

냉동·동결건조된 *Tetraselmis suecica*의 먹이효과*

김철원·허성범

부경대학교 양식학과

Dietary Value of Frozen and Freeze-Dried *Tetraselmis suecica*

Chul Won Kim and Sung Bum Hur

Department of Aquaculture, Pukyong National University, Nam-gu, Pusan, 608-737, Korea

To substitute frozen and freeze-dried food for live food in the development of the artificial seedling production of bivalve larvae, the dietary value of live *T. suecica* was compared with those of freeze-dried *T. suecica*, frozen *T. suecica*, live *T. suecica* (50%) + frozen *T. suecica* (50%), and live *T. suecica* (50%) + freeze-dried *T. suecica* (50%) in the rearing of oyster (*Crassostrea gigas*) and hen clam (*Macra chinensis*) larvae, and manila clam (*Tapes philippinarum*) spats.

Oyster larvae fed live *T. suecica* showed the highest growth (shell height 231.9 μ m) and survival rate (72.6%) and those fed freeze-dried *T. suecica* showed the lowest growth (shell height 168.9 μ m) and survival rate (35.3%). However, in the hen clam larvae, there were not significantly different among diet group in growth and survival rate.

The small spats of manila clam fed live *T. suecica* or live *T. suecica* (50%) + freeze-dried *T. suecica* (50%) showed higher growth and survival rate than those fed other diet group. In the case of large spats of manila clam, live *T. suecica* and live *T. suecica* (50%) + frozen *T. suecica* (50%) showed better growth. But, survival rates were not different among diet groups.

Dietary values of frozen and dried *T. suecica* were different on species and growth stage, and frozen and freeze-dried *T. suecica* can be partially used as substitute food for *T. suecica* live *T. suecica* in shellfish hatchery.

Key words : Frozen *Tetraselmis suecica*, Dried *Tetraselmis suecica*

서 론

우리나라에서 조개류 양식은 주로 천연채묘에 의하여 이루어지고 있다. 그러나 최근 산업폐수와 생활폐수의 연안유입, 대규모 간척과 매립에 의한 어장의 상실, 연안 양식장의 연작과 밀식 등으로 인한 환경의 악화로 조개류의 천연종묘생산은 매년 감소되고 있어 조개류의 인공종묘생산이 절

실히 필요하게 되었다. 하지만 조개류의 인공종묘 생산은 유생의 사육기술 미흡과 영양가치가 높은 먹이생물의 대량확보의 어려움 때문에 큰 진전을 보지 못하고 있다. 특히 먹이생물로 많이 이용되고 있는 식물플랑크톤은 대량배양시 넓은 배양공간, 많은 배양시간, 전문적인 배양기술 등 많은 문제점들이 있어 이런 문제점들은 살아있는 생먹이생물 공급을 제한하고 양식생산단가를 올리는 요인이다.

*이 논문은 1996년도 한국학술진흥재단의 대학부설연구소 연구비지원에 의하여 연구되었음.

따라서 최근에 식물먹이생물 대량배양의 어려움을 해결하기 위한 대체먹이원으로서 인공배합사료를 (Langdon and Waldock, 1981; Langdon and Bolton, 1984; Langdon and Siegfried, 1984)에 대한 연구가 활발하게 진행되었다. 그러나 유생을 사육하는데 있어 인공배합사료의 공급은 생먹이생물보다 성장과 생존율이 저조하여 생먹이생물을 대체하는데는 아직 미흡한 실정이다. 따라서 보관이 편리한 냉동먹이생물 (Day and Fenwick, 1993)과 건조먹이생물 (Hidu and Ukeles, 1962)로 만들어 사용하는 방법이 제시되었다. 식물플랑크톤의 냉동과 건조에 관한 연구는 주로 담수산 식물플랑크톤에서 활발하였으며 이들 냉동과 건조된 식물플랑크톤은 동물과 인간의 단백질 대체원, 공업 또는 의약품의 원료로서 주로 이용되었다(Shelef and Soeder, 1980).

냉동과 건조된 먹이생물에 대한 연구는 새우류 (Brown, 1972; Aujero and Millamena, 1981), 조개류 (Hidu and Ukeles, 1962), rotifer (Hirayama and Nakamura, 1976), Artemia (Persoone and Soregloos, 1975) 등을 대상으로 많이 연구되었으며, 특히 해산 *Chlorella*, *Tetraselmis*와 *Spirulina* 등은 냉동 또는 건조시켜 먹이생물로 많이 사용되고 있다.

