

큰가리비 *Patinopecten yessoensis* 치패의 성장 및 생존율 향상을 위한 대체 먹이원 개발

남명모, 박진철, 박미선, 이 주

국립수산과학원 동해수산연구소

Development of replacement diets for improved growth and survival rate of scallop juvenile *Patinopecten yessoensis*

Myung-Mo Nam, Jin-Chul Park, Mi Seon Park and Chu Lee

East Sea Fisheries Research Institute NFRDI, Gangneung 210-861, Korea

ABSTRACT

This study was done to examine the effect of several diets (Phytoplankton = PHY, Shellfish Diet 1800 = INS, Oil type = OTE, Powder type = PTE) on growth, survival rate and biochemical composition of scallop juvenile *Patinopecten yessoensis*. The highest survival rate were observed in PTE + PHY (90%). The highest shell length and shell height was observed in PHY and PTE + PHY diet ($P > 0.05$). The growth with PTE and OTE diet was the lowest in shell length and shell height ($P < 0.05$). On the other hand, the shell width and meat weight were highest in PHY and PTE + PHY, while the lowest in PTE and OTE ($P < 0.05$). The content of fatty acids such as DHA and n-3 PUFA levels was significantly higher in the juvenile fed on PTE + PHY than in those fed on PHY and INS alone. Also, the total protein ranged 55.5 to 65.2% in PHY + INS, while 44.8%, 47.9% in PTE and OTE respectively. The RNA and DNA contents were the highest in PHY and PTE + PHY, while the lowest in PTE and OTE ($P < 0.05$). RNA/DNA ratio significantly higher in juvenile with PHY + INS than those with PTE and OTE alone ($P < 0.05$). The combination of PTE + PHY could improve the growth and survival of scallop juvenile. Our results suggested that PTE could partially replace live algae in bivalve larval rearing.

Key words: Scallop juvenile, *Patinopecten yessoensis*, Growth, Survival rate, Biochemical composition

서론

동해안 특산 양식 큰가리비 (*Patinopecten yessoensis*)는 한해성 패류로 산업적으로 차지하는 비율이 매우 큰 중요한 종이다. 동해안에서 큰가리비 양식산업이 지속적으로 발전하기 위해서는 인공종묘생산에 의한 우량종패 공급이 뒷받침되어야 하는데 아직까지도 인공종묘생산단계에서 어린 유생 및 치패가 많이 폐사되고 있는 실정이다. 일반적으로 큰가리비 생존에 영향을 미치는 요인으로는 수온, 염분, 수용밀도 등과 같은 환경요인이 있지만 (Rhodes and Widman, 1980; Winson 1987), 특히, 유생 및 치패 단계에서는 먹이가 폐사에 직접적

인 영향을 미치며, 그 중에서도 먹이 내 존재하는 고도불포화 지방산 (polyunsaturated fatty acids, PUFAs)의 함량부족이 큰 영향을 미친다 (Milke *et al.*, 2004).

일반적으로 20℃ 이하의 차가운 수온에서 서식하는 가리비는 환경에 대한 내성을 유지하기 위해 PUFAs 요구량이 높다 (Naidu, 1991). 특히, PUFAs는 차가운 수온에서 세포막 유동성 유지 등과 같은 생리화학적 특성과 그 외 다양한 대사작용에 기여하는 매우 중요한 영양소 중에 하나이다 (Sinensky, 1974; Hall *et al.*, 2002). 하지만 이러한 PUFAs의 지방산은 가리비를 포함한 대부분의 이매패류 체내에서는 합성을 못하기 때문에 반드시 먹이원을 통해서만 얻을 수 있으므로 항상 부족현상이 나타나곤 한다 (Langdon and Waldoock, 1981; Waldoock and Holland, 1984). 그 중에서도 n-3 PUFA인 EPA (eicosapentaenoic acid, 20:5n-3)와 DHA (docosahexaenoic acid, 22:6n-3)가 중요하다 (Langdon and Waldoock, 1981; Marty *et al.*, 1992). EPA는 가리비의 아가미와 세포막 유동에 관한 역할을 수행하며 (Hall *et*

Received: June 10, 2012 ; Accepted: June 19, 2012
Corresponding author: Chu Lee
Tel: +82 (33) 660-8541 e-mail: Chulee@nfrdi.go.kr
1225-3480/24436

al., 2002), DHA는 세포막 구성 성분에 있어 필수적이다 (Soudant *et al.* 1998). 또한 큰가리비와 같은 환류성 패류는 그들이 서식하는 환경에 의해 EPA와 DHA를 포함한 PUFAs와 같은 고도불포화지방산의 요구량이 높은 것으로 알려져 있다 (Naidu, 1991). 그 외 다양한 PUFAs의 지방산은 체내에서 여러 가지 대사작용에 기여하며, 세포막 유동성 유지와 같은 생리학적인 역할도 수행하는 것으로 보고되고 있다 (Sinensky, 1974; Hall *et al.*, 2002). 그러나 가리비를 포함한 대부분의 이매패류는 이처럼 중요한 PUFAs의 지방산을 체내에서 합성할 수 있는 능력이 없거나 부족하기 때문에 정상적인 성장과 생존을 위해서는 반드시 먹이원을 통해 공급하여야 한다 (Milke *et al.*, 2004).

