

마늘분말 첨가 사료가 황복, *Takifugu obscurus*의 성장 및 사료 이용성에 미치는 영향

이 동 훈*

*경기도해양수산물연구소(연구소)

Effect of dietary Garlic Powder on Growth and Feed Utilization in River Puffer Fish, *Takifugu obscurus*

Dong-Hoon LEE[†]

[†]Gyeonggi Province Maritime and Fisheries Research Institute(researcher)

Abstract

It takes about 2 to 3 years to raise river puffer (*Takifugu obscurus*) to selling size of 300g, so it is necessary to develop aquaculture management methods and special feeds that can shorten this. This study was carried out to investigate the supplemental effects of dietary garlic powder (GP) on growth and feed utilization of river puffer fish (averaging weight, 207g) for 9 weeks (60 days). 180 fish were randomly distributed to each of 6 tanks (30 fish/tank) under a RAS (recirculating aquaculture system). The GP of 1.5% (GP1.5) and 2.5% (GP2.5) was added to the control diet (GP0) containing 58% protein and 8% lipid. After the feeding trial, weight gain (WG), feed efficiency (FE), protein efficiency ratio (PER) and specific growth rate (SGR) of fish fed GP1.5 were significantly higher ($P<0.05$) than those of fish fed GP0 and GP2.5. There was no significant difference in condition factor (CF) and survival rate (SR) among three experimental groups ($P>0.05$). Second order polynomial regression model analysis relation on the basis of WG and SGR indicated that the dietary optimal GP level could be 1.12% for river puffer fish ranging 200 g to 250 g. The present study suggested that dietary GP for river puffer fish could positively affect growth performance.

Key words : *Takifugu obscurus*, Garlic powder, Weight gain, Feed efficiency, Specific growth rate

I. 서 론

양식산업은 전 세계적으로 동물성 단백질의 중요한 공급원이자 세계 식량 생산부분에 중요한 역할을 담당하고 있다(Adineh et al., 2020). 양식산업의 기본 전략은 비용을 줄이면서 지속 가능한 생산과 수익성을 도모하는 것으로, 이를 위해 양식생물의 성장, 병원성 생물 및 수질 환경 스트레스에 대한 저항성을 높이도록 프로바이오틱스

(probiotics), 프리바이오틱스(prebiotics), 포스트바이오틱스(postbiotics) 및 면역자극제(immunostimulants)를 사용하고 있다(Akhter et al., 2015; Hai, 2015; Zorriehzahra et al., 2016; Banerjee and Ray, 2017; Perez-Sanchez et al., 2018; Soliman et al., 2019; Wang et al., 2019). 더불어 사료내 유용 식물을 첨가하여 양식생물의 성장 강화, 식욕자극, 항균 및 항염 효과 등 양식 효율성 개선을 도모하고 있다(Valenzuela-Gutierrez et al., 2021).

[†] Corresponding author : 031-8008-6510, leedh27@gg.go.kr

현재 수산양식에서 항생제, 호르몬 및 기타 여러 화학물질의 사용은 양식 동물의 성장촉진, 질병치료 등 많은 목적으로 이용되지만 이들 물질의 잔류 효과로 인해 사용하는 것을 권장되지 않고 있는 실정이다(Megbowon et al., 2013). 식물은 더 안전하고 저렴한 화학물질의 천연공급원으로 식물 유래 제품은 수산양식에서 항스트레스, 성장촉진, 사료섭취 및 면역 자극과 같은 다양한 역할을 하는 것으로 보고되어 있다(Gatlin et al., 2004; Lee et al., 2014).

마늘(*Allium sativum*)은 백합과에 속하는 다년생 식물로 수 세기 동안 인간의 건강을 개선하기 위한 기능성 식품으로 사용되었고, 정맥부전, 고혈압, 항균 작용 등에 효능이 있는 식물로 알려져 있다(Gbekley et al., 2018). 또한 수산양식에 있어서도 마늘은 양식생물의 성장개선 및 질병예방 목적으로 분말, 오일, 용매 추출물 등 다양한 형태로 사용되어 오고 있다(Subramanian et al., 2020).

마늘의 성장 촉진 효과는 사료 섭취량을 늘리고 소화를 개선하며 영양소의 가용성을 높여 어류 생산성을 향상시키는 효과가 있다고 하였으며(Lee and Gao, 2012; Megbowon et al., 2013; Lee et al., 2014; Leila et al., 2016; Dadgar et al., 2019; Mahmoud et al., 2019; Setijaningsih et al., 2021; Valenzuela-Gutierrez et al., 2021; ÖZ and Dikel, 2022), 항산화, 항균, 항바이러스, 항기생충, 항스트레스, 면역자극 방지 및 장내 미생물 조절에도 관여하는 기능을 가지고 있다(Adinech et al., 2020; Valenzuela-Gutierrez et al., 2021; Muahiddah and Diamahesa, 2023).

복어류는 전 세계적으로 120여 종이 분포하고 있으며 이 중 식용으로 이용하는 산업 종은 황복(*Takifugu obscurus*), 자주복(*T. rubripus*), 참복(*T. chinensis*) 등을 포함하여 10여 종에 불과하나, 복어류는 우리나라뿐만 아니라 중국과 일본 등 동아시아 지역에서 경제적 가치가 높은 수산생물이다(MOF, 2014). 황복(*Takifugu obscurus*)은 복어목

(Tetraodontiformes) 참복과(Tetraodontidae)의 어류로써 복어류 중 최고급 어중에 속한다(Kang et al., 2015). 국내 서식 황복은 산란기인 4-6월에만 강으로 올라와 어획되어 식용으로 이용되며, 현재 경기도 지역 한강, 임진강에서만 어획되고 있다. 2022년 기준 7톤이 어로 어업으로 경기도에서 생산되었고, 양식생산량은 3톤으로 충청남도에서 1톤, 경기도에서 2톤이 생산되었다(KOSIS, 2023).