따라서 본 논문은 우리나라의 기후조건에서 대량배양이 가능하고 조개류 양식에 먹이생물로서 많이 사용되고 있는 *T. suecica*를 대상으로 실험하였다. *T. suecica*를 대량배양한 후 세포만을 수확하여 냉동 및 건조시켜 참굴 (*Crassostrea gigas*) 유생, 개랑조개 (*Macra chinensis*) 유생 및 바지락 (*Tapes philippinarum*) 치패의 먹이로서 공급하며 *T. suecica* 생먹이생물의 실험구와 성장 및 생존을 비교함으로써 대체 먹이원으로서의 효과를 조사하였다.

재료 및 방법

1. *T. suecica*의 대량배양 및 수확

본 실험에 사용된 *T. suecica* (KMCC : P-3)

는 부경대학교 수산과학연구소 한국해양미세조류 은행에서 보존하고 있는 원종을 사용하였다. 20ℓ 규모의 배양까지는 f/2 (Guillard and Ryther, 1962) 배지로 수온 23℃, 조도 4,000 lux, L : D cycle은 24 : 0 조건에서 배양되었다. 그리고 20ℓ 이상 5톤 규모의 대량배양까지는 옥외수조에서 자연온도, 자연조도하에서 배양하였으며 이때 해수는 자연해수를 10 μ m filter bag으로 여과하여 사용하였고, 배지는 시판용 농업비료인 복합비료와 요소비료를 톤당 각각 117.6g과 163.7g을 사용하였다. 세포수는 매일 계수하여 대수기 말기에 전량 수확하였다. 수확방법은 AML flow basket을 이용하여 농축시켰으며, paste 상태로 된 *T. suecica*를 수확하여 사용하였다.

농축된 *T. suecica*는 -40℃의 냉동실에 보관하였고 건조는 진공동결건조기 (EYELA F10-1)를 이용하여 24시간 동결건조한후 mixer로 갈아 2℃의 냉장실에 보관하였다.

2. 참굴 (*C. gigas*)의 산란유발

남해산 참굴 모패 30마리 (평균 각고, 각장, 전중이 각각 81.1±13.15mm, 51.3±7.58mm, 99.1±36.25g)를 해운대 동백섬에 소재한 부경대학교 수산과학연구소로 운반하였다. 운반된 참굴은 1톤 FRP수조에서 자연해수로 사육하였고 먹이로는 *T. suecica* (50×10⁴cell/ml)와 *Isochrysis aff. galbana* (100×10⁴cell/ml, KMCC- H-1)를 50%씩 혼합하여 공급 었다.

산란 자극은 모패를 통풍이 잘되는 음지에서 1시간 정도 간출시킨 후 여과해수가 채워진 50ℓ사각수조에 수용하고 히터와 자동온도조절기를 이용하여 수온을 서서히 상승시켜 사육수온보다 5~7℃높게 유지하며 방란, 방정을 유도하였다. 방란, 방정이 완료된후 30분 뒤에 20 μ m와 125 μ m sieve를 이용하여 수정란을 세란하였다. 세란된 수정란은 계수후 1톤 원형수조에 30 립/ml씩 수용하여 D상 유생으로 부상할때까지 폭기를 약하게 하였고, 수온 20±1℃, 염분 30±2‰로 사육하였다.

3. 개량조개 (*M. chinensis*)의 산란유발

부산 광안리 해안에서 어획된 개량조개 모패를 1톤 FRP수조에서 자연해수로 사육하였고 먹이로는 *T. suecica* (50×10^4 cell/ml)와 자연 발생한 규조류 (30×10^4 cell/ml)를 1일 각각 10ℓ, 90ℓ씩 공급하였다. 방란 방정한 개량조개 모패 50마리의 평균 각장, 각고, 전중은 각각 63.4 ± 5.87 mm, 47.9 ± 4.14 mm, 46.4 ± 11.73 g 이었다. 산란 자극과 세란, 사육등의 기타방법은 참굴과 동일하였다.

