

말뚝합, *Meretrix petechialis* 유생과 초기치패의 영양강화제에 따른 성장 및 생존

김병학, 조기채, 지영주, 변순규, 김민철

국립수산과학원 남동해수산연구소

Growth and Survival on Enrichment of Larvae and Early Spats of the Hard Clam, *Meretrix petechialis*

Byeong Hak Kim, Kee Chae Cho, Young Ju Jee, Soon Gyu Byun and Min Chul Kim

Southeast Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Namhae, Gyeongsangnam-do 668-821, Korea

ABSTRACT

This study is the result of examining the growth and survival rate of larva and spat when supplied with Enriched live food by adding B₁₂, chitosan, PSB, and polysaccharides to microalgae (*Chaetoceros gracilis*, *Isochrysis galbana*) to raise the survival rate of larva and spat during artificial clam seed production. Microalgae (*Chaetoceros gracilis*, *Isochrysis galbana*) was strengthened for nutrition with B₁₂ 0.1 ppm, chitosan 0.2 ppm, PSB 3 ppm and polysaccharides 1 ppm and was daily supplied for 3×10^3 - 15×10^3 Cells/mL and the growth and survival rates were measured. As the result of experiment, the growth of larva did not show much difference with PSB test section $199 \pm 0.59 \mu\text{m}$, B₁₂ test section $198 \pm 0.64 \mu\text{m}$, and chitosan $197 \pm 0.52 \mu\text{m}$, survival rate was highest at PSB test section with 99.3%, followed by B₁₂ test section 95.9%, and chitosan 94.5%. Growth of early spat was the highest for PSB test section at $2.74 \pm 0.58 \text{ mm}$, followed by polysaccharides $2.67 \pm 0.55 \text{ mm}$, B₁₂ $2.54 \pm 0.48 \text{ mm}$, and chitosan $2.49 \pm 0.51 \text{ mm}$, and the survival rate was the highest for PSB test group at 32.1%, followed by B₁₂ test section 31.6%, chitosan 28.5%, and polysaccharides 21.4%. From such results, PSB is found to be very effective with low-quality improvement when breeding early spat of clams, and especially for floor-type early spat breeding, it had the effect of suppressing protozoan and germs so that detailed studies from various perspectives should be conducted with various chemicals in the future.

Keywords: Hard Clam, Spats, Live Food, *Meretrix petechialis*

서론

우리나라 백합류의 총생산량은 1960년대 1,000 M/T 내외였고, 1960년대 중반에 본격적인 양정이 시작되면서 1971년에 11,705 M/T로 최대로 생산되었으며, 1975년 대량폐사가 일어나기 시작하여 급격히 감소되었다. 2003년에 7,085 M/T로 일시 증가하였으나, 전라북도의 새만금 간척사업으로 28,300 ha의 백합 양식장이 사라짐으로써 2008년 1,454 M/T로 생산량이 급격히 감소되고 있는 실정이다. 따라서 자

연종패 생산량도 급격히 감소하여 양식에 필요한 종패가 부족한 실정이므로 대량 인공종묘생산 기술개발이 매우 절실하다. 그러나 백합 인공종묘생산 시 유생 및 치패의 생존율이 매우 낮아 생존율을 높일 수 있는 방법이 절실하다.

백합의 유생 및 치패는 실내사육 시 먹이생물을 주로 공급하는데 이를 경우 저질의 악화와 영양부족이 우려되며 생존율이 저조한 경향이 있어서 이를 보완하고자 하였다. 비타민은 생명체를 유지하는데 필수적인 요소이고, 특히 식물성 먹이생물의 경우 50L 이하 초기배양에는 비타민 B₁₂ (Vitamin B₁₂)를 Conway 배지에 사용하나 고가여서 대량배양 시에는 사용하기가 어렵다. 키토산 (Chitosan, C₆H₁₁NO₄)n은 면역증강, 항균활성, 항균작용으로 실내사육 시 발생하는 세균 및 곰팡이로부터 전될 수 있는 영양소로 알려져 있다. PSB (광합성 세균, *Rhodobacter capsulatus* EBN-7)는 미생물로 어류 종묘생산 시 영양강화제로 주로 사용되어지고 있다 (Harel et