2022년 기준 황복 양식장은 전국 5개소 내외로 파악되고 있을 정도로 극히 소수가 운영하고 있는데 이러한 이유는 최소 출하 가능 크기(300 g)까지 육성 기간이 2~3년 이상 필요하며, 이에 따른 kg 당 생산원가가 30,000원 이상 소요되고, 판매가격 역시 높게 형성되어 소비 저하로 이어지는 악순환이 반복되기 때문이다. 이를 해결하기 위해서는 무엇보다 황복 육성 기간을 단축할 수 있는 방안이 필요하다. 이에 대한 하나의 해결 방안으로 성장 단계별 황복 전용 사료의 개발을 통한 빠른 성장을 유도하는 것인데, 황복의 경우 100 g 이전까지는 다른 어류에 비해 성장이 늦은 편은 아니지만 이후 성장이 둔화되는 경향을 보인다(NIFS, 2006). 현재까지 국내 황복 배합사료 연구에 관해서는 대다수 치어기를 대상으로 한 결과로 100 g 이후 육성어에 대한 연구는 전무한 실정이다(MOF, 2014; Yoo et al., 2014; You and Bai, 2014a; You and Bai, 2014b; Kang et al., 2015).

본 연구의 목적은 현재 황복 양식 시 양식장에서 주로 사용하는 넙치사료(조단백질 55% 내외, 조지방 5% 내외)와 기존 문헌(NIFS, 2006; MOF, 2014)을 바탕으로 성장 촉진에 효과가 있다고 알려진 마늘 분말을 EP(extrude pellet) 사료내 첨가하여 제작한 후, 황복 육성어에 대한 성장 실험을 통하여 사료 내 마늘분말의 적정 첨가 농도와 성장 경향을 조사하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 실험사료 준비

실험에 사용된 3종류의 사료는 조단백질 함량이 58%, 조지방 함량은 8% 전후가 되도록 하였고, 사료 내 마늘분말을 각 0%(GP0), 1.5%(GP1.5), 2.5%(GP2.5)를 첨가하였다. 또한 본 실험은 황복을 해수 양식시설이 아닌 내수면 순환여과양식 시설에서 염분 순치하여 실험 진행된

<Table 1>. Composition and proximate analysis of the experimental diet¹

Ingredient	Diet		
	GP0	GP1.5	GP2.5
Fish meal (Denmark)	57	57	57
Corn gluten meal	7.7	7.7	7.7
Krill meal	5	5	5
Wheat flour	22.3	20.8	19.8
Fish Oil	2	2	2
Garlic powder ²	0	1.5	2.5
Mono calcium phosphate	1.7	1.7	1.7
Lysine (78%)	1	1	1
Salt	0.9	0.9	0.9
Vitamine mix	0.5	0.5	0.5
Mineral mix	0.6	0.6	0.6
Betaine	0.4	0.4	0.4
Taurine	0.4	0.4	0.4
Choline-liquid (50%)	0.2	0.2	0.2
Vitamine E (25%)	0.1	0.1	0.1
Stay C	0.1	0.1	0.1
Methionine (100%)	0.05	0.05	0.05
Antioxidant	0.05	0.05 </td <td>0.05</td>	0.05
Sum	100	100	100
Chemical composition (% DM) ³			
Crude protein	58.0	58.0	58.7
Crude lipid	8.1	8.1	8.2
Crude ash	13.5	12.9	12.8
Crude fiber	0.4	0.6	0.3

¹All ingredients were provided with Kyongwon Ltd., Korea.

²Obtained from local market at Gyeonggi Province, in Korea.

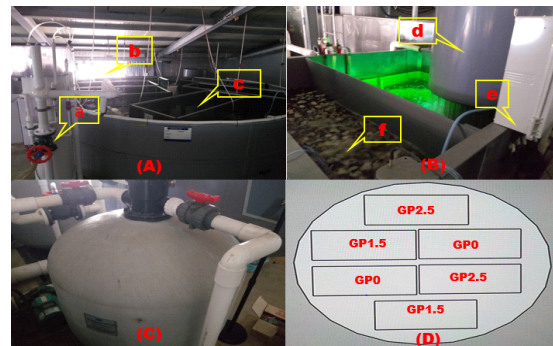
³Values are means of two determinations.

관계로 염분 적응력을 높이기 위해 현재 시판되는 상업용 배합사료와 다르게 소금과 미네랄 함량을 높여 설계되었다(<Table 1>).

실험사료는 (주)경원사료(충청남도 당진시)에서 직경 2.7 mm 내외 부상 EP (extruded pellet) 사료로 제작하였고, 제작된 실험사료는 시판되는 상업용 배합사료와 같은 20 kg 단위로 포장 후 냉동(-20℃)보관하여 사용되었다.

2. 실험시설 구성

실험시설의 구성은 순환여과시스템을 기반으로 하여 구성되었고, 원형수조(φ 5 m) 1개, 섬프수조(φ 1 m) 1개, 모래여과기(650 L) 1개, 유동상 여과기(720 L) 1개, 살수식 여과기(800 L) 1개, 자외선 램프(48 w) 5개 및 벤츄리 펌프(1.1 kw) 시스템 1개, 가온수조(1,200 L) 1개의 실험 시설로 이루어졌다. 또한 실험어 수용을 위해 원형수조 내 사각 가두리 수조(L 2.0 × W 0.85 × H 1.0 m) 6 개소를 배치하였다([Fig. 1]).



[Fig. 1] RAS (recirculating aquaculture system) facility configuration and experimental fish tank placement for river puffer (*Takifugu obscurus*) growth experiments. (A) experimental tank (φ 5 m) and peripheral equipment; (a) protein skimmer, (b) venturi system, (c) fish square cage (B) filtration and ultraviolet ray treatment facilities; (d) sprinkling filter, (e) UV control panel (f) fluidity filter (C) sand filter (D) fish square cage layout.

사각 가두리 수조는 윗면을 제외하고 모든 구획은 플라스틱 재질의 망으로 구성되었는데, 바닥에서 0.6 m 높이까지는 20 mm 망목을 사용하였으며, 나머지 0.4 m는 1.5 mm 망목을 사용하여 실험사료가 외부로 유출되지 않게 하였다.

