

사료 내 마늘분말 첨가에 따른 1년생 황복, *Takifugu obscurus*의 성장 및 사료 이용성에 미치는 영향

이 동 훈*

*경기도해양수산물연구소(연구사)

Effect of Dietary Garlic Powder on Growth and Feed Utilization in One-year-old River Puffer Fish, *Takifugu obscurus*

Dong-Hoon LEE*

*Gyeonggi Province Maritime and Fisheries Research Institute(researcher)

Abstract

The most important factor in river puffer (*Takifugu obscurus*) aquaculture is a technology to quickly grow from fry to the selling size of 300 g and it takes about two to three years for a river puffer fish to grow to mean weight 300 g. This research was performed to investigate the effects of adding garlic powder (GP) to feed on growth and feed utilization of river puffer fish (averaging weight, 86~313g) for 7 months (210 days). 2,400 fish were randomly distributed to each of 3 tanks (800 fish/tank) under a RAS (recirculating aquaculture system). There were three types of diet used in the experiment: one commercial diet (COM) and two diets added 0% (GP0) and 1.5% (GP1.5) of garlic powder, respectively. After the feeding trial, mean fish weight (g) and length (cm) of fish fed GP1.5 (313 g, 23.8 cm) were significantly higher ($P<0.05$) than those of fish fed COM (238.0 g, 21.7 cm) and GP0 (275.0 g, 22.5 cm). Also, weight gain (WG), feed efficiency (FE), protein efficiency (PER), and specific growth rate (SGR) for each experimental group showed high values in the GP1.5 group. The present study suggested that dietary GP for river puffer fish could positively affect growth performance and this experiment is significant in that it investigated the growth effect over a long period of time up to 300 g, which is the sales size of river puffer.

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

I. 서론

복어류는 현재 120여 종이 서식하고 있으나, 식용으로 이용되는 종류는 황복(*Takifugu obscurus*), 참복(*T. chinensis*), 자주복(*T. rubripus*) 등 10종 내외에 불과하다. 복어류는 일본, 중국 등 동남아시아 지역에서 경제적 가치가 있는 수산생물로 국내에서도 많은 소비가 이루어진다(MOF, 2014).

특히 황복(*Takifugu obscurus*)은 복어류 중 최고급 어종에 속하며(Kang et al., 2015), 국내 서식 황복은 산란기인 4~6월에만 강으로 올라와 어획되어 식용으로 이용되며, 현재 경기도 지역 임진강, 한강에서 어획되고 있으며, 2024년 기준 75톤이 어로 어업으로 경기도에서 생산되었다(KOSIS, 2024).

황복 양식장은 2023년 기준으로 전국 5개소 내외로 파악되고 있을 정도로 일부 양식장에서 운

* Corresponding author : 031-8008-6510, leedh27@gg.go.kr

영하고 있는데 이는 최소 판매 크기(300g)까지 양성 기간이 2~3년 이상 필요하여 관리 비용이 많이 소요되기 때문이다. 양식 현장에서는 황복 육성 비용이 양식장 규모에 따라 차이가 있으나, 황복 1kg 생산원가는 30,000원에서 50,000원 이상 소요되는 것으로 알려져 있다(Lee, 2024).

이러한 생산 비용의 증가는 출하 가격으로 이어지며, 소비자에게 판매되는 가격이 높게 형성되어 소비 저하로 이어지게 된다. 이를 해결하기 위한 위해 황복 육성 기간을 단축하는 방안이 필요하며, 이에 대한 하나의 방법으로 성장 단계별 황복 사료 개발을 통해 빠른 성장을 도모하는 것이다. 다른 어류와 비교해 황복의 경우 100g 이전까지는 성장이 늦은 편은 아니지만 이후 성장은 둔화되는 경향을 보인다(NIFS, 2006). 현재까지 황복을 대상으로 한 국내 배합사료 연구는 대부분 치어기를 대상으로 한 연구로 100g 이후 육성어에 대한 연구는 미비한 실정이다(MOF, 2014; Yoo et al., 2014; You and Bai, 2014a; You and Bai, 2014b; Kang et al., 2015).

수산양식에서 호르몬, 항생제 및 기타 여러 화학물질의 이용은 대상 수산생물의 성장촉진, 질병치료 등 목적에 맞게 사용되지만 이들 물질의 잔류 효과로 인해 비교적 권장되지 않고 있다(Megbowon et al., 2013). 식물은 앞선 물질들에 비해 저렴하고 안전한 천연 공급 물질로, 식물 유래 제품은 수산양식에서 면역자극, 항스트레스, 사료섭취 및 성장촉진과 같은 다양한 역할을 하는 것으로 보고되어 있다(Gatlin et al., 2007; Lee et al., 2014).