4. 참굴과 개량조개 유생의 먹이효율

유생이 먹이를 먹기 시작하는 초기 D상 유생부터 실험을 시작하기 전까지의 먹이는 *I. aff. galbana*를 5×10^4 cells/ml씩 넣어 공급하였다. 실험시작시 참굴 유생은 각장 112.0 ± 5.04 μm, 각고 106.9 ± 5.60 μm의 크기였으며, 개량조개 유생은 각장이 117.2 ± 5.81 μm, 각고가 103.3 ± 6.15 μm였다. 유생사육은 수온 $21 \pm 1^\circ\text{C}$, 염분 28‰였고, 밀도는 100ℓ 원형유리용기에 5개체/ml를 수용하였다. 실험구는 생 *T. suecica*, 동결건조된 *T. suecica*, 농축냉동저장한 *T. suecica*, 생 *T. suecica* (50%) + 농축냉동 *T. suecica* (50%), 생 *T. suecica* (50%) + 동결건조 *T. suecica* (50%)의 실험구로 구분하여 3반복으로 실시하였다. 각 실험구별 먹이는 10×10^4 cells/ml씩 공급하여 12일간 사육한 후 유생의 성장과 생존율을 측정하였다.

실험시 먹이공급은 냉동저장한 *T. suecica*는 상온에서 천천히 해동시킨 후 1g을 여과해수 1,000ml에 넣고 mixer에 1분간 같은 다음 200배 현미경하에서 hemacytometer를 사용하여 세포수를 계수하여 먹이로 공급했다. 건조된 *T. suecica*는 분말 1g을 여과해수 1,000ml에 넣고 위와 같은 방법으로 공급하였다. 유생사육조의 환수는 2일에 한번 전량 하였으며 유생의 성장은 2일에 한번 30개체씩 취하여 현미경하에서 micrometer로 각장과 각고를 측정하였다. 생존율도 환수 할때마다 100개체를 취하여 현미경하에서 생존개체를 계수하였다. 생존개체는 먹이섭취여부와 패각안에 섬모운동여부를 기준으로 하였다.

5. 바지락 (*T. philippinarum*) 치패의 먹이효율

낙동강 하구 중리어촌계 어장에서 채집한 바지락 치패는 실험실로 운반하여 200ℓ FRP수조에서 자연해수로 안정시켰으며 먹이는 *T. suecica* (50×10^4 cell/ml)와 *I. aff. galbana* (100×10^4 cell/ml)를 1일 각각 10ℓ씩 공급하였다.

바지락 치패는 소형 (평균 각장 351.1 ± 26.27 μm, 각고 295.9 ± 12.46 μm, 전중 0.01 ± 0.0041 g)과 대형(평균 각장 13.0 ± 0.83 mm, 각고 8.7 ± 0.37 mm, 전중 0.51 ± 0.28 g)으로 나누어 실험하였다. 소형 치패는 3ℓ 용기에 200개체씩 수용하여 지수식으로 사육하였으며, 수온은 $24 \pm 1^\circ\text{C}$, 염분 30 ± 1 ‰으로 유지하였다. 환수는 2일마다 전량 하였다. 대형 치패는 100ℓ F-RP수조에 125개체씩 수용하여 먹이를 공급한 후 2시간동안은 지수식으로 하고 나머지 시간은 유수식 (10ℓ/sec.)으로 사육하였다. 수온은 $24 \pm 2^\circ\text{C}$, 염분은 자연염분 (약 32 ± 2 ‰) 그대로 이용하였다. 실험구는 생 *T. suecica*, 냉동 *T. suecica*, 동결건조된 *T. suecica*와 생 *T. suecica* (50%) + 냉동 *T. suecica* (50%), 생 *T. suecica* (50%) + 동결건조 *T. suecica* (50%)로 구분하여 3반복으로 실험하였다. 소형 치패 실험구는 30×10^4 cells/ml/day씩, 대형 치패 실험구에서는 50×10^4 cells/ml/day씩의 먹이를 공급하여 60일간 사육하였다. 실험종료시 각 실험구에서 30개체씩의 치패를 취하여 각장, 각고, 중량, 생존율을 측정하였으며 Duncan's Multiple Range Test (Nie et al., 1975) 방법으로 통계 처리하여 유의성 ($P \leq 0.05$)을 분석하였다.

