonica*)는 fucoidans의 항산화 효과(Xue et al., 2001; Wang et al. 2008), 항종양 효과(Ozawa et al., 2006) 및 항혈전 효과(Xie et al., 2011)가 있는 것으로 알려져 있다. 그리고 사료내 다시마 공급시 닭의 난질이 향상되고 집단 서식시 스트레스를 감소시킨다고 알려져 있기 때문에(Choi

et al., 1999; Jo, 2006) 고밀도로 양식되고 있는 어류의 경우에도 이러한 효과를 기대할 수 있다. 또한 넙치용 배합사료에 다시마 분말을 흡착시켜 공급시 그 유용성 평가와 이를 이용한 다시마 넙치 브랜드 개발 가능성에 대한 연구가 수행된 바 있다(NFRDI, 2008).

따라서 본 연구에서는 사료내 다양한 농도와 형태의 다시마 첨가에 따른 감성돔의 성장, 체조성 및 혈액성상에 미치는 효과를 조사하였다.

재료 및 방법

실험어 준비 및 사육 방법

실험어는 부산광역시 수산자원연구소에서 양식 생산한 일정한 크기의 감성돔 치어를 사용하였으며, 사육실험을 시작하기 전에 2주간 실험환경에 적응시켰다. 적응기간 동안에는 시판용 배합사료를 1일 2회 어체중의 3-4%정도 공급해 주었다. 실험에는 총 810마리의 치어(시작시 무게: 8.9 g)를 사용하였으며, 30마리의 치어를 27개의 200 L 원형 유수식 FRP수조(수량: 160 L)에 무작위로 각각 분산 수용하였으며, 이때 수조당 환수량은 8.0 L/min이었다. 총사육기간은 9주간이었으며, 실험기간 동안 사육수온은 18.0-24.0℃ 범위(평균수온±SD: 22.1±1.22℃)이었다.

Table 1. Ingredients (% DM basis) and nutrient composition of the experimental diets

Ingredient	Experimental diets								
	Con	P-0.1	P-0.5	P-1	P-2	P-3	P-5	F-1	E-1
Fishmeal	48	48	48	48	48	48	48	48	48
Soybean meal	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5
Corn gluten	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Wheat flour	28	27.9	27.5	27	26	25	23	27	28
Squid liver oil	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Soybean oil	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Vitamin premix ¹	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Mineral premix ²	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sea tangle powder		0.1	0.5	1	2	3	5		
Fresh sea tangle								1	
Sea tangle extract									1
Nutrients (%)									
Dry matter	87.0	86.2	87.0	87.1	87.3	85.3	84.7	85.5	85.5
Crude protein	50.5	51.8	50.2	51.1	51.1	51.8	51.3	51.6	51.5
Crude lipid	8.3	8.3	8.0	8.7	8.3	8.5	7.8	7.9	8.6
Ash	9.5	9.7	10.0	9.8	10.3	10.7	10.8	9.7	9.9

¹Vitamin premix contained the following amount which were diluted in cellulose (g/kg mix): L-ascorbic acid, 121.2; DL- α -tocopheryl acetate, 18.8; thiamin hydrochloride, 2.7; riboflavin, 9.1; pyridoxine hydrochloride, 1.8; niacin, 36.4; Ca-D-pantothenate, 12.7; myo-inositol, 181.8; D-biotin, 0.27; folic acid, 0.68; p-aminobenzoic acid, 18.2; menadione, 1.8; retinyl acetate, 0.73; cholecalciferol, 0.003; cyanocobalamin, 0.003.

²Mineral premix contained the following ingredients (g/kg mix): MgSO₄·7H₂O, 80.0; NaH₂PO₄·2H₂O, 370.0; KCl, 130.0; Ferric citrate, 40.0; ZnSO₄·7H₂O, 20.0; Ca-lactate, 356.5; CuCl, 0.2; AlCl₃·6H₂O, 0.15; KI, 0.15; Na₂Se₂O₃, 0.01; MnSO₄·H₂O, 2.0; CoCl₂·6H₂O, 1.0.