백합과에 속하는 다년생 식물인 마늘(*Allium sativum*)은 인간의 건강을 개선하기 위해 수 세기 동안 기능성 식품으로 사용되었으며, 고혈압, 항균 작용 및 정맥부전 등에 효능이 있는 것으로 알려져 있다(Gbekley et al., 2018). 마늘은 수산양식 분야에도 양식생물의 성장개선 및 질병예방 목적으로 분말, 오일, 용매 추출물 등 다양한 형태로 사용되어 왔다(Subramanian et al., 2020).

국내에서 200g 전후의 황복을 대상으로 마늘분말 첨가 사료가 황복의 성장 및 사료 이용성에 미치는 연구가 수행되었으나, 2개월간의 단기 실험이었고 출하 가능 크기인 300g까지 성장 결과를 제시하지 못했다(Lee, 2024).

따라서 본 연구의 목적은 100g 전후의 황복을 대상으로 현재 황복 양식에 사용되는 상업용 사료에 비해 마늘분말 첨가 사료를 공급한 황복이 출하 크기인 300g 성장까지 얼마나 기간을 단축할 수 있는지 파악하고, 더불어 사료 이용성에 어떠한 영향을 미쳤는지 조사하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 실험사료 준비

실험에 사용된 사료는 황복 양식장에서 사용되는 상업용 사료인 the premium (Cargill Agri Purina, Inc, Korea) 1종류(COM)와 사료 내 마늘분말을 각각 0%(GP0) 및 1.5%(GP1.5) 첨가하여 EP (extruded pellet)로 제작된 사료 2종류로, 총 3종류의 사료가 이용되었다. 실험 사료(GP0%, GP1.5%)는 (주경원사료(충청남도 당진시)에서 부상 EP 사료(직경 2.7mm 내외)로 제작하였고, 20kg 단위로 포장되어 냉동(-20℃) 보관하여 사용하였다. 또한 본 실험은 황복을 해수 양식시설이 아닌 내수면 순환여과양식 시설에서 염분 순치하여 실험 진행된 관계로 황복의 염분 적응을 높이기 위해 상업용 배합사료보다 미네랄 및 소금 함량을 높여 제작되었다(<Table 1>).

2. 실험시설 구성

실험시설은 개별 순환여과시스템을 기반으로 하여 구성된 실험수조 3set를 사용하였다. 각 실험수조 1set는 원형수조(φ 5m) 1개, 섬프수조(φ 1 m) 1개, 유동상 여과기(720L) 1개, 살수식 여과기(800L) 1개, 모래여과기(650L) 1개, 자외선 램프(48w) 5개 및 벤츄리 펌프(1.1kw) 시스템 1개, 가

온수조(1,200L) 1개로 구성되었다([Fig. 1]).

<Table 1> Composition and proximate analysis of the experimental diet

Ingredient	Diet		
	COM ¹	GP0 ²	GP1.5 ³
Fish meal (Denmark)	-	57	57
Corn gluten meal	-	7.7	7.7
Krill meal	-	5	5
Wheat flour	-	22.3	20.8
Fish Oil	-	2	2
Garlic powder ⁴	-	0	1.5
Mono calcium phosphate	-	1.7	1.7
Lysine (78%)	-	1	1
Salt	-	0.9	0.9
Vitamine mix	-	0.5	0.5
Mineral mix	-	0.6	0.6
Betaine	-	0.4	0.4
Taurine	-	0.4	0.4
Choline-liquid (50%)	-	0.2	0.2
Vitamine E (25%)	-	0.1	0.1
Stay C	-	0.1	0.1
Methionine (100%)	-	0.05	0.05
Antioxidant	-	0.05	0.05
Sum	-	100	100
Chemical composition			
(% , DM) ⁵			
Crude protein	58.4	58.0	58.0
Crude lipid	6.4	8.1	8.1
Crude ash	14.9	13.5	12.9
Crude fiber	1.4	0.4	0.6

¹Commercial diet (Cargill Agri Purina, Inc, Korea) used in river puffer aquaculture farm.

^{2,3}All ingredients were provided with Kyongwon Ltd., Korea.

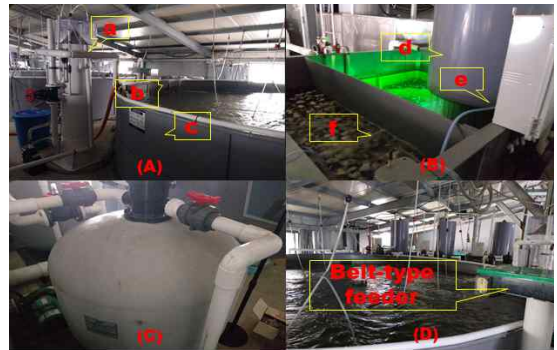
⁴Obtained from local market at Gyeonggi Province, in Korea.