결 과

1. 참굴 (*C. gigas*) 유생의 먹이효율

먹이실험구에 따른 참굴 유생의 각고 성장은 Table 1과 같다. 실험종료시 각고의 성장은 생 *T. suecica*를 공급한 실험구가 231.9 μm로 가장 좋았으며 건조 *T. suecica*를 공급한 실험구에서 168.7 μm로 저조한 성장을 보였다. 그리고 생 *T. suecica* (50%) + 냉동 *T. suecica* (50%),

Table 1. Growth of shell height of oyster (*Crassostrea gigas*) larvae fed on different type of foods of *Tetraselmis suecica* (unit : μm)

Cultured days	Live algae (100%)	Frozen algae (100%)	Freeze-dried algae (100%)	Live(50%) + Frozen(50%)	Live(50%) + Freeze-dried (50%)
0	111.7±4.97	110.3±3.82	113.1±4.18	113.2±0.54	114.5±0.65
2	131.8±0.44	130.8±0.24	131.0±0.35	131.3±0.35	133.3±0.43
4	158.2±0.83	143.6±0.48	143.3±0.45	148.9±0.36	144.4±0.65
6	165.1±0.21	149.8±0.20	145.6±0.18	154.2±0.17	151.9±0.12
8	196.6±0.15	163.5±0.04	158.9±0.23	173.9±0.19	165.2±0.08
10	206.7±0.41	171.4±0.18	164.9±0.05	191.1±0.38	185.0±0.52
12	231.9±0.20 ^c	178.9±0.36 ^b	168.7±0.11 ^a	199.7±0.38 ^d	188.3±0.22 ^c

Values with the same letter are not significantly different ($P \geq 0.05$).

생 *T. suecica* (50%) + 건조 *T. suecica* (50%)를 공급한 실험구에서 각각 199.7 μm , 188.3 μm 을 나타냈으며 냉동 *T. suecica*를 공급한 실험구에서는 178.9 μm 로 나타나서 각 실험구의 각고의 성장은 모두 유의적인 차이를 보였다. 실험기간에 따른 생 *T. suecica*와 다른 실험구의 성장차이는 실험 4일째 부터 나타나기 시작하였으며, 실험 10일 이후에는 생 *T. suecica*를 제외한 다른 실험구의 성장은 점차 둔화되는 경향이였다.

생존율은 생 *T. suecica*를 공급한 실험구가 실험종료시 72.6%로 가장 높았고, 건조 *T. suecica*를 단독으로 공급한 실험구의 생존율은 39.3%로 가장 낮게 나타났다. 생 *T. suecica* (50%) + 냉동 *T. suecica* (50%), 생 *T. suecica* (50%) + 건조 *T. suecica* (50%)를 공급한 실험구의 생

존율은 각각 59.4%, 46.7%, 냉동 *T. suecica*를 단독으로 공급한 실험구의 생존율은 48.8%로 나타나 생 *T. suecica*와 다른 실험구간에는 유의적인 차이가 나타났다. 생존율은 건조 *T. suecica*를 공급한 실험구에서 실험 2일후터, 냉동 *T. suecica*, 생 *T. suecica* (50%) + 냉동 *T. suecica* (50%), 생 *T. suecica* (50%) + 건조 *T. suecica* (50%)를 공급한 실험구는 실험 4일후부터 급격한 감소를 보이고 있다(Table 2).

2. 개량조개 (*M. chinensis*) 유생의 먹이효율

개량조개 유생의 각장 성장은 생 *T. suecica*를 공급한 실험구가 실험종료시 213.1 μm 로 가장 좋았으며, 생 *T. suecica* (50%) + 냉동 *T. suecica* (50%), 생 *T. suecica* (50%) + 건조 *T. suecica* (50%), 냉동 *T. suecica*, 건조 *T. suecica*를 공

Table 2. Survival rate of oyster (*Crassostrea gigas*) larvae fed on different type of foods of *Tetraselmis suecica* (unit : %)

Cultured days	Live algae (100%)	Frozen algae (100%)	Freeze-dried algae (100%)	Live(50%) + Frozen(50%)	Live(50%) + Freeze-dried (50%)
0	100	100	100	100	100
2	95.1±1.29	86.9±1.23	85.3±2.60	86.8±1.23	86.6±1.75
4	88.6±2.59	78.0±2.79	66.8±2.91	79.0±3.14	76.1±1.81
6	81.3±3.54	68.0±4.57	58.0±4.99	70.2±2.22	63.2±1.73
8	78.3±0.83	59.7±3.30	50.6±4.09	66.4±4.18	55.1±2.83
10	76.8±0.95	52.3±2.87	43.6±2.18	62.1±1.34	50.0±2.18
12	72.6±1.29 ^d	48.8±2.91 ^b	39.3±1.09 ^a	59.4±2.94 ^c	46.7±2.42 ^b

Values with the same letter are not significantly different ($P \geq 0.05$).