실험사료 준비

실험에는 총 9종류의 실험사료[대조구(Con)-무첨가구, 다시마 분말 0.1% 첨가(P-0.1), 다시마 분말 0.5% 첨가(P-0.5), 다시마 분말 1% 첨가(P-1), 다시마 분말 2% 첨가(P-2), 다시마 분말 3% 첨가(P-3), 다시마 분말 5% 첨가(P-5), 생다시마 1% 첨가(F-1), 다시마 엑기스 1% 첨가(E-1)]를 준비하였으며(Table 1), 각 실험구는 3반복구를 두었다. 다시마 분말(우봉물산, 한국)과 생다시마는 동일한 양의 소맥분 대신에 첨가해 주었으며, 다시마 엑기스(㈜영동기능식품, 한국)는 사료제조시 동일한 양의 물 대신에 첨가해 주었다. 실험사료는 어분, 대두박과 콘글루텐을 주요 단백질원으로 이용하였으며, 소맥분을 탄수화물원으로 그리고 오징어간유와 대두유를 지질원으로 각각 이용하였다. 실험사료 원료는 잘 혼합한 후 물 또는 엑기스와 3:1의 비율로 섞어서 펠렛제조기를 이용하여 실험사료를 제조하였다. 제조한 실험사료는 실온에서 건조시킨 후 -20℃ 냉동고에 보관하면서 필요시 마다 소량씩 사용하였다. 모든 실험은 1주일에 7일간 1일 2회(08:00, 17:00)씩 매일 손으로 반복시까지 사료를 공급하여 주었다.

일반성분 분석

일반성분 분석을 위하여 8주간의 사육실험 종료 후 생존한 감성돔을 각 실험구에서 5마리씩 무작위로 샘플하여 간을 분리한 후 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.

혈액생화학적 분석

9주간의 사육실험 종료 후 각 실험구에서 생존한 감성돔을 무작위로 5마리씩 추출하여 미부정맥에서 채혈하여 3000 rpm에서 10분간 원심분리하여 혈장을 분리하여 사용하였다. 실험

는 채혈 전 24시간 동안 절식시켰다. 분리된 혈장은 -70℃의 냉동고에 보관하여 분석에 사용하였으며, total protein, glucose, glutamate oxaloacetate transaminase (GOT), cholesterol, triglyceride는 자동혈액분석기 (Vitros DT60 II, DTSC II Chemistry System, Johnson and Johnson Clinical Diagnostics Inc., New York, USA)로 분석하였다.

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 고찰

9주간의 사육실험 결과 감성돔 유어의 어체중 증가(Weight gain/fish)는 P-1사료를 공급한 실험구에서 26.2 g으로 가장 높았으나, 실험사료에 따른 유의적인 차이는 없었다($P>0.05$) (Table 2). 사료공급량(g/fish)은 P-1 사료를 공급한 실험구에서 P-3과 P-5 사료를 공급한 실험구보다 유의적으로 높았으나 ($P<0.05$), Con, P-0.1, P-0.5, P-1, P-2, F-1과 E-1 사료를 공급한 실험구와는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 사료계수(Feed conversion ratio, FCR)는 P-0.5와 P-1 사료를 공급한 실험구에서 낮았으나 다른 실험구와 유의적인 차이는 없었다($P>0.05$). 이러한 결과는 P-0.5와 P-1 사료를 공급한 실험구에서 감성돔의 어체중 증가가 높았으나 사료공급량도 높았기 때문인 것으로 생각된다. 한편, 넙치에게 시판용 배합사료에 다시마를 혼합시켜 공급한 실험에서도 어체중 증가나 사료 이용성에 미치는 영향은 크게 없었다고 보고된 바 있다(NFRDI, 2008). 본 실험과 유사하게 사료내 김 분말 1% 첨가는 넙치의 어체중 증가나 사료효율에는 영향을 미치지 않았다(Seo et al., 2009a, 2009b). 그러나 사료내 김 spheroplast 분말 3% 첨가시 감성돔 성장의 뚜렷한 개선효과는 없었지만 생존율, 사료효율, 단백질전환율과 지질축적율의 개선 효과가 관찰되었다(Khan et al. 2008).