3. 실험 전 수질관리

황복 성장실험을 위한 순환여과시스템의 안정적인 물만들기 작업은 황복 실험어 입식 전 4주간 수행되었다. 완전 담수로 시스템 내 20톤 물을 채워 순환시킨 후, 차아염소산나트륨 수용액 제품 yuhanrox (Yuhanclorox, Ltd., Korea)로 차아염소산나트륨 농도를 20 ppm으로 만들고 1일 동안 유지하여 소독작업을 진행하였다. 이후 염소 독성을 중화시키기 위해 티오황산나트륨(sodium thiosulfate pentahydrate 98.5%, Samchun, Ltd., Korea) 40 g을 물에 녹인 후 시스템 용수에 투입하였고, 최종 O-Tolidine 0.1% 시약(Samchun, Ltd., Korea)으로 잔류 염소가 없음을 확인 후에 유용 미생물 10종(*Bacillus subtilis*, *B. amuloliquefaciens*, *B. licheniformis*, *Cellulomonas sp.*, *Cellulomonas biazotea*, *Pseudomonas stutzeri*, *P. denitrificans*, *Rhodopseudomonas palustris*, *Nitrobacter winogradskyi* 및 *Nitrosomonas europaea*)의 혼합 시판 제품 BFT-ST (EgeeTech, Ltd., USA) 7.8 L를 어류 수조에 투입하였다. 60 L 별도 수조에 GP0 실험사료 2 kg을 넣고 물 30 L를 채워 분쇄 시킨 후 50 μ m 거름망으로 걸러진 물을 여과수조에 투입하여 암모니아를 발생시킨 후 질산화과정을 유도하였다. 사육수 내 빠른 수질 안정화를 위해 1주 동안은 Emerenciano et al. (2017)의 방법을 참고하여 용수 내 암모니아 발생량 (mg/L)에 따라 유기탄소 원인 정제 포도당을 섬프수조 내 200~500 g 투입하였고, 암모니아 농도가 1 mg/L 이하로 떨어진 2주 부터는 정제포도당 투입을 중단하였다. 또한 사육수의 염분 3 ppt를 맞추기 위해 중국산 천일염(Shandong Feicheng Refined Salt Plant, Co.,

Ltd. China)을 사용하였다.

4. 실험어 배치

본 실험에 사용된 황복은 경기도 파주시 소재 황복 양식장에서 140~280 g 체중을 갖는 개체 200마리를 구입하여 사용하였다. 구입된 황복은 본 실험수조 옆 다른 원형수조(ϕ 5 m)에서 수온 24~25 $^{\circ}$ C, 염분 3.0~3.8 ppt, DO (dissolved oxygeon) 7.5~8.5 mg/L, pH 7.5~7.9 조건으로 예비 사육되었으며, 구입 이후 3일 시점부터 GP0 실험사료를 1일 2회 반복 공급하였다. 사육수 내 암모니아 발생에 따라 1일 1회 20~30% 환수가 이루어졌으며, 예비사육 수조와 유사하게 수질 환경조건이 맞추어진 다른 원형수조(ϕ 5 m)에서 환수된 만큼 사육수가 보충되었다.

본 실험의 순환여과시스템 수질이 완성된 4주 시점에 실험 원형수조(ϕ 5 m) 내 6개의 사각 가두리 수조가 수용되었고, 가두리 수조 내 황복 실험어를 30마리씩 배치하여 180마리가 수용되도록 하였다. 모든 개체는 개별 측정되었고, 2반복 3개 실험구(GP0, GP1.5, GP2.5)의 실험구당 평균 어체중을 207g 내외가 되도록 선별하여 배치하였다. 실험어 중 너무 작거나 큰 개체 20마리는 본 실험 사용에 제외하였다.

5. 사료공급 및 수질관리

EP로 제작된 실험사료 3종은 황복 실험어가 사각 가두리 수조에 수용된 날로부터 3일간 절식 뒤 9주간(60일) 공급되었고, 1일 2회(오전 07:00, 오후 17:00) 반복 공급하였다. 사료공급에 따라 실험 기간의 안정적 수질 유지를 위해 전체 사육수량에 10~15%를 매일 환수하였고, 실험어 배치 전 활용된 원형수조(ϕ 5 m)를 이용하여 수질 환경조건을 맞추어 사육수를 보충하였다. 사료공급에 따른 사육수 내 pH 하강 현상으로 중탄산나트륨 (Samchun Ltd., Pyeongtaek, Korea) 80~120 g을 1일 1회 투입하여 pH 범위를 6.8~7.5에서 유지토록 하였다.

수질 측정은 1주 6회 용존산소(dissolved oxygen, mg/L), pH, 수온(°C), 탁도(NTU), TAN (total ammonia, $\text{NH}_4^{++}\text{NH}_3$) mg/L, $\text{NO}_2\text{-N}$ mg/L 및 $\text{NO}_3\text{-N}$ mg/L를 측정하였다. DO, pH, 수온 및 탁도는 현장 수질측정기인 YSI PRODSS (YSI Inc., USA)를 사용하였고, TAN, $\text{NO}_2\text{-N}$ 및 $\text{NO}_3\text{-N}$ 는 분석시약(NitraVer[®]X Reagent Set 2605345-KR, Low Range Ammonia Reagent Set 2604545-KR, NitraVer[®]3 Reagent Set 2608345-KR, HACH Ltd., USA)과 다목적 수질측정기인 DR5000 (HACH Ltd., USA)을 이용한 비색법으로 분석하였다.

6. 실험어 측정

본 사육시험 9주 후, 1일 사료절식 하고 실험에 사용된 황복에 대하여 전장 및 체중을 개별 측정하였다. 체중 측정 시 어류 마취제를 사용하지 않았으며, 5 L 용기에 소량을 물을 넣고 저울의 영점을 맞춘 다음 황복 개체의 물기를 제거 후 0.1 g 단위까지 측정하였다. 전장 측정은 어체중 측정 후 진행되었고, 30 cm 측정자를 붙인 아크릴판에 올려 0.1 cm 단위까지 측정되었다.

7. 통계분석

어류의 성장실험에서 얻어진 모든 자료[개시 어체중(g) 및 전장(cm), 종료 어체중(g) 및 전장(cm), 증체율(weight gain, WG), 사료효율(feed efficiency, FE), 단백질이용효율(protein efficiency ratio, PER), 일간성장률(specific growth rate, SGR), 비만도(condition factor, CF), 생존율(survival rate, SR)]의 변수는 SPSS Version 10 (SPSS, 1999) 프로그램의 일원분산분석(one-way ANOVA)을 이용하여 분석하였다. 개체 측정에 따라 실험구의 반복구별 집단간 유의성 유무를 분석 후, 유의한 차이가 없을 때 반복구의 평균값을 사용하여 분석되었으며, 실험구별 각 변수에 대한 유의차가 발견되었을 시 사후검정은 Duncan's multiple range test 분석을 이용하였다(Duncan, 1955). 황복

의 WG 및 SGR에 기반한 사료 내 최적 마늘분말 첨가 수준 분석은 2차 다항식 회귀분석을 이용하였으며, 모든 통계분석의 유의수준은 5% ($P < 0.05$)에서 결정되었다.