⁵Values are means of two determinations.

3. 실험 전 수질관리

황복 성장 실험 전 수질관리는 이전 Lee(2024)에 의해 진행된 방법으로 진행되었다. 차아염소산나트륨 수용액 제품 yuhanrox (Yuhanclorox, Ltd., Korea)로 차아염소산나트륨 농도를 20ppm으

로 만들어 사육수(20톤) 전체 소독 작업을 진행한 후, 염소 독성을 중화시키기 위해 티오황산나트륨(sodium thiosulfate pentahydrate 98.5%, Samchun, Ltd., Korea) 40g을 사용하였고, 최종 O-Tolidine 0.1% 시약(Samchun, Ltd., Korea)으로 잔류 염소가 없음을 확인 후에 유용미생물 10종의 혼합 시판 제품 BFT-ST (EgeeTech, Ltd., USA) 7.8L를 어류 수조에 투입하였다.



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

각 실험 수조별 질산화 과정 유도를 위해 60L 수조에 실험사료(GP0) 2kg과 물 30L를 채워 사료를 분해한 후 50 μ m 거름망으로 걸러진 물을 여과 수조에 투입하여 암모니아를 발생시켰다. 이 후 Emerenciano et al.(2017)의 방법을 참고하여 용수 내 암모니아 발생량 (mg/L)에 따라 유기탄소원인 정제 포도당을 섰프수조 내 200~500g 투입하였고, 암모니아 농도가 1 mg/L 이하로 떨어진 2주부터는 투입을 중단하였다. 중국산 천일염

(Shandong Feicheng Refined Salt Plant, Co., Ltd. China)을 사용하여 사육수의 염분을 3~5ppt로 유지하도록 하였다.

4. 실험어 배치

본 실험에 사용된 황복은 민간 황복 양식장(경기도 파주시 소재)에서 5~10g 전후 개체 5,000마리를 구입하여 10개월 양성한 후, 60~120g 개체 2,400마리를 선별하여 실험에 사용하였다. 각 실험 수조별 800마리가 수용되었고, 실험구별 어체중 평균 86~87 g의 범위가 되도록 배치하였다.

5. 사료공급 및 수질관리

EP로 제작된 실험사료 2종(GP0, GP1.5)과 상업용 사료 1종(COM)은 실험어가 실험수조에 수용된 날로부터 2일간 절식 뒤 7개월간(210일) 공급되었고, 벨트형 사료공급기를 이용하여 어체중의 1~2% 범위에서 동일 사료량으로 12시간(오전 07:00~오후 19:00) 공급하였다.

사료공급에 따라 실험 기간의 안정적 수질 유지를 위해 전체 사육수의 10% 범위에서 매일 환수하였으며, 중탄산나트륨(Samchun Ltd., Pyeongtaek, Korea)을 이용하여 사육수 내 pH 범위를 6.8~7.2에서 유지토록 하였고, 1일 1회 80~180g의 중탄산나트륨이 사용되었다. 염분은 3~5ppt 범위를 유지하였다. 수질 측정은 1주 6회 용존산소(dissolved oxygen, mg/L), pH, 수온(°C), 염분(ppt), 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, 염분 및 탁도는 현장 수질측정기인 YSI PRODSS (YSI Inc., USA)를 사용하였고, TAN, $\text{NO}_2\text{-N}$ 및 $\text{NO}_3\text{-N}$ 는 비색법으로 분석되었으며, 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)가 이용되었다.

6. 실험어 측정

7개월간 사료 공급에 따른 황복의 성장도 조사는 7회 수행되었고, 각 실험 수조별 어류용 포획 뜰채를 이용하여 5회 샘플 수집 후 조사되었다. 체중의 경우 샘플 횟수별 어체중을 측정한 후, 마리수를 파악하여 5회 표본평균 체중의 평균으로 조사하였으며, 전장은 표본 샘플 5회에서 각 10마리를 무작위 선택하여 실험 수조별 50마리에 대해 개별 측정이 이루어졌다.