Table 2. Weight gain of fish (g/fish), feed intake (g/fish) and feed conversion ratio (FCR) of black porgy *Acanthopagrus schlegeli* fed the diets containing various concentrations and sources of sea tangle *Laminaria japonica* for 9 weeks

Experimental diets	Initial weight (g/fish)	Final weight (g/fish)	Weight gain (g/fish)	Feed intake (g/fish)	FCR ¹
Con	8.9±0.03	34.5±0.25	25.6±0.23	30.3±0.73 ^{ab}	1.19±0.008
P-0.1	8.9±0.02	34.3±1.08	25.4±1.06	29.9±0.65 ^{ab}	1.18±0.035
P-0.5	8.9±0.03	35.1±0.75	26.2±0.72	29.7±0.82 ^{ab}	1.17±0.013
P-1	8.9±0.01	35.8±1.52	26.9±1.52	30.8±0.78 ^a	1.17±0.064
P-2	8.9±0.00	32.2±0.65	23.3±0.65	28.4±0.48 ^{abc}	1.22±0.021
P-3	8.9±0.01	32.2±0.32	23.3±0.32	27.6±0.58 ^{bc}	1.29±0.063
P-5	8.9±0.01	32.8±1.73	23.9±1.73	26.9±0.43 ^c	1.27±0.003
F-1	8.9±0.02	33.3±1.23	24.4±1.22	28.4±1.03 ^{abc}	1.21±0.051
E-1	8.9±0.02	32.7±1.18	23.8±1.17	29.1±0.83 ^{abc}	1.23±0.031

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

¹Feed conversion ratio (FCR) = Total feed intake/(final weight of fish + dead weight of fish – initial weight of fish)

Table 3. Proximate composition (% wet weight basis) of the whole body excluding liver and liver in black porgy *Acanthopagrus schlegelii* at the end of the 9-week feeding trial

Experimental diets	Whole body of fish excluding liver			
	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Ash
Con	68.1±0.40	19.0±0.10	8.3±0.60	4.5±0.15
P-0.1	69.4±0.22	19.1±0.21	8.4±0.58	4.5±0.15
P-0.5	68.1±0.26	18.2±0.19	7.9±0.42	4.1±0.15
P-1	67.5±0.46	19.0±0.29	8.1±0.50	3.9±0.13
P-2	68.7±0.15	19.3±0.30	7.7±0.05	4.0±0.20
P-3	68.0±0.91	19.1±0.12	8.5±0.09	4.2±0.15
P-5	67.9±0.48	19.2±0.22	8.1±0.23	3.8±0.07
F-1	67.4±0.18	18.9±0.03	8.2±0.42	4.3±0.03
E-1	67.4±0.30	18.7±0.12	7.9±0.47	4.0±0.18
	Liver			
	Moisture	Crude protein	Crude lipid	
Con	66.7±1.75	12.6±0.50	12.9±0.35	
P-0.1	65.2±1.33	12.4±0.78	13.8±0.31	
P-0.5	68.9±1.14	12.5±0.40	13.1±0.31	
P-1	69.2±0.17	12.9±0.38	13.2±0.38	
P-2	70.3±0.60	12.8±0.05	13.1±0.00	
P-3	66.4±0.23	13.6±0.19	13.4±0.17	
P-5	69.9±1.24	13.5±0.21	13.4±0.17	
F-1	66.8±2.20	12.2±0.33	13.0±0.09	
E-1	68.7±1.36	14.1±0.44	12.9±0.12	

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

Kalla et al., (2008)는 사료내 김 5% 첨가는 참돔의 성장 개선 효과뿐만 아니라 사료 이용성도 유의적으로 개선시킨다고 보고하였으며, 또한 대서양 대구(*Gadus morhua*) 유어에서는 사료내 어분을 김으로 30%까지 대체할 수 있다고 보고된 바 있다 (Walker et al., 2009). 조피볼락에게 미역 분말 5% 첨가시 성장 개선효과가 나타났다(Yi and Chang 1994). 해조류를 사료첨가제로 어류에게 공급시 위에서 언급한 대부분의 연구에서는 해조류를 직접 사료에 혼합하여 공급함에 따라서 그 효과가 뚜렷하지 않은 경우가 대부분이었으나, An et al. (2012)의 연구에서처럼 미역 추출물인 당단백질을 사료에 공급시 어류의 성장이나 면역성 향상에 아주 효과적일 것으로 생각된다. 이러한 차이는 사료내 해조류 첨가시 어류의 성장이나 사료 이용성 등에 미

치는 영향은 어종(fish species), 해조류 첨가제의 종류, 해조류 첨가제의 형태(추출 방법), 사료내 영양소 함량 또는 사육조건 등에 따라서 다르게 나타나기 때문인 것으로 사료된다.