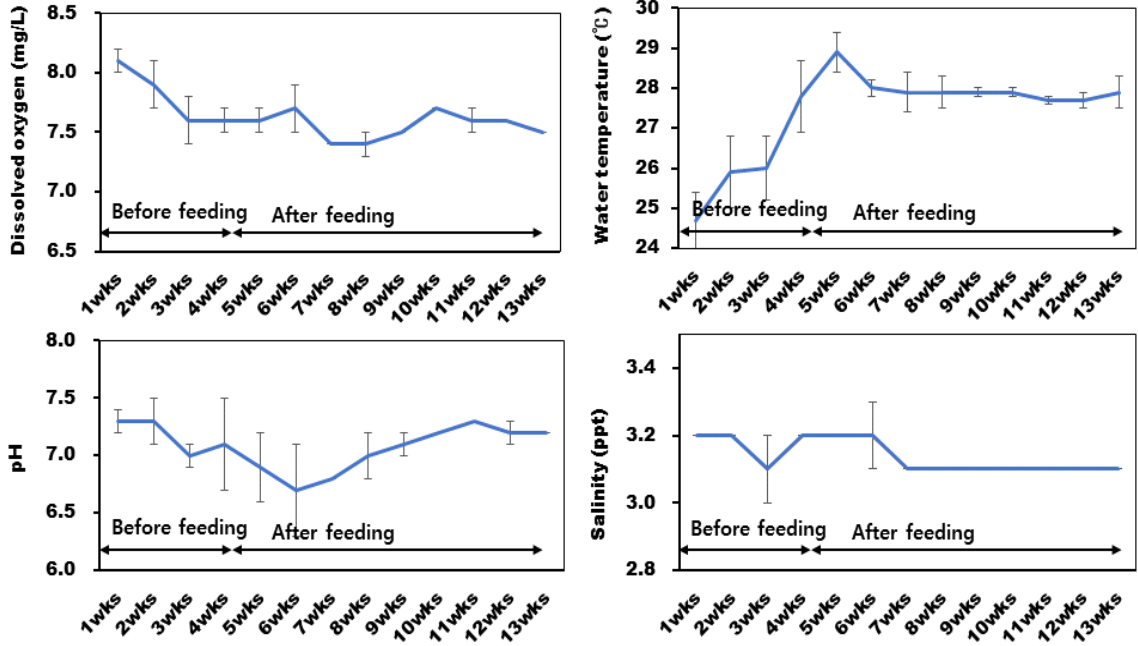
Ⅲ. 연구 결과

본 실험은 순환여과시스템을 이용하여 사료 내 마늘분말 첨가가 황복의 성장에 미치는 영향을 조사한 것으로, 순환여과시스템의 사육수를 안정화 시키기 위한 물만들기 작업을 4주간 수행 후 황복 실험어를 입식하여 9주간(60일) 성장실험을 진행하였다. 본 실험시설 순환여과시스템 내 수질분석 결과는 [Fig. 2, 3]와 같다.

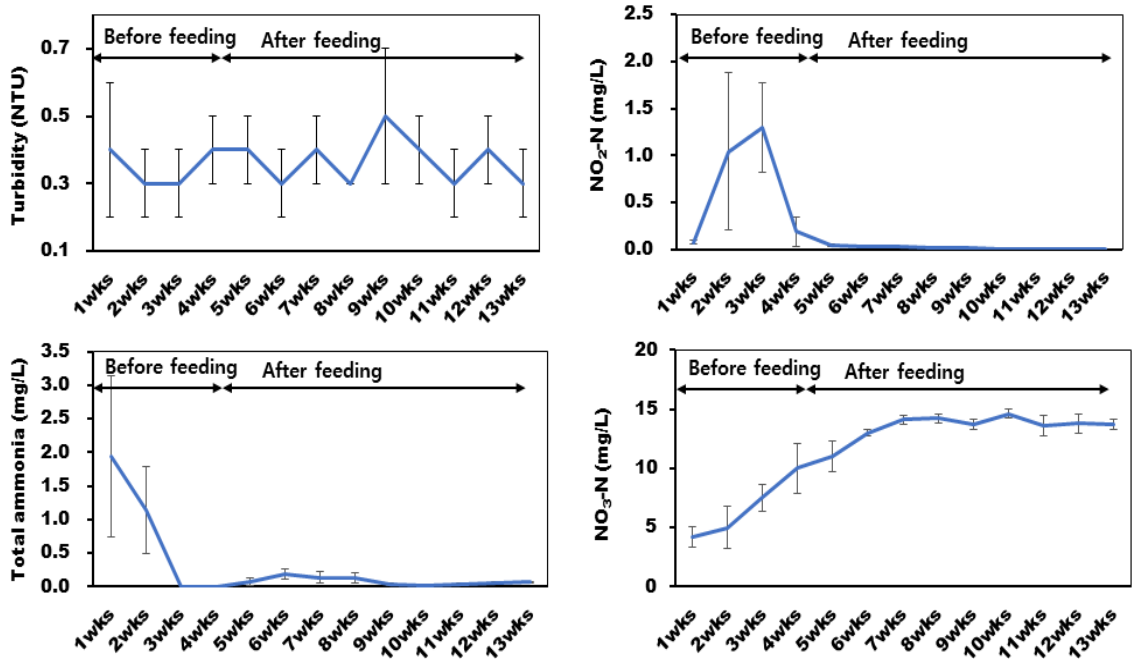
용존산소(dissolved oxygen, DO)는 미생물 투입 및 사육 수온 상승과 함께 3주간 지속적 감소하였으나, 이후 수온이 27~29°C로 유지되었을 때 7.0~7.8 mg/L 범위에서 증감을 반복하였다. pH는 질산화과정이 진행되어 아질산 농도($\text{NO}_2\text{-N}$)가 증가하는 2주부터 감소하기 시작하여 어류 입식과 더불어 사료가 공급되는 5주부터 급격히 하강하였다. pH 6.5 이하로 떨어지는 6주부터는 중탄산나트륨을 투입하여 사육수의 pH가 6.8~7.5 범위로 유지되는 경향을 보였다. 수온은 황복 실험어의 최적 성장을 유도하기 위해 실험어 입식 후 5주부터 27~29°C로 유지되었다.