이처럼 이매패류에서 PUFAs의 역할과 중요성이 크기 때문에 일반적으로 식물성미세조류의 중간 특이성을 감안하여 단독보다는 혼합하여 공급하여야 한다 (Milke *et al.*, 2004). 그러나 식물성미세조류의 대량배양은 패류 양식생산 비용의 30%를 차지할 정도로 높으며 (Coutteau and Sorgeloos, 1993), 또한 식물성미세조류 내 존재하는 각기 다른 PUFAs를 공급하기 위해 여러 종의 식물성미세조류를 배양하는 경우에는 생산비용이 증가되므로 식물성미세조류를 대체할 수 있는 먹이원이나 영양강화원을 모색해야 한다.

본 연구에서는 중간육성 중인 큰가리비 치패에 공급한 먹이원에 존재하는 PUFAs 함량이 치패의 성장과 생존에 어떠한 영향을 미치는지 살펴보고, PUFAs 함량을 고려하여 기존 먹이인 식물성미세조류를 대체할 새로운 먹이원 및 영양강화원을 찾고자 한다.

재료 및 방법

먹이원에 따른 성장 및 생존을 실험을 위해 *Isochrysis galbana*, *Tetraselmis suecica*, *Chaetoceros calcitrans*, *Phaeodactylum tricornutum* 등의 식물성미세조류 4종을 배양하여 각각 3:2:1:1 비율로 혼합한 100% 식물성미세조류 (PHY) 를 만들었으며, 또한 경제성 있는 먹이원을 찾기 위해 mL 당 20억 cells로 농축되어 시판되고 있는 Shellfish Diet 1800® (Reed mariculture Inc., U.S.A, 이하 INS) 를 사용하였다. 여기에 Park *et al.* (2011) 의 방법으로 Oil type (OTE) 과 Powder type (PTE) 의 지질영양강화원을 제조하여 이들을 단독 또는 혼합하여 먹이원의 영향에 대한 실험을 하였다. 사육 실험은 ① PHY 단독 (100%), ② PTE (50%) + PHY (50%), ③ INS (50%) + PTE (50%), ④ INS (50%) + PHY (50%), ⑤ OTE (50%) + PHY (50%), ⑥ INS (100%), ⑦ OTE (100%), ⑧ PTE (100%) 공급구로 구분하여 실시하였다.

실험에 사용한 큰가리비 치패는 동해수산연구소에서 2011

년 3월에 채란하여 6개월 사육한 중간육성 치패를 사용하였다. 실험 수조는 50 L 수조 (배양수 40 L) 를 급격한 수온변화를 막을 수 있는 실내에 설치하고 여과된 해수를 충분히 공급할 수 있도록 주수 시설을 완비하였으며, 사육수조 내에 원활한 먹이 순환과 산소 공급을 위해 통기를 시켜주었다. 각 수조에 큰가리비 치패를 먹이원 실험구별로 각각 20개체씩 3반복으로 수용하고 유수식으로 사육하였다. 이 때 초기 치패의 평균 각장 크기는 15.0 ± 2.4 mm, 각고 14.0 ± 2.3 mm, 각폭 3.0 ± 0.6 mm, 전중량 0.3 ± 0.2 g이였으며, 실험기간 사육수온은 12.7-15.3°C (자연수온) 이었다. 먹이는 1일 2회 (9:00, 15:00) 공급하였으며 먹이를 공급한 후에는 치패의 먹이 섭취율을 높여 주기 위해 유수식인 사육수를 2시간 정지시켜 주었다.

6주간 사육하고 실험을 종료한 후에는 큰가리비 치패를 전체 계수하여 생존율을 조사하고 각 실험구별로 개체를 임의적으로 선택하여 vernier calipers로 각장, 각폭 및 각고를 측정하였으며, 전중량은 전자저울을 이용하였다. 모든 측정이 끝난 뒤에는 이들의 총단백질, 지방산 및 핵산 조성을 조사하기 위해 샘플링하고 기존 분석방법에 의해 분석을 행하였다 (Morrison and Smith, 1964; Parrish, 1987; Peragon, *et al.*, 2001). 분석을 하기 전 샘플은 동결건조 시켰으며, 이후 샘플 시료를 정량화하여 자동아미노산분석기 (HSAAA, Hitachi L-8800, Japan) 와 가스크로마토그램 (GC, 6890 plus, Agilent, U.S.A.) 을 사용하여 구성아미노산과 지방산을 분석하였으며, 총 단백질은 구성 아미노산의 총량과 중량법으로 계산하여 백분율로 표기하였다.

통계처리

실험 결과는 one-way ANOVA-test를 실시하였으며, 처리 평균간의 유의성 ($P < 0.05$) 은 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955) 로 하였다. 또한 모든 통계 분석은 SPSS program (Ver. 14.0) 으로 검정하였다.

결 과

먹이원에 따른 큰가리비 치패의 생존율은 PTE + PHY 혼합구에서 90.0%로 유의적으로 가장 높게 나타났으며, 그 다음 PHY 단독구 (81.7%), INS+PHY (78.3%), INS+PTE (75.0%), INS (75.0%), OTE + PHY (71.7%), PTE (70.0%), 그리고 OTE (62.5%) 순으로 낮게 나타났다 ($P < 0.05$, Fig. 1).