감성돔의 간을 제외한 전어체와 간의 일반성분분석 결과, 전어체의 수분(67.4-69.4%), 조단백질(18.2-19.3%), 조지질(7.7-8.5%), 회분(3.8-4.5%) 및 간의 수분(65.2-70.3%), 조단백질(12.2-14.1%)과 조지질(12.9-13.8%) 함량은 실험사료에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 본 실험의 결과와 유사하게 사료내 김 첨가시 참돔 근육의 일반성분 변화에는 영향을 미치지 않았다(Kalla et al., 2008). 그리고 방어(*Seriola quinqueradiata*)의 경우 사료내 김 첨가는 성장이나 사료 이용성에는 영향을 미치지 않았지만 어체내 지질 대사에 크게 영향을 미

Table 4. Plasma chemistry of black porgy *Acanthopagrus schlegelii* fed the diets containing various concentrations and sources of sea tangle *Laminaria japonica* for 9 weeks

Experimental diets	Total protein (g/dL)	Glucose (mg/dL)	GOT (IU/L)	Triglyceride (mg/dL)	Total cholesterol (mg/dL)
Con	4.0±0.21	178.0±27.22 ^{ab}	57.0±10.82	362.7±119.35	327.7±36.02
P-0.1	4.0±0.56	104.7±20.21 ^d	30.7±6.03	384.0±200.92	292.3±43.52
P-0.5	4.0±0.32	123.3±34.65 ^{cd}	51.3±26.10	435.0±112.58	331.3±67.93
P-1	3.6±0.06	122.3±10.60 ^{cd}	22.7±6.66	385.3±102.16	302.0±47.70
P-2	3.7±0.21	128.3±21.50 ^{bcd}	35.7±29.67	349.0±25.24	286.0±28.00
P-3	3.7±0.31	165.0±67.91 ^{abc}	22.0±8.00	402.0±89.06	305.7±35.25
P-5	3.5±0.46	192.7±17.01 ^a	30.3±12.70	383.3±104.84	289.3±84.68
F-1	4.0±0.44	137.3±14.19 ^{bcd}	48.3±29.74	466.3±58.31	340.0±58.64
E-1	3.6±0.51	128.7±2.89 ^{bcd}	40.7±17.79	453.7±80.25	294.0±65.96

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

치는 것으로 보고된 바 있다(Fukada et al., 2009). 그러나 감성돔에게 김 3% 공급시 근육에서 체지방이 증가하였으며, 간을 제외한 내장의 체지방도 무첨가구에 비하여 김 1%, 3% 및 5% 첨가구에서 유의적으로 증가하였다(Khan et al., 2008). 또한 상품용 시판사료에 10% 미역 첨가시 감성돔의 체지방이 크게 증가하였다(Nakagawa et al., 1987).

9주간 사육실험 종료시 생존한 감성돔의 혈장 분석 결과 총단백질(total protein), GOT, triglyceride, cholesterol 함량은 실험사료에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않았으며($P>0.05$) (Table 5), 이러한 결과는 동일한 사료를 공급한 실험구내 측정값들의 큰 변이 차이에 따른 것으로 생각된다. 그러나 혈장 glucose 함량은 P-5 사료를 공급한 실험구에서 P-0.1, P-0.5, P-1, P-2, F-1 및 E-1 사료를 공급한 실험구에 비하여 유의적으로 높게 나타났으나($P>0.05$), Con과 P-3 사료를 공급한 실험구와 유의적인 차이를 보이지 않았다. 본 연구에서 P-5 사료를 공급한 실험구에서 혈장 glucose 함량이 높게 나타난 이유를 정확하게 설명하기는 어렵지만 사료내 다시마 분말 함량이 증가함에 따라서 혈장 glucose 함량이 증가하는 경향을 보여서 첨가된 다시마 분말이 감성돔의 당(glucose)대사에 영향을 미칠 수 있는 것으로 생각된다. 넙치의 경우 시판용 배합사료에 다시마를 혼합시켜 공급시 어체중 증가나 사료 이용성에 미치는 영향은 거의 없었으나 혈액생화학적 변화(total protein이나 GOT)에는 다소 영향을 준다고 보고된 바 있다(NFRDI, 2008). Nakagawa et al. (1987)는 배합사료내 10% 미역 첨가시 감성돔의 혈장 triglyceride 함량을 크게 증가시켰고 체내 지질대사에 영향을 미친다고 보고하였으며, Yi and Chang (1994)은 조피볼락에게 미역 첨가시 hematocrit과 적혈구의 숫자를 증가시킨다고 보고하였다. 그러나 Kalla et al., (2008)는 사료내 김 첨가는 참돔의 혈액생화학적 변화에 영향을 미치지 않는다고 보고하였다.