탁도(turbidity)는 실험기간 동안 사육수 환수량에 따라 수치가 변화하였고, 0.1~0.9 NTU 값을 나타내었다. TAN (total ammonia)는 실험 1주에 최고 3.48 mg/L 값을 보인 후 감소하기 시작하여 14일 경과 시 0.48 mg/L로 하강하였고, 3주부터는 0.02~0.31 mg/L 범위의 값을 보였다. $\text{NO}_2\text{-N}$ 은 TAN 감소와 더불어 상승하여 3주에 가장 높게 유지되었고, 이후 감소하여 실험어 입식 5주부터는 0.1 mg/L 이하로 유지되었다. $\text{NO}_3\text{-N}$ 은 실험 2주부터 소량씩 지속적 상승하였으며, 황복 입식 후 사료공급과 1일 환수로 7주부터 실험종료 13주까지 12.2~14.9 mg/L의 값을 나타내었다.

마늘분말 첨가 사료가 황복, *Takifugu obscurus*의 성장 및 사료 이용성에 미치는 영향



[Fig. 2] Change of water quality (dissolved oxygen, pH, water temperature, salinity) with rearing fish tank for 1-14 weeks.



[Fig. 3] Change of water quality (turbidity, total ammonia, NO₂-N and NO₃-N) with rearing fish tank for 1-14 weeks.

황복 실험사료 공급에 따른 황복 실험어의 성장 결과는 <Table 2>와 같다. 황복 입식 후 9주간(5주~13주) 양성한 결과 실험구별 최종 평균 어체중은 GP1.5 (240.7±0.3 g) 실험구가 유의하게 가장 높은 값을 보였고, GP0 (234.3±1.7 g) 실험구, GP2.5 (229.9±1.6 g) 실험구 순으로 유의한 차이를 나타내었다(P<0.05). 그러나 최종 평균 어체의 전장은 3 실험구(GP0, 23.9±0.1cm; GP1.5, 24.3±0.1 cm; GP2.5, 22.9±0.2 cm) 모두 유의한 차이를 나타내지 못했다(P>0.05).

증체량(weight gain, WG)의 경우 다른 2 실험구에(GP0, 12.9±0.7%; GP2.5, 10.9±0.5% 비해 GP1.5 실험구 (16.4±0.9%)에서 유의하게 높은 값을 보였으며(P<0.05), GP0와 GP2.5 실험구에서는 유의한 차이를 나타내지 못했다(P>0.05). 또한 사료효율(feed efficiency, FE), 단백질 이용효율

(protein efficiency ratio) 및 일간성장율(specific growth rate, SGR)의 성장 요인도 GP1.5 실험구 (FE, 33.1±1.6%; PER, 0.57±0.0; SGR, 0.25±0.01 %/day)에서 다른 2 실험구에 비해 유의성 있게 높은 값을 보였고(P<0.05), GP0 실험구와 GP2.5 실험구에서는 유의한 차이가 없었다(P>0.05). 비만도(condition factor, CF) 및 생존율(survival rate, SR)은 3 실험구 모두 유의한 차이를 나타내지 못했다(P>0.05).

황복의 WG 및 SGR에 기반하여 사료 내 최적 마늘분말 첨가 수준을 파악하기 위해 2차 다항식 회귀분석 결과([Fig. 4]) 본 실험에서는 사료내 kg 당 1.12%로 첨가하는 것이 200~250g 어체중을 갖는 황복의 최적 성장(WG, 16.8%; SGR, 0.27 %/day)을 유도하는 것으로 나타났다.

<Table 2> Growth performance of river puffer, *Takifugu obscurus* fed three experimental diets for 9wk¹

Item	Diet			p-value
	GP0	GP1.5	GP2.5	
Initial average fish weight (g)	207.5±0.1 ^{ns}	206.8±1.4	207.3±0.5	0.713
Final average fish weight (g)	234.3±1.7 ^b	240.7±0.3 ^a	229.9±1.6 ^c	0.009
Initial average fish length (cm)	23.0±0.1 ^{ns}	23.2±0.0	22.9±0.2	0.485
Final average fish length (cm)	23.9±0.1 ^{ns}	24.3±0.1	23.8±0.2	0.068
WG (%) ²	12.9±0.7 ^b	16.4±0.9 ^a	10.9±0.5 ^b	0.012
FE (%) ³	26.3±1.6 ^b	33.1±1.6 ^a	22.2±1.1 ^b	0.025
PER ⁴	0.46±0.03 ^b	0.57±0.03 ^a	0.38±0.02 ^b	0.011
SGR (%/day) ⁵	0.20±0.01 ^b	0.25±0.01 ^a	0.17±0.01 ^b	0.045
CF ⁶	1.72±0.01 ^{ns}	1.68±0.01	1.71±0.03	0.136
SR (%) ⁷	100±0.0 ^{ns}	100±0.0	100±0.0	1.000

¹Values (means±SE of two replicates) with different superscripts in the same row are significantly different (P<0.05).

²Weight gain (%) = [final weight (g) - initial weight (g)] × 100 / initial weight (g).

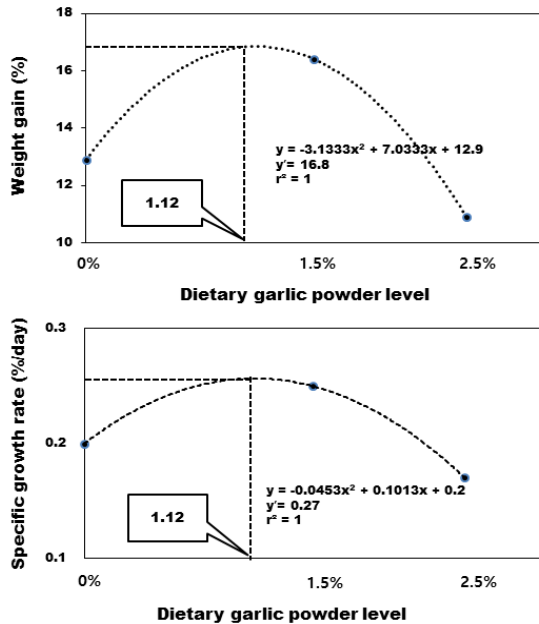
³Feed efficiency (%) = [wet weight gain (g) / dry feed intake (g)] × 100.