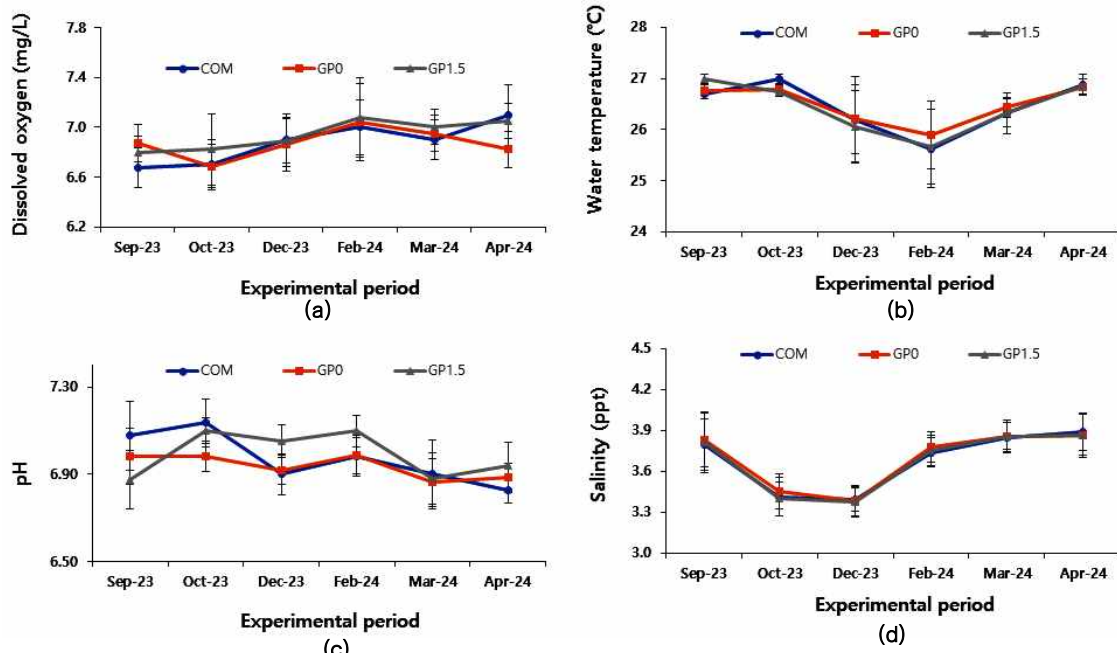
7. 통계분석

어류의 성장실험에서 얻어진 어체중(g) 및 전장(cm)의 변수는 SPSS Version 10 (SPSS, 1999) 프로그램의 일원분산분석(one-way ANOVA)을 이용하여 분석하였다. 실험구별 각 변수에 대한 유의차가 발견되었을 시 사후검정은 Duncan's multiple range test 분석을 이용하였고(Duncan, 1955), 통계분석의 유의수준은 5% ($P < 0.05$)에서 결정되었다.