Received: November 2, 2011; Accepted December 26, 2011
Corresponding author: Kim, Byoung-Hak
Tel: +82 (55) 862-9640 e-mail: bhkim@nfrdi.re.kr
1225-3480/24413

al., 2002; Ganuza *et al.*, 2008). 일반적인 효능으로는 수중 생물의 배설물 등의 유기물을 분해하고, 면역기능 증가, 수질 안정 및 비타민, 핵산, 펩티아미노산 등이 많아 먹이 미생물로 사용되므로 패류 유생 및 치패의 먹이로 사용가능성을 검토하고자 하였다. 다당류는 단백질이나 지질과 결합하여 생물학적으로 특이한 성질의 발현에 관여하는 일이 많다. 예를 들면, 세포 표면의 어떤 특수한 구조를 만들고 있어, 세포 표면의 특성에 관여하고 있거나 혈액형 물질에서는 혈액형 활성화에 관여하고 있다. 따라서 본 연구는 백합 인공 종묘생산 시 유생 및 치패의 생존율을 높이기 위하여 미세조류 (*Chaetoceros gracilis*, *Isochrysis galbana*) 에 B₁₂, 키토산, PSB 및 다당류 등으로 영양 강화한 먹이생물을 공급하여 유생과 치패의 성장 및 생존율 등을 조사한 결과이다.

재료 및 방법

1. 산란유발, 수정 및 D형 유생 발생

실험에 사용한 어미는 2010년 7월 23일 전남 영광군 백수면 하사리에서 채집된 어미를 수송하여 간출 2시간, 수온상승(+5℃)으로 체란 한 후 수정란은 거름망(물려가제, 20 μm)으로 모아서 세란하여 미리 받아들 유생사육수조(사각콘크리트, 10m³)에 수용하여 수정 및 D형 유생 발생율을 조사하였다.

2. 영양강화제 농도에 따른 유생의 생존

영양강화 물질로는 비타민 B₁₂ (Cyanocobalamin), 키토산 (Chitosan, C₆H₁₁NO₄), PSB (Rhodobacter capsulatus EBN-7) 및 다당류 (Polysaccharides)를 사용하였으며, 본 실험에 앞서 적정농도를 구명하기 위하여 페트리 디쉬(원형, 지름 15cm)에 D형 유생(각장 89.7 ± 6.4 μm) 1,000 마리를 투입하여 비타민 B₁₂ 0.1, 0.2, 0.4, 0.8 및 1.6 ppm, 키토산 0.1, 0.2, 0.4, 0.8 및 1.6 ppm, PSB 3, 6, 9, 12 및 15 ppm, 다당류 1, 2, 4, 8 및 16 ppm 농도를 투입 후 24시간 경과 후 만능투영기(Nikon V-12)를 이용하여 생존여부를 조사하였다

3. 영양강화제 공급에 따른 유생의 성장 및 생존

농도별 시험결과 및 제품 사용방법을 검토하여 영양강화제의 농도를 B₁₂ 0.1 ppm, 키토산 0.2 ppm, PSB 3 ppm 및 다당류 1 ppm으로 하였다. 유생의 사육방법은 콘크리트 사각수조(10 m³)에 1천만 마리를 넣어 1 mL 당 1개체를 유지하였고, 지수식으로 사육관리 하였다. 사육수온은 32 ± 1℃로 설정하였으며, 수온조절은 환경조절기(경유보일러 및 전기 검용)와 2 KW 용량의 티타늄 히터 1개를 보정용으로 사용하였다. 실내 조도는 50 Lux 내외로 조절하였으며, 환수방법은

매일 전환수 하였다.

먹이생물 공급은 영양강화제를 혼합한 *Chaetoceros gracilis*, *Isochrysis galbana*를 동일 비율로 혼합, 실험 시작 시 1-3 × 10³세포/ml/일을 공급하였으며, 유생이 성장함에 따라 점진적으로 증가 시켜서 충분한 농도가 유지될 수 있도록 공급하였다. 성장 및 생존율은 매일 오전 10시에 각장과 각고를 만능투영기(Nikon V-12)를 이용하여 1 μm까지 측정하였고, 생존율은 표본 계수한 평균치를 용적법으로 계산하여 조사하였다