먹이원에 따른 각장, 각고, 각폭 및 전중량의 성장 변화는 그림 2와 같았다. 각장과 각고는 PHY 단독 실험구에서 각각 22.8 mm, 22.1 mm로 가장 높게 나타났으나 ($P < 0.05$), PTE + PHY 혼합 실험구의 22.7, 21.7 mm와는 유의적인

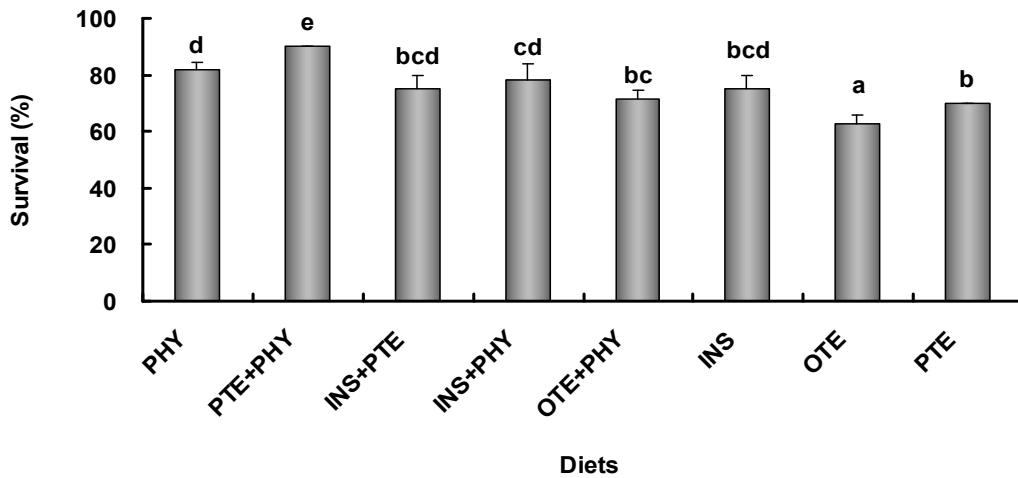


Fig. 1. Survival rate of *Patinopecten yessoensis* juvenile fed with different diets (n=3).

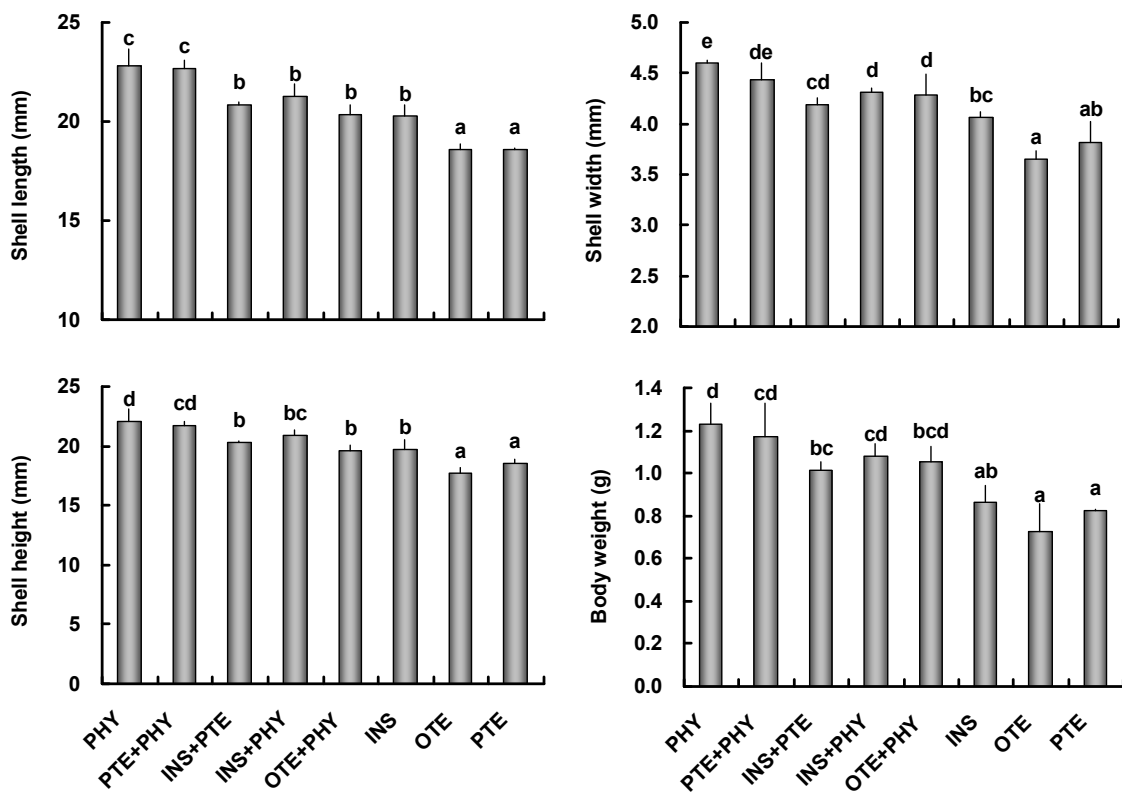


Fig. 2. Growth of *Patinopecten yessoensis* juvenile fed with different diets.