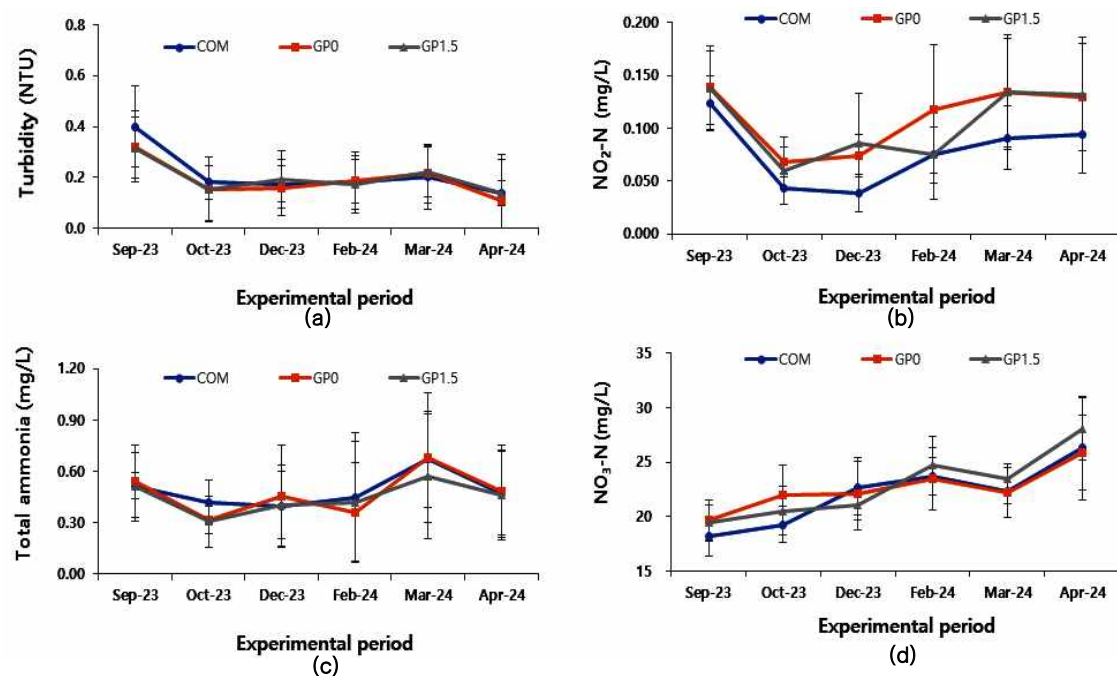
III. 연구 결과

본 실험은 현재 황복 양식 현장에서 이용되고 있는 상업용 사료와 마늘분말이 첨가된 사료가 황복 성장과 사료 이용성에 어떠한 영향을 미치는지 조사한 실험이다. 내수면에서 황복을 양식하기 위해서는 일정 부분 염분이 유지되어야 하므로 순환여과시스템 방법을 사용하여 7개월간 진행되었다. 본 실험시설 순환여과시스템 내 수질분석 결과는 [Fig. 2, 3]과 같다.

실험기간 동안 용존산소(dissolved oxygen, DO), 수온(water temprature), pH, 염분(salinity) 및 탁도(turbidity)는 3개 실험구(COM, GP0, GP1.5) 모두 유사한 경향을 나타내었다. DO의 경우 6.39



[Fig. 2] Change of water quality (dissolved oxygen, pH, water temperature, salinity) with rearing fish tank for 7 months. COM, commercial diet; GP, garlic powder.



[Fig. 3] Change of water quality (turbidity, total ammonia, NO₂-N and NO₃-N) with rearing fish tank for 7 months. COM, commercial diet; GP, garlic powder.

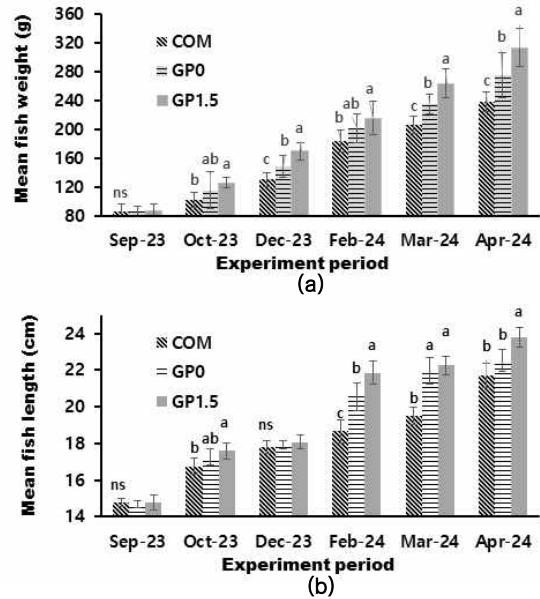
mg/L에서 7.68mg/L의 값을 보였고, 수온은 24.1℃에서 27.2℃의 값을 나타내었다. pH는 6.72에서 7.22의 값을 보였고, 염분은 3.52ppt에서 4.51ppt 값을 나타내었고, 탁도는 0.1NTU에서 1.3NTU 값을 나타내었다. 특히 pH는 중탄산나트륨을 투입하여 유지되는 관계로 다른 수질 요인에 비해 다소 변화폭이 큰편으로 나타났다.

질소화합물인 총암모니아(total ammonia, TAN), 아질산염(NO₂-N) 및 질산염(NO₃-N)의 경우도 3개 실험구 모두 유사한 경향을 보였다. TAN의 경우 0.17mg/L에서 1.12mg/L의 값을 보였고, NO₂-N은 0.032mg/L에서 0.218mg/L 값을 나타내었으며, NO₃-N은 14.2mg/L에서 36.9mg/L 값을 보였다. 현재 질소화합물은 황복 양식에 무해한 범위의 농도로 유지되었는데, 특히 NO₃-N은 1일 전체 사육수의 10%를 환수함에도 불구하고 지속적으로 증가하는 경향을 보였다.

황복 실험사료 공급에 따른 황복 실험어의 성장도 조사를 위한 각 실험구별 샘플 수집 결과는 <Table 2>와 같다. 실험어 배치 후 포획용 뜰채를 이용하여 실험구별 황복 샘플 5회 수집 결과 평균 43에서 44마리가 넘었으나, 육성 기간이 경과됨에 따라 줄어들기 시작하여 최종 실험 측정 종료 기간에는 평균 17마리에서 20마리가 포획되었다. 이는 황복 실험어의 성장으로 인해 같은 포획 뜰채를 사용하더라도 포획 뜰채 내 실험어

를 포획할 수 있는 공간이 줄어들었기 때문이다.

각 실험구별 황복 샘플 개체의 평균 체중 및 체장 변화는 [Fig. 4]와 같다.



[Fig. 4] Change of mean fish weight (g) and fish length (cm) of river puffer, *Takifugu obscurus* fed three experimental diets for 7 months. ¹Values are means±SE of five replicates with different superscripts are significantly different (P<0.05). COM, commercial diet; GP, garlic powder.