4. 영양강화제 공급에 따른 치패의 성장 및 생존

초기치패의 사육방법은 콘크리트 사각수조(10 m³)에 사용하여 바다 식으로 하였고, 수용 개체 수는 각 수조 당 착저기 유생 500만 마리를 수용하였다. 사육수온은 32 ± 1℃로 설정하였으며, 수온조절은 환경조절기(경유보일러 및 전기 검용)와 2 KW 용량의 티타늄 히터 1개를 보정용으로 사용하였다. 실내 조도는 50 Lux 내외로 조절하였으며, 환수방법은 매일 노출이 되지 않는 75%정도를 배수 후 가온해수를 보충하였다. 먹이생물 공급은 영양 강화한 *Chaetoceros gracilis*, *Isochrysis galbana*를 동일 비율로 혼합, 실험 시작 시 5 × 10³세포/ml/일을 공급하였으며, 치패가 성장함에 따라 점진적으로 증가 시켜서 충분한 농도가 유지될 수 있도록 공급하였다. 모든 실험은 3회 반복으로 하였고, 실험 결과는 Statistical Analysis System (SAS Inc., 1999) program으로 ANOVA test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1999)로 처리 평균 간의 유의성을 95% 신뢰 한계에서 검정하였다.

결 과

1. 산란유발, 수정 및 D형 유생 발생

2010년 7월 23일 어미 800마리를 산란 유발한 결과 1억 8천만 개를 산란하였고, 난정은 평균 89.7 ± 6.4 μm였으며, 거름망(물려가제 20 μm)에 모아서 3회 세란을 실시 후 미리 받아들 유생 사육수조(사각 콘크리트 10 m³) 넣었다. 수온 30℃에서 약 16 시간에 D형 유생으로 발생되었고, 개체 수는 1억 6천만 마리였으며, 발생율 88.8% 이었다 (Table 1).

2. 영양강화제 농도에 따른 유생의 생존

영양강화제 농도에 따른 유생의 생존율 조사 결과 B₁₂ 실험구는 0.1 ppm에서 생존율 98.6%로 가장 높게 나타났고, 0.2 ppm 91.6%, 0.4 ppm 91.8%, 0.8 ppm 83.3% 및 1.6 ppm 62.7% 순이었다. 이러한 결과는 농도가 높을수록 생존율이 낮게 나타나는 경향이 있었다. 생존율은 0.1 ppm에서 98.6%로

Table 1. Spawning and Development of D-shaped Larvae of *Meretrix petechialis*

Date	No. of adult	No. of spawned eggs ($\times 10^4$)	Egg size (mean \pm SD, μm)	D-shaped Larvae		
				Number ($\times 10^4$)	Shell length (mean \pm SD, μm)	Hatching (%)
Jul. 23	800	18,000	89.7 \pm 6.4	16,000	129.8 \pm 4.3	88.8

가장 높게 나타나 대조구인 무처리 실험구와는 유의한 차이가 나타나지 않았다 ($P > 0.05$). B_{12} 실험 구 0.2 ppm와 0.4 ppm 실험구는 유의한 차이가 나타나지 않았으나 0.8 ppm 실험구 및 1.6 ppm 과는 유의한 차이가 나타났다 ($P < 0.05$) (Fig. 1).

키토산 실험구의 생존율은 0.2 ppm 실험 구에서 98.1%로 가장 높게 나타났고, 0.4 ppm 91.7%, 0.8 ppm 91.8%, 1.6 ppm 81.3% 및 3.2 ppm 71.7% 순이었다. 결과를 보면 농도가 높을수록 생존율이 낮게 나타나는 경향이 있었다 (Fig. 2). 생존율은 0.2 ppm에서 98.6%로 대조구 98.1%와 유의한 차

이가 나타나지 않았다 ($P > 0.05$). 그러나 0.4 ppm과 0.8 ppm 유의한 차이가 나타나지 않았으나 1.6 ppm 실험구 및 3.2 ppm과는 유의한 차이가 나타났다 ($P < 0.05$, Fig. 2).

PSB 실험구의 생존율은 3 ppm 실험 구에서 98.6%로 가장 높게 나타났고, 6 ppm 91.6%, 9 ppm 81.8%, 12 ppm 71.3% 및 15 ppm 64.7% 순이었다. 결과를 비교하면 3 ppm 98.6%와 대조 구 98.1%와 유의한 차이가 나타나지 않았으나 ($P > 0.05$), 6 ppm 이상부터는 생존율이 점점 낮아 지는 경향을 보였다 (Fig. 3).