차이가 없었다 ($P > 0.05$). 그 다음으로 INS + PHY, INS + PTE, OTE + PHY 혼합구 및 INS 단독구가 높게 나타난 반면 PTE와 OTE 단독구는 유의적으로 낮게 나타났다 ($P < 0.05$). 한편, 각폭 및 전중량도 동일한 경향을 보여 PHY

단독 실험구와 PTE + PHY 혼합 실험구에서 4.4-4.6 mm, 1.2 g으로서 유의적으로 가장 높게 나타난 반면 PTE와 OTE 단독구는 3.6-3.8 mm, 0.7-0.8 g으로 가장 낮았다 ($P < 0.05$).

Table 1. Fatty acid, essential amino acid and total protein of *Patinoptecten yessoensis* juvenile fed with different diets (unit: %)

	PHY	PTE + PHY	INS + PTE	INS + PHY	OTE + PHY	INS	OTE	PTE
C18:2n6	1.9 ± 0.12 ^{cd}	1.0 ± 0.50 ^{ab}	1.0 ± 0.50 ^{abc}	2.4 ± 0.44 ^d	4.1 ± 0.67 ^e	1.3 ± 0.45 ^{abc}	1.8 ± 0.10 ^{bcd}	0.8 ± 0.11 ^a
C18:3n3	0.1 ± 0.12 ^a	0.2 ± 0.05 ^a	0.2 ± 0.06 ^a	0.4 ± 0.11 ^b	0.1 ± 0.18 ^a	-	-	0.4 ± 0.19 ^b
C18:3n6	1.0 ± 0.18 ^b	0.4 ± 0.04 ^a	0.5 ± 0.16 ^a	1.8 ± 0.13 ^c	1.1 ± 0.15 ^b	1.0 ± 0.45 ^b	0.4 ± 0.08 ^a	0.5 ± 0.13 ^a
C20:3n3	6.2 ± 0.66 ^b	9.3 ± 0.18 ^{cd}	9.6 ± 0.91 ^d	6.4 ± 0.10 ^b	5.4 ± 0.32 ^{ab}	8.0 ± 1.30 ^c	4.6 ± 0.91 ^a	5.6 ± 0.88 ^{ab}
ARA	3.1 ± 0.33 ^b	4.6 ± 0.09 ^{cd}	4.8 ± 0.45 ^d	3.2 ± 0.05 ^b	2.7 ± 0.16 ^{ab}	4.0 ± 0.65 ^c	2.3 ± 0.45 ^a	2.8 ± 0.44 ^{ab}
EPA	20.0 ± 1.23 ^{de}	10.6 ± 1.47 ^b	11.4 ± 0.37 ^b	18.0 ± 0.89 ^{cd}	21.9 ± 0.34 ^e	18.4 ± 2.04 ^{cd}	17.0 ± 0.34 ^c	6.1 ± 0.82 ^a
DHA	28.0 ± 1.70 ^a	44.4 ± 7.31 ^{bc}	41.1 ± 3.77 ^b	25.6 ± 1.33 ^a	26.5 ± 2.51 ^a	30.2 ± 2.43 ^a	42.9 ± 1.56 ^{bc}	48.9 ± 0.73 ^c
DHA/EPA	0.7 ± 0.01 ^e	0.2 ± 0.03 ^b	0.3 ± 0.02 ^b	0.7 ± 0.02 ^e	0.8 ± 0.08 ^f	0.6 ± 0.02 ^d	0.4 ± 0.01 ^c	0.1 ± 0.02 ^a
EPA/ARA	6.5 ± 0.87 ^{cd}	2.3 ± 0.35 ^a	2.4 ± 0.29 ^a	5.6 ± 0.26 ^{bc}	8.1 ± 0.58 ^e	4.8 ± 1.39 ^b	7.6 ± 1.66 ^{de}	2.2 ± 0.05 ^a
n-3 PUFA	55.2 ± 2.58 ^{ab}	64.7 ± 8.20 ^c	62.6 ± 4.42 ^{bc}	51.8 ± 2.13 ^a	54.9 ± 2.61 ^{ab}	57.5 ± 2.76 ^{abc}	65.0 ± 0.91 ^c	61.1 ± 0.84 ^{bc}
n-6 PUFA	5.4 ± 0.31 ^{bc}	5.9 ± 0.60 ^{cd}	6.2 ± 0.81 ^{cd}	6.1 ± 0.53 ^{cd}	6.9 ± 0.89 ^d	5.3 ± 0.80 ^{bc}	4.4 ± 0.37 ^{ab}	4.0 ± 0.14 ^a
Essential amino acid (%)	7.4 ± 0.17 ^{ab}	7.4 ± 1.11 ^{ab}	8.8 ± 2.75 ^b	8.5 ± 0.32 ^{ab}	7.9 ± 1.15 ^{ab}	9.5 ± 1.15 ^b	6.6 ± 0.31 ^a	6.5 ± 0.57 ^a
Total protein (%)	64.1 ± 3.35 ^c	64.0 ± 1.87 ^c	64.0 ± 0.06 ^c	65.2 ± 1.69 ^c	55.5 ± 0.37 ^b	64.5 ± 0.63 ^c	47.0 ± 2.78 ^a	44.8 ± 1.70 ^a