<Table 2> Results of sample collection five times to investigate growth (mean fish weight and length) during the river puffer (*Takifugu obscurus*) feed experiment¹

Experimental period	Sample mean weight (g)			Total fish No.			Mean fish No.		
	COM	GP0	GP1.5	COM	GP0	GP1.5	COM	GP0	GP1.5
Sep-23	3,706±610	3,744±433	3,802±255	214	217	221	43±4.3	43±1.9	44±4.0
Oct-23	3,432±500	3,826±435	3,714±183	170	169	148	34±4.9	34±3.9	30±1.8
Dec-23	3,634±409	3,826±287	3,660±364	141	130	108	28±4.8	26±2.9	22±1.1
Feb-24	3,860±268	3,858±271	3,910±334	105	96	92	20±1.5	20±1.6	18±3.2
Mar-24	4,478±197	4,636±325	4,612±219	109	99	88	22±1.9	20±1.9	18±1.5
Apr-24	4,752±350	5,116±285	5,298±299	100	92	85	20±1.6	18±1.7	17±1.6

¹Values are means±SE of five times sample collection. COM, commercial diet; GP, garlic powder

황복 실험어 입식 후 7개월간(210일) 양성한 결과 3개 실험구 모두 초기 평균 86g인 개체가 실험 종료 후 COM구는 238.0±13.8g, GP0구는 275.0±30.9, GP1.5구는 313.3±27.0g으로 성장하여 GP1.5구가 유의하게 높은 평균 체중 값을 나타내었다($P<0.05$). 또한 체장에서도 초기 평균 14.8cm인 개체가 7개월간(210일) 양성한 후 COM구는 21.7±0.7cm, GP0구는 22.5±0.6cm, GP1.5구는 23.8±0.5cm으로 성장하여 GP1.5구가 유의하게 높은 평균 체장 값을 나타내었다($P<0.05$).

황복 실험어의 초기 실험구 전체 어체중과 7개월간(210일) 양성하여 조사된 전체 어체중의 결과를 바탕으로 본 실험의 사료에 대한 이용성 평가 결과는 <Table 3>와 같다.

실험구별 증체량(weight gain, WG)의 경우 다른 2 실험구에(COM, 159.6%; GP0, 200.6%) 비해 GP1.5 실험구가 249.9%로 가장 높은 값을 보였다. 사료효율 (Feed efficiency, FE)은 COM 35.9% GP0 44.4% 및 GP1.5 53.8%, 단백질이용효율 (protein efficiency, PER)은 COM 0.62 GP0 0.77% 및 GP1.5 0.93%, 일간성장률 (specific growth rate, SGR)은 COM 0.45%/day, GP0 0.52%/day 및

GP1.5 0.60%/day로 조사되었고, 생존율 (survival rate, SR)은 COM94.1% GP0 95.0% 및 GP1.5 95.3%로 나타나 GP1.5 실험구에서 모든 사료 이용성에 대한 항목이 높았다.

IV. 결 론

현재 치어기를 대상으로 황복 사료 연구가 주로 수행되었으나(Yoo et al., 2014; You and Bai, 2014a; You and Bai, 2014b; Kang et al., 2015), 황복 성장이 지연되는 100g 이후 육성어에 대한 연구는 미흡한 실정이다. Lee(2024)은 200g 이후 황복 성장 및 사료 이용성에 관한 연구를 수행한 바 있다. 100g 이후 황복 육성어에 대한 전용 사료 개발은 필요 사항으로, 이 시기의 황복은 낮은 사료효율(FE, 평균 29%) 및 일간성장률(SGR, 평균 0.31%/day)을 보여(NIFS, 2006) 이를 개선할 사료가 필요하기 때문이다. 현재 국내 황복 양식이 극히 소수로 운영되어 전용 사료의 개발 필요에 대한 인식은 낮다고 할 수 있는데, 이러한 현재 사항에 대응할 수 있는 하나의 방법으로 사료 내 적절한 첨가 물질을 사용하여 사료 효율성

<Table 3> Growth performance of river puffer, *Takifugu obscurus* fed three experimental diets for 7 months.

Item	Diet		
	COM	GP0	GP1.5
Initial total fish weight (g)	69,120	68,880	69,280
Final total fish weight (g)	179,410	207,020	242,380
Feed intake(g, DM)	307,576	310,825	321,805
WG (%) ¹	159.6	200.6	249.9
FE (%) ²	35.9	44.4	53.8
PER ³	0.62	0.77	0.93
SGR (%/day) ⁴	0.45	0.52	0.60
SR (%) ⁵	94.1	95.0	95.3

¹Weight gain (%) = [final weight (g) - initial weight (g)] × 100 / initial weight (g).