다당류 실험구의 생존율은 1 ppm 실험 구에서 98.2%로 가

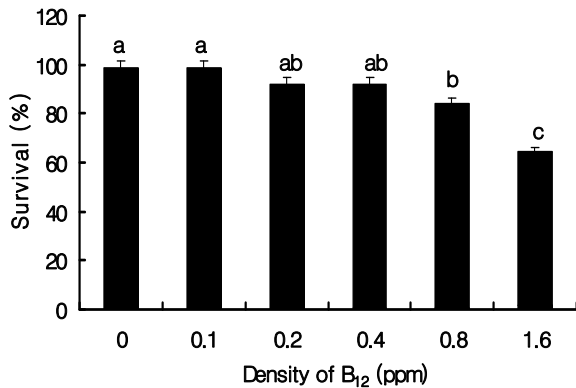


Fig. 1. survival rate per with kind of Density B₁₂ of *Meretrix petechialis* Larvae.

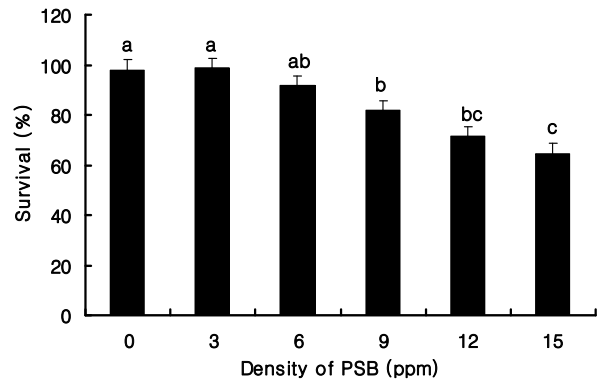


Fig. 3. survival rate per with kind of Density PSB of *Meretrix petechialis* Larvae.

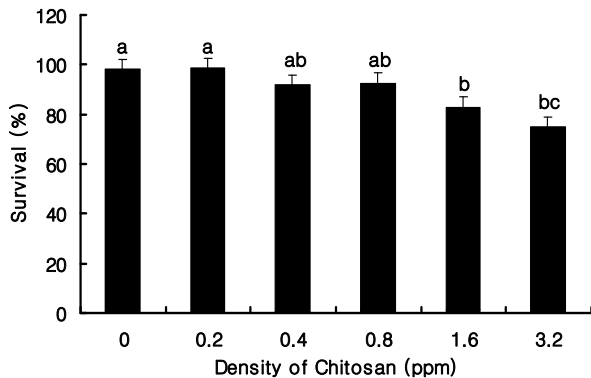


Fig. 2. survival rate per with kind of Density Chitosan of *Meretrix petechialis* Larvae.

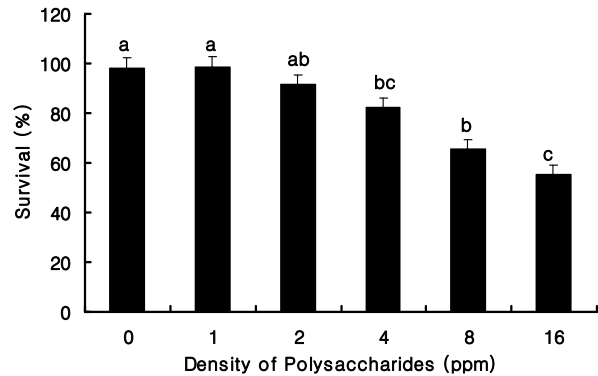


Fig. 4. survival rate per with kind of Density Polysaccharides of *Meretrix petechialis* Larvae.

Table 2. Growth of shell length (SL) and survival rate per with kind of Enrichment of *Meretrix petechialis* Larvae from July 25 to July 28, 2010

Kind of Enrichment	Growth of SL (mean ± SD, μm)		daily increment of SL (μm)	Survaval rate (%)
	Initial	Final		
B ₁₂	89.7 ± 6.4	198 ± 0.64	36.1 ^a	95.9 ^b
Chitosan	"	197 ± 0.52	35.7 ^b	94.4 ^{bc}
PSB	"	199 ± 0.59	36.4 ^a	99.3 ^a

* Suprescripts with different alphabets in columns are significantly different at the P < 0.05.