먹이원에 따른 가리비 치패의 지방산 및 총 단백질 함량은 Table 1과 같았다. 필수지방산 중의 하나인 ARA (arachidonic acid, C20:4n-6) 의 함량은 INS + PTE 혼합구에서 4.8%로 높았으나 ($P < 0.05$), PTE + PHY 혼합구의 4.6%와는 유의적인 차이가 없었다 ($P > 0.05$). EPA (ecosapentaenoic acid, C20:5n-3) 함량은 OTE+PHY 혼합구에서 21.9%로 가장 높게 나타난 반면 PTE 단독구는 6.1%로 낮았다. DHA (docosahexaenoic acid, C22:6n-3) 함량은 기존 먹이인 미세조류 단독 실험구 (PHY) 와 경제적인 먹이원인 INS 실험구에 비해 지질강화원인 PTE 단독구와 PTE 혼합구에서 41.1-48.9%로 높았다. 이러한 높은 값에 기인하여 n-3 HUFA도 높았다. 또한 총 단백질 함량은 주요 단백질원인 PHY와 INS가 들어간 실험구가 55.5-65.2%의 함량을 보인 반면 지질영양강화원만 들어간 PTE, OTE 실험구는 각각 44.8%, 47.0%로 낮았다. 필수아미노산 (essential amino acid) 함량도 동일한 경향을 보여 단순 지질강화원 실험구에는 낮았다.

한편, 먹이원에 따른 치패의 핵산 분석은 그림 3에 나타내었다. 본 실험에서 RNA 값 (mg/g wet weight) 은 PHY 단

독 실험구와 PTE+PHY 혼합구에서 0.76으로 가장 높게 나타났다 ($P < 0.05$). 그 뒤로 PHY와 INS가 들어간 혼합구 및 단독구가 높은 반면 PTE와 OTE 단독구는 각각 0.35, 0.32로 가장 낮았다 ($P < 0.05$). DNA 값 역시 PHY 단독 실험구와 PTE + PHY 혼합구에서 3.95으로 가장 높게 나타난 반면 PTE와 OTE 단독구는 유의적으로 가장 낮았다 ($P < 0.05$). 이러한 경향에 의해 RNA/DNA ratio 값도 PHY와 INS가 들어간 단독구나 혼합구가 PTE와 OTE 단독구 보다 높았다.

고 찰

가리비 치패의 성장과 생존에는 미세조류 단독구 (PHY) 와 몇몇 혼합 실험구가 좋은 것으로 나타났다. 하지만, 미세조류를 대량배양할 경우에는 노동력, 시설, 면적 등의 증대로 인한 생산비용이 높아지므로 단순히 규모만을 크게 행하는 대량배양은 피해야 할 것이다. 미세조류의 대량배양은 패류 양식비용의 30%를 차지할 만큼 높으므로 (Coutteau and Sorgeloos, 1993), 이러한 비용을 줄이기 위해 영양학적으로 우수한 대체

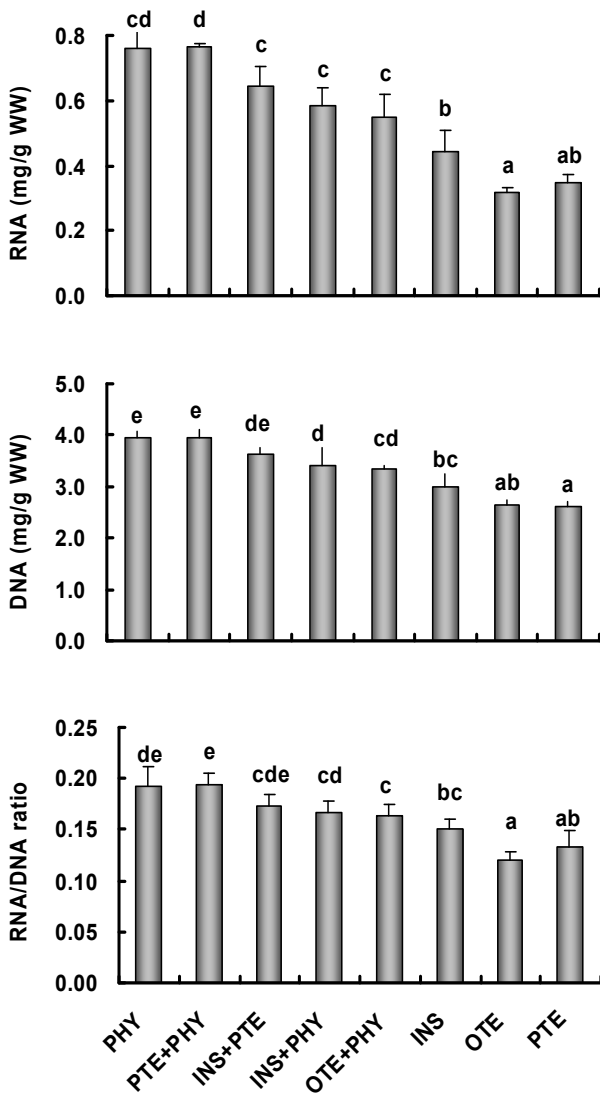


Fig. 3. RNA, DNA contents (mg/g wet weight, WW) and RNA/DNA ratio of *Patinopecten yessoensis* juvenile fed with different diets.