²Feed efficiency (%) = [wet weight gain (g) / dry feed intake (g)] × 100.

³Protein efficiency ratio = (wet weight gain (g) / protein intake (g)) × 100.

⁴Specific growth rate (%/day) = [Ln final weight (g) - Ln initial weight (g)] / experimental days × 100.

⁵Survival rate (%) = final fish number / initial fish number × 100.

을 높일 수 있게 하는 것이다.

어류 양식에 대한 마늘 사용은 항균, 항바이러스, 구충효과, 항산화 및 성장촉진 효과가 있으며, 양식 수질 환경에도 거의 영향을 주지 않으며, 저렴한 가격으로 사료에 첨가될 수 있다는 많은 장점이 있다(Valenzuela-Gutierrez et al., 2021).

마늘의 어류성장 촉진 효과는 어류 생산성을 향상시키는 효과가 있다고 하였는데, 이는 어류의 사료 섭취량을 늘리고 소화를 개선하며 영양소의 가용성을 높이기 때문이다(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). 또한 장내 미생물 조절과 항기생충, 항스트레스, 항산화, 항바이러스, 항균 및 면역자극 방지도에 관여하는 기능을 가지고 있다고 알려져 있다(Adinech et al., 2020; Valenzuela-Gutierrez et al., 2021; Muahiddah and Diamahesa, 2023). 마늘을 분말 및 액상 추출물 형태로 사료 내 첨가한 후 양식 대상 생물에게 공급하여 면역반응, 항산화 능력 및 성장 촉진 등에 대한 많은 연구가 보고되고 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 어종으로 알려진 나일 틸라피아(*Oreochromis niloticus*)의 경우 마늘을 사료 내 첨가하여 급여하였을 경우 증체량(WG)과 일간성장률(SGR)이 높게 증진되었다고 연구되었으며(Soltan and El-Laithy, 2008), 마늘 분말이 첨가된 사료(사료 내 3%)를 섭취한 나일 틸라피아는 증체율(WG), 사료효율(FE), 단백질이용효율(PER) 및 일간성장률(SGR)의 값이 개선되었음을 보고하였다(Shalaby et al., 2006).

Metwally(2009)은 마늘 분말을 사료 내 3% 첨가

하여 나일 틸라피아에게 공급한 결과 어체 중량 증가가 가장 높았음을 보고하였으며, 사료 내 3%의 마늘 분말 첨가는 나일 틸라피아의 증체율(WG), 사료계수(FCR, feed conversion rate) 및 비만도(CF, conditon factor) 향상에 매우 긍정적 효과가 있음을 보고하였다(Abdel-Hakim et al., 2010). 또한 마늘 추출액(10%/kg feed weight)을 3% 첨가하여 나일 틸라피아에게 공급한 결과 미첨가구에 비해 증체율(WG) 및 일간성장률(SGR)이 향상되었음을 보고하였다(Setijaningsih et al., 2021).

Nya and Austin(2009)은 냉수성 어종으로 알려진 무지개송어(*Oncorhynchus mykiss*)를 대상으로 마늘 분말을 첨가한 사료(사료 내 1.0%)를 어류에 급여하였을 경우 증체율(WG), 사료효율(FE) 및 단백질이용효율(PER)의 수치가 향상된 것으로 보고하였고, 또한 Adinech et al.(2020)은 알코올로 마늘분말을 추출하여 수용액 형태로 사료 내 혼합하여 공급한 결과 판매되는 상업용 사료(crude protein 44~45%, crude fat 14~14.5%, moisture 10%, crude fiber 2~2.2%; Bezae Company, Iran)에 비해 사료효율(FE) 및 증체율(WG)이 향상되는 결과를 보였다고 하였다.

Chesti and Chauhan(2018)은 온수성 어종인 잉어(*Cyprinus carpio*)에 마늘 분말(GP 0%, 0.5%, 1.0%, 1.5%)이 첨가된 사료를 공급하여 8개월 성장 실험한 결과 미처리구(GP0)에 비해 첨가된 3개 실험구(GP0.5, GP1.0, GP1.5)에서 증체율(WG) 및 사료계수(FCR)가 향상되었고, GP1.5 실험구에서 가장 높은 수치를 나타내었다고 하였으나, 첨가된 3개 실험구간 유의한 차이는 나타내지 못했다고 하였다.

국내의 경우 sterlet 철갑상어(*Acipenser ruthenus*)에 대해 마늘 분말을 에탄올로 추출하여 사료에 혼합한 후 급여하여 성장 실험 결과, 미첨가구에 비해 높은 증체율(WG), 사료효율(FE), 일간성장률(SGR) 및 단백질이용효율(PER) 값을 보였다(Lee et al., 2012). 이러한 이유로 Lee et al.(2012)은 마늘을 섭취한 어류의 혈액 내 인슐린 호르몬

의 증가는 어류 성장을 향상시킬수 있기 때문이라 하였다.