급한 실험구가 각각 206.8 μ m, 209.5 μ m, 208.9 μ m, 207.1 μ m로 나타나 모든 실험구에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. 실험기간에 따른 각장의 성장은 생 *T. suecica*를 공급한 실험구는 실험 2 일째부터 다른 실험구와 성장차이를 보이다가 실험 6일째 부터는 차이를 보이지 않는다(Table 3).

생존율은 생 *T. suecica*를 공급한 실험구가 실험종료시 12일만에 42.9%로 가장 좋았으며 생 *T. suecica* (50%) + 냉동 *T. suecica* (50%), 생 *T. suecica* (50%) + 건조 *T. suecica* (50%), 냉동 *T. suecica*, 건조 *T. suecica*를 공급한 실험구의 생존율은 각각 35.9%, 34.4%, 29.8%, 30.0%로 나타나 모든 실험구에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. 그리고 실험기간에 따른 생존율은 모든 실험구에서 실험 2일째와 실험 10일 이후에 급격히 감소하는 경향이 나타났다(Table 4).

3. 바지락 (*T. philippinarum*) 치패의 먹이효율

소형 바지락 치패 성장은 각장의 경우 생 *T. suecica*, 생 *T. suecica* (50%) + 냉동 *T. suecica* (50%)를 공급한 실험구에서 각각 398.5 μ m, 397.6 μ m로 나타나 냉동 *T. suecica*, 건조 *T. suecica*를 공급한 실험구 값과 유의적인 차이를 보였다. 각고 성장은 생 *T. suecica*, 생 *T. suecica* (50%) + 냉동 *T. suecica* (50%), 생 *T. suecica* (50%) + 건조 *T. suecica* (50%)를 공급한 실험구에서 각각 332.5 μ m, 329.9 μ m, 322.8 μ m로 냉동 *T. suecica* (317.3 μ m), 건조 *T. suecica* (314.4 μ m)와 유의적인 차이를 보였다. 생존율은 생 *T. suecica* (50%) + 건조 *T. suecica* (50%) 실험구에서 93.7%로 가장 높았으나 다른 실험구와 유의적인 차이를 보이지 않았다(Table 5).

Table 3. Growth of shell length of hen clam (*Macra chinensis*) larvae fed on different type of foods of *Tetraselmis suecica* (unit : μ m)

Cultured days	Live algae (100%)	Frozen algae (100%)	Freeze-dried algae (100%)	Live(50%) + Frozen(50%)	Live(50%) + Freeze-dried (50%)
0	118.1 \pm 2.18	117.2 \pm 1.15	117.3 \pm 0.80	116.7 \pm 1.37	120.4 \pm 1.19
2	151.0 \pm 3.69	143.6 \pm 4.46	141.8 \pm 2.93	145.7 \pm 3.06	145.9 \pm 1.00
4	163.2 \pm 2.95	151.5 \pm 3.30	150.5 \pm 0.67	152.8 \pm 1.53	151.3 \pm 3.51
6	170.9 \pm 5.51	171.8 \pm 3.08	175.7 \pm 1.55	164.7 \pm 4.38	168.8 \pm 1.39
8	194.9 \pm 3.49	183.8 \pm 2.18	185.4 \pm 0.61	184.9 \pm 1.64	181.1 \pm 0.92
10	207.8 \pm 10.07	201.5 \pm 1.43	201.8 \pm 1.08	192.4 \pm 10.54	196.1 \pm 2.97
12	213.1 \pm 6.33 ^a	206.8 \pm 1.13 ^a	209.5 \pm 3.02 ^a	208.9 \pm 3.44 ^a	207.3 \pm 2.04 ^a

Values with the same letter are not significantly different (P \geq 0.05).