먹이원의 개발이 필요하다. 이에 따라 본 실험에서는 미세조류 배양에 비해 비용이 저렴하고 용이하게 구입할 수 있는 시판용 INS 제품으로 경제성과 대체 먹이원으로서 효율성을 파악해 보았다. 생존율은 INS 단독 공급구가 75%로 PTE+PHY (생존율 90%) 보다 다소 낮았지만, 기존 먹이인 PHY 단독 공급구의 81.7%와는 통계적으로 차이가 없을 만큼 긍정적으로 나타났다. 그러나 성장에 있어서는 PTE와 OTE 단독구를 제외한 다른 실험구보다 낮은 것으로 나타나 INS 단독으로 공급하기에는 다소 부적절한 것으로 판단되었다. 이러한 이유로는 INS 제품의 질적인 측면에서 해석이 가능하다. INS 제

품은 mL 당 20억 cells로 농축되어 시판되고 있으며, 농축이 된 이후에는 냉장보관에 의해 cell이 손상을 받을 수 있고, 냉장상태에서 오래 보관하면 cell이 쉽게 풀려 이매패류의 먹이로서 효율적인 섭취가 불가능한 문제가 있다 (Hendriks *et al.*, 2003). 아울러, 기존 먹이인 미세조류는 배양을 통해 바로 소비가 이루어지는 반면 고농도로 농축된 INS 제품은 개봉한 후 장시간 경과할 경우 세균 오염 가능성도 높다. 이러한 문제 때문에 성패 위주로 장기간 사용하는 경우에만 경제적인 이익을 위해 사용을 권고하고 있다. 다만, 본 실험 결과에서 INS 제품 50%에 미세조류 50%를 혼합한 INS + PHY에서는 INS 단독구에 비해 성장이 향상되었으므로 미세조류 전체 먹이 공급량의 일정 수준까지는 INS로 대체가 가능한 것으로 확인되었다.

한편, 패류의 정상적인 성장 및 생존에 직접적인 영향을 미치는 고도불포화지방산 (PUFAs, 특히 EPA와 DHA) 은 반드시 먹이원을 통해 공급해줘야만 한다 (Whyte *et al.*, 1989; Milke *et al.*, 2004). 본 실험에서도 이러한 취지로 지질강화원인 PTE와 OTE를 제조하여 단독구와 혼합구로 나눠 공급하였다. 그 결과 단백질원인 미세조류 50%와 지질강화원 50%가 공급된 PTE + PHY 혼합 실험구는 성장과 생존율이 기존 먹이인 PHY 단독 실험구와 비교해서 통계적으로 차이가 없거나 오히려 높은 것으로 조사되었다.

ARA, EPA 및 DHA와 같은 고도불포화지방산을 적정하게 공급하기 위해서는 반드시 단독이 아닌 혼합으로 공급하는 것이 유리하다 (Milke *et al.*, 2004). 본 연구에서 나타난 지방산 함량도 실험구에 따라 다양하였다. 실험 먹이원중 주요 단백질원인 PHY와 INS에 지질영양강화원인 PTE를 각각 혼합한 실험구에서는 기존 먹이인 미세조류 단독구 (PHY) 보다 DHA와 n-3 PUFA의 함량이 더 높게 나타났다. 가리비류는 DHA 요구량이 굴보다 더 높으므로 (Milke *et al.*, 2004) DHA 함량이 낮은 먹이를 공급할 경우에는 성장이 저하되므로 반드시 DHA 함량이 높은 먹이를 공급해야 한다. 또한 가리비류는 EPA 보다 DHA의 요구량이 더 높으며, EPA의 함량이 아무리 높더라도 DHA의 역할은 수행하지 못한다 (Feindel, 2000). 본 실험결과에서도 성장 및 생존율이 높았던 PHY와 PTE + PHY를 비교하면, 성장에서는 서로 차이가 없지만 생존율은 PTE + PHY 실험구가 더 높은 것으로 나타났다. 이는 Table 1의 결과처럼 EPA 함량은 기존 먹이인 PHY가 더 높지만, DHA 함량과 n-3 PUFA의 함량은 PTE+PHY 혼합구가 각각 16%, 10% 정도 더욱 높으므로 나타나 DHA와 n-3 PUFA의 높은 함량이 가리비 치패 생존에 더욱 영향을 미친 것으로 생각된다. 이러한 결과는 다른 패류에서도 비슷하게 나타나는 것으로 알려져 있다 (Langdon and Waldoock, 1981; Enright *et al.*, 1986; Marty *et al.*,

1992; Berntsson *et al.*, 1997; Milke *et al.*, 2004).

PTE + PHY 혼합 실험구처럼 단백질원 50%와 지질강화원 50%로 혼합된 OTE + PHY 실험구가 PTE + PHY 실험구에 비해 그 효과가 다소 낮게 나타난 것으로 보아 지질강화원의 원료도 중요한 요인으로 판단된다. PTE는 광합성세균 (PSB, *Schizochytrium sp.*) 이 주원료인 반면 OTE는 오징어 간유 (혹은 어유) 등이 주원료로 된 오일 형태의 성격을 띠고 있다. 즉, 세균 제제에 비해 오일 제제는 가리비 치패가 먹이원으로 섭취하였을 때 소화나 흡수에 다소 부정적인 영향을 준 것으로 사료되는데, 이러한 추정은 생존율과 핵산 분석의 자료에서도 뒷받침되고 있다.