그러나 앞서 언급한 연구 결과와 다르게 마늘 분말이 첨가(GP 0.5%, GP 1.0%)된 사료를 검은 북미잉어(*Labeo rohita*)에 공급한 결과 일간성장률 (SGR) 및 사료계수(FCR)가 미첨가구와 비교 시 유의하게 차이가 나지 않는다고 보고되었다(Sahu et al., 2007). Freitas et al.(2001)와 Bampidis et al.(2005)은 가축의 경우 마늘의 매운 냄새로 사료의 기호성이 낮아져 성장 향상에 긍정적 효과가 없는 것이라 제안하였다.

본 실험에서 얻어진 [Fig. 4]와 <Table 3>의 결과는 앞서 언급한 여러 어종에서 보고된 성장 결과와 같이 86~311g의 평균 어체중을 갖는 황복의 경우 마늘분말이 첨가된 사료(GP 1.5%)를 섭취하였을 때 성장개선에 효과가 있었다.

Lee(2024)는 200g 전후의 황복에 대하여 마늘 분말 첨가 사료(GP 0%, 1.5%, 2.5%) 공급이 황복의 성장 및 사료 이용성에 미치는 영향에 관한 연구 결과를 보고하였는데, GP 1.5% 사료에서 높은 WG(%), FE(%), PER 및 SGR(%/day)의 값을 나타내었다고 하였다. 그러나 실험이 8주의 기간으로 진행되어 실험 종료 시 GP 1.5% 실험구의 황복 개체 어체중은 206g에서 240g으로 성장하였으나 황복의 출하 크기인 300g까지 진행되지 않았다. 본 실험은 황복 성장이 둔화되는 100g 전후의 어체중을 갖는 개체를 대상으로 출하 크기인 300g까지 장기간에 걸쳐 사료 내 마늘분말 첨가에 따른 성장 효과를 조사한 것에 큰 의의가 있다고 할 수 있다. 또한 본 실험에 사용된 기초 사료의 구성은 현재 황복 양식장에서 주로 사용하는 낚치 사료의 영양성분에 기반하여 설계된 것이나, 황복을 해수 양식시설이 아닌 내수면 순환여과양식 시설에서 염분 순치하여 실험 진행된 관계로 염분 적응력을 높이기 위해 현재 시판되는 상업용 배합사료와 다르게 사료 내 소금과 미네랄 함량을 높여 설계하였다(<Table 1>). 그리고 실험에 적용된 수질환경([Fig. 2, 3])은 이전

Lee(2024)의 황복 200~250g 육성어 실험 수질자료를 기초하여 진행되어 환경적인 수질 영향을 최소화 하였다.

본 실험에서 100g 전후 황복을 300g까지 7개월 내 빠르게 육성할 수 있었던 것은 최적의 환경조건을 제공한 가운데 사료 내 마늘분말 첨가의 효과도 병행되었기 때문이라 사료되며, 향후 양식 현장에 실증 실험이 수행되어야 할 것으로 고려된다.

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>
- 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>
- 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>
- 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.vi15.1.9>
- 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>
- 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(2024). Korean Statistical Information Service. Statistics by type of fishery, breed and fishing method for 2006-2023 period. KOSIS. Daejeon, South Korea.
- Lee JY and Gao Y(2012). Review of the application of garlic, *Allium sativum*, in aquaculture. Journal of World Aquaculture Society 43(4), 447~58.
<https://doi:10.1111/j.1749-7345.2012.00581.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 DH(2024). Effect of dietary Garlic powder on growth and feed utilization in river puffer fish, *Takifugu obscurus*. JFMSE 36(1), 175~186.
<https://doi.org/10.13000/JFMSE.2024.2.36.1.175>
- 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.
- 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/cmmn/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>
- 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>
- 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>
- Setijaningsih L, Setiadi E, Taufik I and Mulyasari (2021). rowth performance and immune response of tilapia *Oreochromis niloticus*. *IOP Conf. Ser. : Earth Environ Sci* 744, 1~8. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/744/1/012072>
- Shalaby AM, YM Khatlab 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>
- Soltan M and El-Laithy SM(2008). Effect of probiotics and some spices as feed additives on the performance and behaviour of the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Egypt J Aquat Biol & Fish* 12(2), 63~80. <https://10.21608/ejabf.2008.1992>
- 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>
- 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>

-
- Received : 23 January, 2025
 - Revised : 10 March, 2025
 - Accepted : 18 March, 2025