Table 4. Survival rate of hen clam (*Macra chinensis*) larvae fed on different type of foods of *Tetraselmis suecica* (unit : %)

Cultured days	Live algae (100%)	Frozen algae (100%)	Freeze-dried algae (100%)	Live(50%) + Frozen(50%)	Live(50%) + Freeze-dried (50%)
0	100	100	100	100	100
2	90.2 \pm 2.27	85.6 \pm 4.37	87.8 \pm 2.38	88.0 \pm 0.72	91.2 \pm 0.57
4	82.3 \pm 6.70	80.5 \pm 3.70	78.7 \pm 2.38	75.8 \pm 4.43	82.2 \pm 3.85
6	77.2 \pm 5.50	72.4 \pm 5.31	71.2 \pm 3.00	72.0 \pm 1.65	77.1 \pm 2.44
8	61.6 \pm 8.03	62.0 \pm 2.83	63.0 \pm 7.87	63.1 \pm 1.29	60.3 \pm 2.16
10	53.9 \pm 7.55	48.1 \pm 3.21	46.7 \pm 1.19	51.7 \pm 1.79	50.8 \pm 6.71
12	42.9 \pm 6.94 ^a	35.9 \pm 7.90 ^a	34.4 \pm 2.22 ^a	29.8 \pm 4.67 ^a	30.0 \pm 4.72 ^a

Values with the same letter are not significantly different (P \geq 0.05).

Table 5. Growth and survival rate of small size group of Manila clam (*Tapes philippinarum*) spat fed on different type of food of *Tetraselmis suecica*

Food type	Initial		Final		Survival rate(%)
	S. L(μ m)	S. H(μ m)	S. L(μ m)	S. H(μ m)	
Live algae	352.7±22.45	296.5±13.55	398.5±12.55 ^b	332.5±9.84 ^b	91.8±1.87 ^a
Frozen algae	350.1±17.85	295.1±12.01	375.9± 7.10 ^a	317.3±4.36 ^a	91.7±0.85 ^a
Freeze-dried algae	351.5±29.45	293.9±11.52	372.9±4.25 ^a	314.4±6.47 ^a	90.8±0.85 ^a
Live(50%)+Frozen(50%)	351.9±27.30	296.0±12.76	397.6±7.44 ^b	329.9±7.63 ^b	92.5±1.47 ^a
Live(50%)+Freeze-dried(50%)	350.9±25.15	293.1±14.22	380.1±6.30 ^{ab}	322.8±7.87 ^{ab}	93.7±1.08 ^a

S. L. : mean shell length

S. H. : mean shell height

Values with the same letter are not significantly different (P≥0.05).

대형 바지락 치패의 경우 가장 성장은 생 *T. suecica*가 14.9mm로 가장 성장이 좋았으며 냉동 *T. suecica*가 14.1mm로 가장 저조하였다. 생 *T. suecica*를 공급한 실험구는 다른 4실험구와 유의적인 차이를 보였다. 그러나 생 *T. suecica* (50%) + 냉동 *T. suecica* (50%)와 생 *T. suecica* (50%) + 건조 *T. suecica* (50%)를 공급한 실험구 사이와 건조 *T. suecica*와 냉동 *T. suecica* 사이에는 서로 유의적인 차이가 없었다. 전중의 증가는 생 *T. suecica*를 공급한 실험구에서 60일후에 0.74g으로 가장 높았고 건조 *T. suecica*를 공급한 실험구가 0.66g로 가장 낮았다. 그리고 생 *T. suecica* (50%) + 냉동 *T. suecica* (50%)를 혼합한

실험구, 생 *T. suecica* (50%) + 건조 *T. suecica* (50%) 실험구와 냉동 *T. suecica*를 공급한 실험구에서는 각각 0.72g, 0.68g, 0.67g으로 서로 유의적인 차이가 없었다. 생 *T. suecica*와 생 *T. suecica* (50%) + 냉동 *T. suecica* (50%)의 실험구는 다른 실험구와는 유의적인 차이를 보였으나 두 실험구사이에는 유의적인 차이가 없었다. 생존율은 생 *T. suecica* (50%) + 냉동 *T. suecica* (50%) 실험구에서 94.3%로 가장 높았으나 다른 4개의 실험구와 유의적인 차이는 없었다(Table 6).