이상의 결과를 고려할 때 본 실험의 조건하에서 감성돔 치어에게 다양한 농도의 다시마 분말, 생다시마, 다시마 엑기스 공급시 감성돔의 성장, 사료 이용성, 체조성 및 혈장 glucose을 제외한 혈액생화학적 변화에는 크게 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

사 사

이 연구는 국토해양부(과제번호: 20088033-1)의 일부 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1990. Official Methods of Analysis (15th edn). Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA.
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>.
Choi J, Kim D, Park S, Kim D, Lee J, Ryu J and Chung Y. 1999. Effects of sea tangle (*Laminaria japonica*) and fucoidan beverages on sociopsychological stress. *Kor J Life Sci* 9, 537-547.
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>.
Jeong MH, Kim YS, Min BH and Chang YJ. 2007. Effect of fish number in respiratory chamber on routine oxygen consumption of black porgy *Acanthopagrus schlegeli* reared in seawater or freshwater. *J Aquaculture* 20, 121-126.
Ji S, Lee S, Kim Y, Jeong G, Yoo J, Choi N and Myeong J. 2008. Changes in feeding habit and body composition of black sea bream *Acanthopagrus schlegeli* released in eelgrass *Zostera marina* bed. *J Aquaculture* 21, 278-284.
Jo K. 2006. Effects of diet with *Laminaria religiosa* on egg quality. *Korean J Food Preserv* 13, 714-719.
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.1444-2906.2008.01536.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.
Ma J, Shao Q, Xu Z and Zhou F. 2013. Effect of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids on growth, body composition and fatty acid profiles of juvenile black seabream, *Acanthopagrus schlegeli* (Bleeker). *J World Aquacult Soc* 44, 311-325. <http://dx.doi.org/10.1111/jwas.12032>.
Min BH, Choi CY and Chang YJ. 2005. Comparison of physiological conditions on black porgy, *Acanthopagrus schlegeli* acclimated and reared in freshwater and seawater. *J Aquaculture* 18, 37-44.

- Min BH, Bang I, Choi WS and Chang YJ. 2006. Evaluation of fish flesh and profitability of black porgy (*Acanthopagrus schlegeli*) cultured in freshwater. *J Aquaculture* 19, 14-18.
- 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 flounder culture. 42.
- Om AD, Umino T, Nakagawa H, Sasaki T, Okada K, Asano M and Nakagawa A. 2003. Dietary effects of eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid on lipid metabolism in black sea bream. *Fish Sci* 69, 1182-1193. <http://dx.doi.org/10.1111/j.0919-9268.2003.00744.x>.
- 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 Aquaculture* 16, 210-215.
- Peng S, Chen L, Qin JG, Hou J, Yu N, Long Z, Ye J and Sun X. 2008. Effects of replacement of dietary fish oil by soybean oil on growth performance and liver biochemical composition in juvenile black seabream (*Acanthopagrus schlegeli*). *Aquaculture* 276, 154-161. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.01.035>.
- Peng S, Chen L, Qin JG, Hou J, Yu N, Long Z, Li E and Ye J. 2009. Effects of dietary vitamin E supplementation on growth performance, lipid peroxidation and tissue fatty acid composition of black sea bream (*Acanthopagrus schlegeli*) fed oxidized fish oil. *Aquacult Nut* 15, 329-337. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2095.2009.00657.x>.
- 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/kfas.2009.42.3.257>.
- 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. *Phytother 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 sea mustard supplement diet on the growth and body composition of young rockfish, *Sebastes schlegeli*. *Bull Korean Fish Soc* 27, 69-82.
- Zhang Y, Overland M, Xie S, Dong Z, Lv Z, Xu J and Storebakken T. 2012. Mixtures of lupin and pea protein concentrates can efficiently replace high-quality fish meal in extruded diets for juvenile black sea bream (*Acanthopagrus schlegeli*). *Aquaculture* 354-355, 68-74. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.03.038>.