고도불포화지방산 함량이 높을수록 패류의 성장과 생존율은 향상되지만 이는 적절한 단백질원 공급이 전제되어야 한다. 단백질원인 INS 제품이나 미세조류 (PHY) 가 없이 단순히 지질강화원인 PTE나 OTE 만을 공급했을 때는 가리비 치패의 성장과 생존율이 가장 낮았다. PTE와 OTE 단독구에서 아무리 고도불포화지방산 함량이 높게 나타났어도 필수아미노산의 함량과 총 단백질 함량은 다른 단백질원이 포함된 실험구에 비해 가장 낮은 수치를 보였기 때문에 정상적인 성장과 생존을 위해서는 반드시 적절한 단백질원이 공급되어야 할 것이다.

또한 핵산 분석에서 체내 DNA 함량을 통해 세포 성장을 측정할 수 있으며, RNA 함량을 통해서 단백질로 전환되는 에너지의 양을 지표화 할 수 있다 (Kimura *et al.*, 2000; Fukuda *et al.*, 2001). 본 실험의 핵산값에서도 분명 PTE와 OTE 단독구는 다른 실험구에 비해 가장 낮은 수치를 보여 단독 먹이원으로서의 상대적으로 효용성이 낮은 것으로 판단되어진다. 그러나 PTE+PHY 실험구처럼 기존 생 미세조류 (PHY) 에 지질영양강화원을 혼합해 준다면 그에 따른 경제적인 절감 효과 뿐만 아니라 먹이 대체 효과까지 기대해 볼 수 있을 것이다.

이상으로 다양한 먹이원 실험을 통해 지질영양강화원의 미세조류 대체 가능성과 효과를 구명하였다. 이는 패류 종묘생산에서 비중을 차지하는 먹이생산 원가 절감효과를 기대할 수 있을 것이며, 적절한 지질영양강화원을 통해 종묘생산시 경제성과 효용성을 모두 충족시킬 수 있을 것으로 기대된다.

요 약

큰가리비 치패의 대체 먹이원을 개발하기 위해 각기 다른 먹이원을 공급하여 성장, 생존율 및 체내 조성을 조사하였다. 생존율은 PTE + PHY 실험구에서 90.0%로 가장 높게 나타났다. 각장과 각고는 PHY에서 가장 높게 나타났으나 PTE + PHY 실험구와의 유의적인 차이는 없었다. 반면, PTE와 OTE 단독구는 유의적으로 가장 낮게 나타났다. 한편, 각폭 및 전중량도 동일한 경향을 보여 PHY 단독 실험구와

PTE+PHY 혼합 실험구에서 유의적으로 가장 높게 나타난 반면 PTE와 OTE 단독구는 가장 낮은 값을 보였다.

한편, 체내 지방산 분석에서 DHA 함량은 기존 먹이인 미세조류 단독 실험구 (PHY) 와 경제적인 먹이원인 INS 실험구에 비해 지질강화원인 PTE와 OTE가 혼합된 실험구에서 더욱 높은 것으로 나타났으며, 이러한 높은 값에 기인하여 n-3 PUFA도 높았다. 또한, 총 단백질 함량은 주요 단백질원인 PHY와 INS가 들어간 실험구가 55.5-65.2%의 함량을 보인 반면 지질영양강화원만 들어간 PTE, OTE 단독 실험구는 각각 44.8%, 47.0%로 가장 낮은 함량을 나타내었다. 필수아미노산 함량도 동일한 경향을 보여 단순 지질강화원 실험구에서는 낮았다.

한편, 체내 핵산 분석에서 RNA 값은 PHY 단독 실험구와 PTE+PHY 혼합구에서 0.76으로 가장 높게 나타났으나 PTE, OTE 단독구는 각각 0.35, 0.32로 가장 낮게 나타났다. DNA 값도 PHY 단독 실험구와 PTE + PHY 혼합구에서 3.95으로 가장 높게 나타난 반면 PTE, OTE 단독구는 유의적으로 가장 낮았다. 이러한 경향에 의해 RNA/DNA ratio 값도 PHY와 INS가 들어간 단독구와 몇몇 혼합구가 PTE와 OTE 단독구 보다 높았다.

이상의 결과를 통해서 미세조류 단독 공급구인 PHY에 PTE를 혼합해 준 PTE+PHY 혼합 공급구는 큰가리비 치패의 성장, 생존율 및 체내 조성을 향상시켜 주는 것으로 나타났다. 본 실험을 통해 새롭게 대체 개발된 PTE+PHY 혼합구는 이때패류 양식에서 차지하는 미세조류 생산비용의 절감 효과를 기대해 볼 수 있는 것으로 경제적인 측면에서 매우 유용한 결과라 할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 국립수산물과학원 (참가리비 양식생산성향상 기술개발 연구, RP-11-AQ-34) 의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- Berntsson, K. M., Jonsson, P. R., Wangberg, S. A. and Carlsson, A. S. (1997) Effects of broodstock diets on fatty acid composition, survival and growth rates in larvae of the European flat oyster, *Ostrea edulis*. *Aquaculture*, **154**: 139-153.
- Coutteau, P. and Sorgeloos, P. (1993) Substitute diets for live algae in the intensive rearing of bivalve molluscs a state of the art report. *World Aquacult*, **24**: 45-52.
- Ducan, D. B. (1955) Multiple-range and mutiple F tests. *Biometrics*, **11**: 1-42.
- Enright, C. T., Newkirk, G. F., Craigie, J. S. and Castell, J. D. (1986) Evaluation of phytoplankton as diets for juvenile *Ostrea edulis* L. *J. Exp. Mar. Biol.*