Table 3. Growth of shell length (SL) and survival rate per with kind of Enrichment of *Meretrix petechialis* spats from July 25 to October 4, 2010

Kind of Enrichment	Growth of SL (mean ± SD, mm)		daily increment of SL (mm)	Survaval rate (%)
	Initial	Final		
B ₁₂	0.19 ± 0.09	2.54 ± 0.48	0.034 ^{bc}	31.6 ^a
Chitosan	"	2.49 ± 0.51	0.033 ^c	28.5 ^b
PSB	"	2.74 ± 0.58	0.036 ^a	32.1 ^a
Polysaccharides	"	2.67 ± 0.55	0.035 ^b	21.4 ^c

* Suprescripts with different alphabets in columns are significantly different at the P < 0.05.

장 높게 나타났고, 2 ppm 91.4%, 4 ppm 82.1%, 8 ppm 65.5% 및 16 ppm 55.2% 순이었다. 결과를 비교하면 1 ppm 98.2%와 대조구 98.3%와 유의한 차이가 나타나지 않았으나 (P > 0.05), 2 ppm 이상부터는 생존율이 점점 낮아지는 경향이 나타났다 (Fig. 4).

3. 영양강화제 공급에 따른 유생의 성장 및 생존

유생의 성장은 PSB 실험구가 199 ± 0.59 μm로 높았고, B₁₂ 실험구 198 ± 0.64 μm, 키토산 197 ± 0.52 μm 순으로 나타나 PSB 실험구와 B₁₂ 실험구는 유의한 차이가 나타나지 않았다 (P > 0.05). 생존율은 PSB 실험구가 99.3%로 가장 높았고, B₁₂ 실험구 95.9%, 키토산 94.4%로 나타나 각 실험구별로 유의한 차이가 나타났다 (P < 0.05, Table 2).

4. 영양강화제 공급에 따른 치패의 성장 및 생존

초기치패의 성장은 PSB 실험구가 2.74 ± 0.58 mm로 가장 높았고, 다당류 2.67 ± 0.55 mm, B₁₂ 2.54 ± 0.48 mm, 키토산 2.49 ± 0.51 mm 순으로 나타났다. 생존율은 PSB 실험구가 32.1%로 가장 높았고, B₁₂ 실험구 31.6%, 키토산 28.5%, 다당류 21.4% 순으로 나타나 PSB 실험구가 성장 및 생존율이 다른 실험구에 비해 유의적으로 높게 나타났다 (P < 0.05, Table 3).

고 찰

우리나라에서 주로 식용으로 사용되는 백합류의 대부분은 말백합이고, 말백합은 백합에 비해 각 폭이 넓고 패각이 백합보다 둥근듯한 삼각형이다. 형태학적으로 구분되나 (Min, 2005), 명백한 구별은 어렵다고 기술하고 있다 (柳, 2000). Kim *et al.* (2004) 은 염기서열을 이용한 계통분류에서 말백합과 백합은 동일한 조상을 갖는다고 보고하였다. 그러나 우리나라 서해안을 중심으로 주로 분포되어 있는 것은 대부분 말백합이고, 이 두 종에 대한 정확한 분류가 필요할 것으로 생각된다. 비부착성 패류의 인공종묘생산 과정은 어미성숙관리 (Kim *et al.*, 2009), 산란유발 및 유생사육 (Kim *et al.*, 2010) 및 초기치패사육 순으로 볼 수 있고, 적정 먹이생물배양 및 공급이 이루어진다. 특히 먹이생물은 패류 인공종묘생산에 있어서 영양원으로 매우 중요한 요소이고, 먹이생물의 배양 배지로는 Conway, F/2 등이 주로 사용되고 있다. 그러나 배지를 사용하여 먹이생물을 대량배양하기에는 경제적인 어려움이 따르므로 대량배양 시에는 농업용 비료를 사용하여 배양을 하는 경향이 있다. 농업용 비료를 사용하여 배양한 먹이생물은 배양이 가능하나 영양소가 부족한 것으로 생각되어진다. 비타민은 생명체를 유지하는데 필수적인 요소이고, 특히 식물성 먹이생물의 경우 50L 이하 초기배양에는 비타민 B₁₂ (Vitamin B₁₂)를 Conway 배지에 사용하나 고가여서 대량배양 시에는 사용하기가 어렵다. 따라서 비타민 B₁₂가 부족하면 질병에 대한 내