⁴Protein efficiency ratio = (wet weight gain (g) / protein intake (g)) × 100.

⁵Specific growth rate (%/day) = [Ln final weight (g) - Ln initial weight (g)] / experimental days × 100.

⁶Condition factor = [(fish weight (g) / fish length (cm)³)] × 100.

⁷Survival rate (%) = final fish number / initial fish number × 100.



[Fig. 4] The second order polynomial analysis on weight gain (%) and specific growth rate (%/day) of river puffer, *Takifugu obscurus* to dietary garlic powder levels.

IV. 결론

본 실험에 적용된 황복 수질환경([Fig. 2, 3])은 경기도 소재 황복 양식장에서 운영되는 수질 자료를 기초하여 실험 진행되었다. 양식 현장에서 가장 강조하는 부분은 적정 수온과 pH 유지로, 황복의 경우 수온은 $28 \pm 1^\circ\text{C}$, pH는 7.0 ± 0.2 범위를 벗어나지 않는 것이 최적의 황복 성장을 유지하는 방법으로 알려져 있다. 더불어 황복 양식장 경영인은 단백질이 높은 사료를 공급하는 것이 사료 비용은 높으나 성장에 유리하여 경영 측면에서 더 유리하다고 한다.

현재 황복의 사료 연구는 치어기를 대상으로 연구가 수행되었으나 100 g 이후 어체중에 대하여는 연구가 전무한 실정이다(Yoo et al., 2014; You and Bai, 2014a; You and Bai, 2014b; Kang et al., 2015). 황복은 100 g 이후 낮은 FE(평균 29%)

및 SGR(평균 0.31%/day)을 보여(NIFS, 2006) 이를 해결하기 위해서는 전용 사료 개발은 필요 사항이나 현재 국내 황복 양식장이 극히 소수로 운영되어 전용 사료의 개발 필요에 대한 인식은 낮다고 할 수 있다. 이러한 현실에 대응할 수 있는 하나의 방안으로 사료 내 효율성을 높일 수 있는 적절한 첨가 물질을 사용하는 것이다. 마늘은 어류의 성장촉진, 항균, 항바이러스, 항산화 및 구충효과와 더불어 저렴한 가격으로 사료에 첨가될 수 있고, 양식 수질 환경에도 거의 영향을 주지 않는다는 많은 장점이 있다(Valenzuela-Gutierrez et al., 2021).

사료 내 마늘을 분말 및 액상 추출물 형태로 첨가한 후 양식 수산생물에 공급하여 성장, 면역 반응 및 항산화 능력 등을 개선하는 많은 연구가 수행되어 오고 있다(Lee and Gao, 2012; Megbowon et al., 2013; Lee et al., 2014; Leila et al., 2016; Dadgar et al., 2019; Mahmoud et al., 2019; Adinech et al., 2020; Valenzuela-Gutierrez et al., 2021; Setijaningsih et al., 2021; ÖZ and Dikel, 2022; Muahiddah and Diamahesa, 2023).

열대성 어종인 나일 틸라피아(*Oreochromis niloticus*) 양식에서 사료 내 마늘을 첨가하여 공급하였을 경우 WG와 SGR이 크게 향상되었다고 보고되었으며(Soltan and El-Laithy, 2008), Shalaby et al.(2006)은 사료 내 3%의 마늘 분말이 첨가된 사료를 섭취한 나일 틸라피아의 경우 WG, FE, PER 및 SGR의 수치가 개선 되었음을 보고하였다. 또한 사료 내 3%의 마늘 분말을 함유한 사료를 섭취한 나일 틸라피아는 어체 중량 증가가 가장 높았음을 밝혔으며(Metwally, 2009), Abdel-Hakim et al.(2010)은 사료 내 3%의 마늘 분말 첨가는 나일 틸라피아의 WG, FCR (feed conversion rate) 및 CF 향상에 매우 긍정적 효과가 있음을 보고하였고, Setijaningsih et al.(2021)는 나일 틸라피어를 대상으로 마늘 추출액(10%/kg feed weight)을 3% 첨가하여 공급한 결과 미첨가 실험구에 비해 어류의 WG 및 SGR이 높게 나타났음을 보고하였다.

냉수성 어종인 무지개송어(*Oncorhynchus mykiss*)의 경우 사료 내 1.0% 마늘 분말을 첨가한 사료를 공급하였을 경우 어류의 WG, FE 및 PER의 값이 증가한 것으로 나타났고(Nya and Austin, 2009), 또한 마늘 분말을 알코올로 추출하여 사료 내 혼합하여 공급한 결과 시판되는 상업용 사료(crude protein 44~45%, crude fat 14~14.5%, moisture 10%, crude fiber 2~2.2%; Bezae Company, Iran)에 비해 FE 및 WG가 높게 나타나는 결과를 보였다(Adinech et al., 2020).

온수성 어종인 잉어(*Cyprinus carpio*)의 경우 사료 내 마늘 분말(GP 0%, 0.5%, 1.0%, 1.5%)을 첨가하여 8개월 성장 실험한 결과 미처리 실험구인 GP0에 비해 첨가된 3개 실험구(GP0.5, GP1.0, GP1.5)에서 WG 및 FCR 이 높았으며, 첨가된 3개 실험구간 유의한 차이는 없었으나 GP1.5 실험구에서 가장 높은 값을 나타내었다고 하였다(Chesti and Chauhan, 2018).

Lee et al.(2012)은 마늘 분말을 에탄올로 추출하여 사료에 흡착한 후 sterlet 철갑상어(*Acipenser ruthenus*)에 공급하여 성장 실험을 진행한 결과, 미첨가된 사료에 비해 높은 WG, FE, SGR 및 PER 값을 보였다. 이러한 이유로 혈액 내 인슐린 호르몬의 증가를 언급하였으며, 어류의 인슐린은 혈중 포도당을 글리코젠으로 합성하여 저장하는 동화작용을 하면서 동시에 지질이나 단백질을 합성하여 각 조직에 저장하는 역할을 수행하고, 더불어 혈중에 있는 에너지를 사용하여 어류를 성장 시킨다고 하였다(Lee et al., 2012).