- Ecol.*, **96**: 1-13.
- Feindel, S. C. (2000) Optimization of hatchery culture of the sea scallop, *Placopecten magellanicus* (Gmelin, 1791): Dietary lipid quality and fatty acid requirements. MSc. Thesis, Memorial University of Newfoundland, St. John's, Newfoundland, Canada.
- Fukuda, M., Sako, H., Shigeta, T. and Shibata, R. (2001) Relationship between growth and biochemical indices in laboratory reared juvenile Japanese flounder and its application to wild fish. *Mar. Sci.*, **138**: 47-55.
- Hall, J. M., Parrish, C. C. and Thompson, R. J. (2002) Eicosapentaenoic acid regulates scallop (*Placopecten magellanicus*) membrane fluidity in response to cold. *Biol. Bull.*, **202**: 201-203.
- Hendriks, I. E., van Duren, L. A. and Herman, P. M. J. (2003) Effect of dietary polyunsaturated fatty acids on reproductive output and larval growth of bivalves. *J. Exp. Mar. Bio. Eco.*, **296**: 199-213.
- Kimura, R., Watanabe, Y. and Zenitani (2000) Nutritional condition of first-feeding larvae of Japanese sardine in the coastal and oceanic water along the Kuroshio Current. *J. Mar. Sci.*, **57**: 240-248.
- Langdon, C. J., and Waldock, M. J. (1981) The effect of algal and artificial diets on the growth and fatty acid composition of *Crassostrea gigas* spat. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, **61**: 431-448.
- Marty, Y., Delaunay, F., Moal, J. and Samain, J. F. (1992) Changes in fatty acid composition of *Pecten maximus* (L.) during larval development. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **163**: 221-234.
- Milke, L. M., Bricelj, V. M. and Parrish, C. C. (2004) Growth of postlarval sea scallops, *Placopecten magellanicus*, on microalgal diets, with emphasis on the nutritional role of lipids and fatty acids. *Aquaculture*, **234**: 293-317.
- Morrison, W. R. and Smith, L. M. (1964) Preparation of fatty acid methyl esters and dimethylacetals from lipids with boron fluoride methanol. *J. Lipid Res.*, **5**: 600-608.
- Naidu, K. S. (1991) Sea scallop, *Placopecten magellanicus*. *In*: Shumway, S.E. (Ed.), *Scallops: Biology, Ecology, and Aquaculture*. Elsevier, New York, pp. 861-898.
- Park, J. C, Lee, B. I. and Kwon, O. N. (2011) Effect on Enrichment with Schizochytrium sp. and squid *Todarodes pacificus* liver oil on fatty acid content of live feed. *Kor. J. Fish. Sci.*, **44**: 339-344.
- Park, Y. J., Rho, S. and Lee, C. S. (2001) Growth of the scallop, *Patinopecten yessoensis* in suspended culture in the east coast of Korea. *J. Aquaculture*, **14**: 181-195 [in Korean] .
- Parrish, C. C. (1987) Separation of aquatic lipid classes by Chromarod thin-layer chromatography with measurement by Iatroscan flame ionization detection. *Can. J. Fish. Aquatic. Sci.*, **44**: 722-731.
- Peragón, J., Barroso, J. B., García-Salguero, L., de la Higuera, M., Lupiáñez, J. A. (2001) Growth, protein-turnover rates and nucleic-acid concentrations in the white muscle of rainbow trout during development. *Internation J. Biochem Cell. Biol.*, **22**: 1227-1238.
- Rhodes, E. W. and Widman, J. C. (1980) Some aspects of the controlled production of the bay scallop (*Argopecten irradians*). *Proc. World Maricult. Soc.*, **11**: 235-246.
- Sinensky, M. (1974) Homeoviscous adaptation-a homeostatic process that regulates the viscosity of membrane lipids in *Escherichia coli*. *Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A.*, **71**: 522-525.
- Soudant, P., Marty, Y., Moal, J., Masski, H. and Samain, J. F. (1998) Fatty acid composition of polar lipid classes during larval development of scallop *Pecten maximus*. *Comp. Biochem. Physiol.* **121A**: 279-288.
- Waldock, M. J. and Holland, D. L. (1984) Fatty acid metabolism in young oysters. *Crassostrea gigas*: polyunsaturated fatty acids. *Lipids*, **19**: 332-336.
- Whyte, J. N. C, Bourn, N and Hodgson, C. A. (1989) Influence of algal diets on biochemical composition and energy reserves in *Patinopecten yessoensis* (Jay) larvae. *Aquaculture*, **78**: 333-347.
- Wilson, J. H. (1987) Environmental parameters controlling growth of *Ostrea edulis* L. and *Pecten maximus* L. in suspended culture. *Aquaculture*, **64**: 119-131.