성이 약해지고 여러 가지 결핍증상이 나타난다. 본 실험에서는 배지로 사용하기에는 어렵지만 먹이생물의 영양 강화에 비타민 B₁₂를 사용하면 효율적일 것으로 판단되어 실험을 하였으나 대조구와 유의한 차이를 발견할 수는 없었다. 키토산은 면역증강, 항균활성, 항균작용으로 실내 사육 시 발생하는 세균 및 곰팡이로부터 견딜 수 있는 영양소로 알려져 있다. 본 실험에 사용한 결과 대조구와 유의한 차이가 없었고 보조 영양원로서의 가치는 인정된다고 판단되나 대량 인공종묘생산 시에 사용이 부적절하다고 생각된다.

Gauza *et al.* (2008) 에 의하면, 광합성세균 *Schizochytrium* sp. 및 *Crythecodinium cohinii*의 DHA 함량은 어유를 대체할 만큼 높다고 보고하였으며, Kamlangdee and Fan (2003) 도 *Schizochytrium* sp. 는 strain에 따라 다르지만 전체 지방산 함량 중에서 다량의 palmitic acid (19.7-29.4%) 와 DHA (14-47%) 가 포함되어 있으며, EPA 는 0.5-1.1% 수준이라 언급하였다. 또 다른 광합성세균인 *Crythecodinium cohinii*는 대부분 흡수가 쉬운 인지질로서 다량의 DHA (30-50%) 가 함유되어 있으며, 비록 소량이지만 EPA (0.2-1.6%) 도 함유하고 있으며, 비록 소량이지만 EPA (0.2-1.6%) 도 함유하고 있어 먹이 원으로 최근 많이 이용되어진다고 보고하고 있다 (Jiang *et al.*,1999).

PSB는 영양강화제로도 사용되지만 수중생물의 배설물 등의 유기물을 분해하여 저질의 개선제로도 사용이 되고 있다. 본 실험에서도 영양 강화뿐만 아니라 저질개선에도 상당한 효과가 있어서 다른 실험 구에 비해 성장 및 생존율이 높은 것으로 나타나 패류 대량인공종묘 생산 시 매우 유용하게 사용될 것으로 판단된다.

이상과 같이 말뚝합의 초기치패 영양 강화제로는 PSB가 유생 및 치패의 성장 및 생존율이 다른 실험구에 비해 높은 것을 알 수 있었다. 이 결과 중 성장은 영양 강화제로서 가치가 인정되고, 생존은 저질개선의 효과로 생각되어진다. 특히 말뚝합 초기치패의 경우 다른 패류와 달리 점액물질을 다량 배출하여 저면에 원생동물 및 곰팡이 등이 대량 발생하여 폐사가 일어나는 현상이 있어 인공종묘생산이 매우 어려움이 있었는데 부수적이지만 보다 효과적인 결과를 얻을 수 있었다. 따라서 PSB와 관련하여 저질개선제에 관한 실험도 연계하여 수행할 필요가 있다고 생각한다. 따라서 이러한 결과를 토대로 초기치패를 배양한 결과 성장이 비교적 양호하고 생존율 30%이상 가능하여 초기치패 (각장 2.7 ± 0.5 mm) 1억 1천만 마리를 생산할 수 있었다. 이러한 결과들은 현장 실용화를 위한 대량배양시험에 유용하게 사용될 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 본 시험 초기치패 대량배양은 성공하였으나 먹이생물의 공급량이 한정되어 있어 각장 1 cm의 치패 생산에는 매우 어려움이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 차후에 바다에서 중간양

성에 관한 연구가 지속되어야 할 것으로 생각된다.