그러나 이러한 결과와 달리 Sahu et al.(2007)은 사료 내 마늘 분말 0.5% 및 1% 첨가된 사료를 어류(*Labeo rohita*)에 공급한 결과 SGR 및 FCR이 미첨가된 사료 실험구와 크게 다르지 않다고 보고하였다. 가축의 경우 몇몇 연구에서는 마늘이 매운 냄새로 인해 사료의 기호성이 낮아질 수 있어 성장개선에 영향을 미치지 않는다고 제안하였다(Freitas et al., 2001; Bampidis et al., 2005).

본 실험에서 나타나는 <Table 2>의 결과는 앞

서 언급한 여러 어종에서 보여지는 성장 결과와 같이 200~250 g의 어체중을 갖는 황복의 경우 사료 내 마늘 분말을 1.5% 첨가(GP1.5)한 경우 성장개선에 효과가 있었다. 그러나 사료 내 2.5%의 마늘 분말 첨가(GP2.5)는 미첨가 사료(GP0)와 비교 시 최종 어체중을 제외한 모든 성장 요소에서 유의한 차이를 나타내지 못했는데, 이러한 이유는 GP2.5 실험구의 어류는 사료를 반복 공급 시 사료 섭취량이 적었기 때문이다.

본 실험에 사용된 기초 사료의 구성은 현재 황복 양식장에서 주로 사용하는 넙치 사료의 영양 성분에 기반하여 설계된 것이다. 본 실험에서 나타난 200~250 g의 어체중을 갖는 황복의 사료 내 최적 마늘 분말 첨가 농도는 WG와 SGR에 기반으로 한 2차 다항식 회귀 모델 분석([Fig. 4]) 결과 1.12%로 나타났으나, 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

References

- Abdel-Hakim NF, Lashin MME, Al-Azab AAM and Ashry AM.(2010). Effect of fresh or dried garlic as a natural feed supplement on growth performance and nutrients utilization of the Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Egypt J Aquat Biol Fish 14, 19~38.
<https://doi.org/10.21608/ejabf.2010.2058>
- Adinech H, Harsij M, Jafaryan H and Asadi M(2020). The effects of microencapsulated garlic (*Allium sativum*) extract on growth performance, body composition, immune response and antioxidant status of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles. Journal of Applied Animal Research 48(1), 372~378.
<https://doi.org/10.1080/09712119.2020.1808473>
- Akhter N, Wu B, Memon AM and Mohsin M(2015) Probiotics and prebiotics associated with aquaculture: a review. Fish Shellfish Immunol 45, 733~741.
<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2015.05.038>
- Bampidis VA, Christodoulou V, Christaki E,

- Florou-Paneri P and Spais AB(2005). Effect of dietary garlic bulb and garlic husk supplementation on performance and carcass characteristics of growing lambs. *Anim Feed Sci Technol* 121, 273~283.
<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.02.003>
- Banerjee G and Ray AK(2017). The advancement of probiotics research and its application in fish farming industries. *Res Vet Sci* 115, 66~77.
<https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2017.01.016>
- Chesti A and Chauhan RS(2018). Effect of inclusion of garlic (*Allium sativum*) on feed utilization and growth in Amur carp, *Cyprinus carpio haematopterus*. *The Pharma Innovation Journal* 7(3), 249~252. Retrieved from
<https://www.thepharmajournal.com/archives/2018/vol7issue3/PartD/7-2-60-993.pdf> on June 15, 2023.
- Dadgar Sh, Seidgar M., Nekuiefard A, Valipour AR, Sharifian M, and Hafezieh M.(2019). Oral administration of garlic powder (*Allium sativum*) on growth performance and survival rate of *Carassius auratus* fingerlings. *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 18(1), 71~82.
<http://doi:10.22092/ijfs.2018.117478>
- Duncan DB(1955). Multiple range and multiple 'F' tests. *Biometrics* 11, 1~42. Retrieved from
<http://garfield.library.upenn.edu/classics1977/A1977D M02600001.pdf>. on July 12, 2022.
- Freitas RJ, Fonseca B, Soares RT, Rostagn HS, and Soares .PR(2001). Utilization of garlic (*Allium sativum* L.) as growth promoter of broilers. *Rev Bras Zootec* 30, 761~765.
<https://doi.org/10.1590/S1516-35982001000300022>
- Gatlin DM. III, Barrows FT, Braown P, Dabrowski K, Gaylord TG, Hardy RW, Herman E, Hu G, Krogdahl A, Nelson R, Overturf. K, Rust M, Sealy W, Skonberg D, Souza EJ, Stone D, Wilson R and Wurtele E(2007). Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. *Aquaculture Research*. 38, 551~579.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2007.01704.x>
- Gbekley HE, Karou SD, Katawa G, Tchacondo T, Batawila K, Ameyapoh Y and Simpore J(2018). Ethnobotanical survey of medicinal plants used in the management of hypertension in the maritime region of Togo African. *J Tradit Complement Altern Med* 15, 85~97.
<https://doi.org/10.21010/ajtcam.v15i1.9>
- Hai NV(2015). The use of probiotics in aquaculture. *J Appl Microbiol* 119, 917~935.
<https://doi.org/10.1111/jam.12886>
- Kang HW, Cho JK, Son MH, Hong CG and Park JY(2015). Effect of feeding frequency on growth and body composition of juvenile river puffer, *Takifugu obscurus* in Winter season. *JFMSE* 33(5), 1027~1037.
<http://dx.doi.org/10.13000/JFMSE.2015.27.3.718>
- KOSIS(2023). Korean Statistical Information Service. Statistics by type of fishery, breed and fishing method for 2006-2022 period. KOSIS. Daejeon, South Korea.
- Mahmoud R, Aziza A, Marghani Basma and Eltaysh R(2019). Influence of ginger and garlic supplementation on growth performance, whole body composition and oxidative stress in the muscles of Nile tilapia (*O. niloticus*). *Adv Anim Vet Sci* 7(5), 397~404.
<http://dx.doi.org/10.17582/journal.aavs/2019/7.5.397.404>
- Megbowon I, Adejonwo OA, Adeyemi YB, Kolade OY, Adetoye AAA, Edah CA, Okunade OA and Adedeji AK(2013). Effect of garlic on growth performance, nutrient utilization and survival of an ecotype cichlid, 'Wesafu'. *IOSR-JAVS* 6(3) 10-13. Retrieved from
<http://https://www.iosrjournals.org/iosr-javs/papers/vol6-issue3/C0631013.pdf> on June 15, 2023.
- Metwally MAA(2009). Effects of garlic (*Allium sativum*) on some antioxidant activities in tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*). *World J Fish Mar Sci* 1:56-64. Retrieved from
[https://www.idosi.org/wjfm/wjfm1\(1\)09/8.pdf](https://www.idosi.org/wjfm/wjfm1(1)09/8.pdf) on July 12, 2022.
- MOF(2014). Ministry of Oceans and Fisheries. Technical development for eco-friendly aquaculture and industrialization of river puffer, *Takifugu obscurus*. MOF report 1525003276, 1~199. Retrieved from
<https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchReport.do?cn=TRKO201500000605#>; on July 12, 2022.
- Muahiddah N and Diamahesa WA(2023). The use of garlic (*Allium sativum*) as an immunostimulant in aquaculture. *Journal of Fish Health* 3(1), 11~8.