요 약

본 연구는 백합 인공종묘생산 시 유생 및 치패의 생존율을 높이기 위하여 미세조류 (*Chaetoceros gracilis*, *Isochrysis galbana*)에 B₁₂, 키토산, PSB 및 다당류 등으로 영양 강화한 먹이생물을 공급하여 유생과 치패의 성장 및 생존율 등을 조사한 결과이다. 실험에 사용한 어미는 2010년 7월 23일 전남 영광군 백수면 하사리에서 채집된 어미를 수송하여 채탄한 D형 유생 (각장 89.7 ± 6.4 μm) 과 착저 치패 (각장 198 ± 12 μm) 를 사용하였으며, 시험기간은 2010년 7월 25일부터 10월 4일까지 70일간 시험하였다. 미세조류 (*Chaetoceros gracilis*, *Isochrysis galbana*) 에 B₁₂ 0.1 ppm, 키토산 0.2 ppm, PSB 3 ppm 및 다당류 1 ppm 으로 영양 강화하여 유생사육 시 매일 3 × 10³-15 × 10³ Cells/mL를 공급하여 성장 및 생존율을 측정하였다.

실험 결과 유생의 성장은 PSB 실험구 199 ± 0.59 μm, B₁₂ 실험구 198 ± 0.64 μm, 키토산 197 ± 0.52 μm로 차이가 나타나지 않았고, 생존율은 PSB 실험구가 99.3%로 가장 높았고, B₁₂ 95.9%, 키토산 94.5%로 나타났다.

초기치패의 성장은 PSB 실험구가 2.74 ± 0.58 mm 로 가장 높았고, 다당류 2.67 ± 0.55 mm, B₁₂ 2.54 ± 0.48 mm, 키토산 2.49 ± 0.51 mm 순이었고, 생존율은 PSB 실험구가 32.1%로 가장 높았고, B₁₂ 31.6%, 키토산 28.5%, 다당류 21.4% 순이었음. 이러한 결과 PSB의 경우 백합 초기치패 사육 시 저질 개선 효과가 있어 매우 유용한 것으로 판단되고, 특히 바다식 초기치패 사육의 경우 원생동물과 세균의 번식을 억제하는 효과가 있으므로 차후에 다른 약품들과 다양한 부분에서 세부적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

사 사

본 연구는 국립수산물과학원 (백합 인공종묘생산 기술개발 RP-2011-AQ-039) 지원으로 수행되었습니다.

REFERENCES

- Duncan, D.B. (1955) Multiple range and multiple Ftests, *Biometrics*, **11**: 1-42.
- Gauza E, Benitez-Santana T, Atalah E, Vega-Orellana O, Ganga R and Izquierdo MS (2008) *Crythecodinium cohinii* and *Schizochytrium* sp. as potential substitutes to fisheries-derived oils from seabream (*Sparus aurata*) microdiets. *Aquaculture*, **277**: 109-116.
- Harel M, Koven W, Lein I, Bar Y, Behrens P, Stubblefield J, Zohar Y and Place AR. (2002) Advanced DHA, EPA and ArA enrichment materials

- for marine aquaculture using single cell heterotrophs. *Aquaculture*, **213**: 347-362.
- Jiang Y, Chen F and Liang SZ. (1999) Production potential of docosahexaenoic acid by the heterotrophic marine dinoflagellate *Crythecodinium cohnii*. *Process Biochem*, **34**: 633-637.
- Kamlangdee N and Fan KW. (2003) Polyunsaturated fatty acids production by *Schizochytrium* sp. isolated from mangrove. *Songklanakarin J. Sci. Technol.*, **25**: 643-650
- Kim, B.H., T.S. Moon, Y.G. Park, Y.G. Jin and Y.K. Shin (2009) Effect of Temperature on Induced Sexual Maturation of the Hard Clam, *Meretrix petechiails* (LAMARCK) broodstock. *korean Journal of Malacology*, **25**: 113-119.
- Kim B.H., T.S. Moon, Y.G. Park, P.G. Jo and M.C. Kim (2010) Study on Spawning Induction and Larvae Breeding of the Hard Clam, *Meretrix petechiails* (LAMARCK). *korean Journal of Malacology*, **26**: 151-156.
- Kim, J.J., S.C. Kim and H.C. Hong (2004). Molecular phylogeny of Veneridae on the basis of partial sequences of mitochondrial cytochrome oxidase I. *korean Journal of Malacology*, **20**: 171-181.
- Min, D.K. (2005). Mollusks in Korea. Hangle Co., 230pp.
- 유성규 (2000). 천해양식. 구덕출판사. 부산. 639pp.