- <https://doi.org/10.29303/jfh.v3i1.2751>
NIFS(2006). National Institute of Fisheries Science. Aquaculture manual for river puffer (*Takifugu obscurus*). NIFS report ED-2006-AQ-001, 1~189. Retrieved from https://www.nifs.go.kr/cmnmn/file/farm/farm_10.pdf on July 12, 2022.
- Nya EJ and Austin B(2009). Use of garlic, *Allium sativum*, to control *Aeromonas hydrophila* infection in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). J Fish Dis 32, 963~970.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.2009.01100.x>
- Lee DH, Lim SR, Ra CS and Kim JD(2012). Effects of dietary garlic extracts on whole body amino acid and fatty acid composition, muscle free amino acid profiles and blood plasma changes in juvenile sterlet sturgeon, *Acipenser ruthenus*. Asian-Aust J Anim Sci 25(10), 1419~1429.
<http://dx.doi.org/10.5713/ajas.2012.12184>
- Lee DH, Lim SR, Han JJ, Lee SW, Ra CS and Kim JD(2014). Effects of dietary garlic powder on growth, feed utilization and whole body composition changes in fingerling sterlet sturgeon *Acipenser ruthenus*. Asian-Australas J Anim Sci 27, 1303~310.
<https://doi.org/10.5713/ajas.2014.14087>
- Lee JY and GaoY(2012). Review of the application of garlic, *Allium sativum*, in aquaculture. Journal of World Aquaculture Society 43(4), 447~58.
<https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2012.00581.x>
- Leila S, Nasim Z, Seyed-Mohammad M and Mohammad Z(2016). Effect of dietary Garlic extract on growth, feeding parameters, hematological indices and body composition of *Litopenaeus vannamei*. Journal of the Persian Gulf 24(7), 29~1. Retrieved from <http://jpg.inio.ac.ir/article-1-504-en.html> on June 15, 2023.
- ÖZ M and Dikel S(2022). Effect of garlic (*Allium sativum*) supplemented diet on growth performance, body composition and fatty acid profile of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Cell Mol Biol 68(1), 217~25.
<http://dx.doi.org/10.14715/cmb/2022.68.1.26>
- Perez-Sanchez T, Mora-Sanchez B and Balcazar JL(2018). Biological approaches for disease control in aquaculture advantages, limitations and challenges. Trends Microbiol 26, 896~03.
<https://doi.org/10.1016/j.tim.2018.05.002>
- Setijaningsih L, Setiadi E, Taufik I and Mulyasari(2021). growth performance and immune response of tilapia *Oreochromis niloticus*. IOP Conf. Ser. : Earth Environ. Sci 744, 1~.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/744/1/012072>
- Shalaby AM, YM Khat tab and AM Abdel rahman(2006). Effects of garlic (*Allium sativum*) and chloramphenicol on growth performance, physiological parameters and survival of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). J Venom Anim Toxins incl Trop Dis 12, 172~201.
<https://doi.org/10.1590/S1678-91992006000200003>
- Sahu S, Das BK, Mishra BK, Pradhan J and Sarangi N(2007). Effect of *Allium sativum* on the immunity and survival of *Labeo rohita* infected with *Aeromonas hydrophila*. J Appl Ichthyol 23, 80~6.
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00785.x>
- Soliman WS, Shaapan RM, Mohamed LA and Gayed SSR(2019). Recent biocontrol measures for fish bacterial diseases, in particular to probiotics, bio-encapsulated vaccines, and phage therapy. Open Vet J 9, 190~95.
<https://doi.org/10.4314/ovj.v9i3.2>
- Subramanian MS, Nandagopal Ms G, Amin Nordin S, Thilakavathy K and Joseph N(2020). Prevailing knowledge on the bioavailability and biological activities of sulphur compounds from alliums: a potential drug candidate. Molecules 25(18), 4111.
<https://doi.org/10.3390/molecules25184111>
- Valenzuela-Gutierrez R, Lago Leston A, Vargas-Albores F, Cicala F, Martinez-Porchas M(2021). Exploring the garlic (*Allium sativum*) properties for fish aquaculture. Fish Physiol Biochem 47, 1179~198.
<https://doi.org/10.1007/s10695-021-00952-7>
- Wang A, Ran C, Wang Y, Zhang Z, Ding Q, Yang Y, Olsen RE, Ringo E, Bindelle J and Zhou Z(2019). Use of probiotics in aquaculture of China –a review of the past decade. Fish Shellfish Immunol 86, 734~55.
<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.12.026>
- Yoo GY, Yun HH and Bai SC(2014). Optimum dietary protein level in juvenile river puffer

- Takifugu obscurus*. JFMSE 26(4), 915~922.
<http://dx.doi.org/10.13000/JFMSE.2014.26.4.915>
- Yoo GY and Bai SC(2014a). Optimum dietary lipid level in juvenile river puffer *Takifugu obscurus*. JFMSE 26(4), 859~867.
<http://dx.doi.org/10.13000/JFMSE.2014.26.4.915>
- Yoo GY and Bai SC(2014b). Effects of dietary lipid sources and essential fatty acids on the growth and body composition of the juvenile river puffer fish *Takifugu obscurus*. Kor J Fish Aquat Sci 47(4), 390~398.
<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2014.0390>
- Zorriehzahra MJ, Delshad ST, Adel M, Tiwari R, Karthik K, Dhama K and Lazado CC(2016). Probiotics as beneficial microbes in aquaculture: an update on their multiple modes of action: a review. Vet Q 36, 228~241.
<https://doi.org/10.1080/01652176.2016.1172132>
-
- Received : 08 January, 2024
 - Revised : 08 February, 2024
 - Accepted : 15 February, 2024