논 의

조개류와 갑각류의 초기 먹이생물로서 매우 중

Table 6. Growth and survival rate of large size group of Manila clam (*Tapes philippinarum*) spat fed on different type of food of *Tetraselmis suecica*

Food type	Initial		Final		Survival rate(%)
	S. L(mm)	T. W(g)	S. L(mm)	T. W(g)	
Live algae	12.7±0.91	0.51±0.14	14.9±0.08 ^c	0.74±0.05 ^b	93.8±0.85 ^a
Frozen algae	13.2±1.03	0.52±0.26	14.1±0.24 ^a	0.67±0.22 ^a	92.0±1.08 ^a
Freeze-dried algae	13.2±1.27	0.51±0.45	14.3±0.05 ^a	0.66±0.05 ^a	92.5±1.70 ^a
Live(50%)+Frozen(50%)	13.0±0.95	0.50±0.25	14.7±0.12 ^b	0.72±0.05 ^b	94.3±0.85 ^a
Live(50%)+Freeze-dried(50%)	12.50±0.89	0.51±0.14	14.6±0.49 ^b	0.68±0.03 ^a	92.7±0.24 ^a

S. L. : mean shell length

T. W. : mean total weight

Values with the same letter are not significantly different (P≥0.05).

요한 식물플랑크톤의 안정적인 배양공급이 어렵기 때문에 냉동, 건조 먹이생물과 같은 대체먹이원의 개발에 대한 연구가 많이 수행되고 있다. 본 논문에서는 참굴과 개량조개 유생 그리고 바지락 치패에게 생 *T. suecica*, 냉동 *T. suecica*, 건조 *T. suecica*를 먹이로 공급하였을 때 성장과 생존율을 비교 조사하였다.

본 실험에 사용된 *T. suecica*는 대량배양이 쉽고 영양가가 높아서 조개류의 먹이생물로서 많이 이용되고 있다. 그러나 Epifanio (1979)는 *T. suecica*가 세포벽이 두껍기 때문에 조개류 유생의 먹이생물로서 부적합하며 다른 먹이생물과 혼합하였을 때는 먹이효과가 개선되었다고 보고하였다.

본 실험의 결과 참굴 유생에서는 생 *T. suecica*를 공급한 실험구가 건조 *T. suecica*를 공급한 실험구에 비하여 성장과 생존율이 유의적으로 높았으며 생 *T. suecica*에 냉동 *T. suecica*와 건조 *T. suecica* 50%씩 혼합하였을 때 냉동 *T. suecica*와 건조 *T. suecica*를 단독으로 공급한 실험구에 비하여 성장과 생존율이 개선되는 것을 알 수 있었다. 이처럼 냉동 또는 건조 *T. suecica*가 생 *T. suecica*에 비하여 성장이 좋지 않은 것은 장기간 냉동 또는 건조보관에 따른 영양원의 부족과 먹이로 공급하였을 때 운동성이 없어 먹이로서의 활용이 부적합하였기 때문으로 생각된다. Watson et al. (1986)은 *P. lutheri*와 *I. aff. galbana*를 농축하여 보관할 때 10℃에서 2~3일, 4℃에서는 1주일 경과하면 먹이가치가 떨어진다고 보고하였다. Laing and Verdugo (1991)은 참굴 치패사육시 건조 *T. suecica*와 생 *T. suecica*를 공급한 실험구간에 성장의 차이가 없었다고 보고하여 본 실험 결과와는 달랐다. 본 실험에서는 생 *T. suecica*를 제외한 다른 실험구가 실험 10일 이후로 성장이 둔화되는 경향을 보이는데 이것은 냉동 *T. suecica*와 건조 *T. suecica* 제조과정에서의 영양분의 파괴로 인한 결핍현상이 이 시기부터 나타나기 때문으로 생각된다.

생존율에 있어서 건조 *T. suecica* 실험구에서 실험 2일후 급격한 감소는 건조먹이생물에 대한

유생의 먹이섭취와 소화에 어려움이 있었기 때문으로 생각된다. 曩(1995)의 *I. aff. galbana*를 먹이로 3ℓ에서 19±1℃에서 참굴 유생을 사육하여 생존율이 58.7%로 보고한바 있다. 그러나 생 *T. suecica*를 먹이로 공급하였을 때 72.6%로 曩(1995)의 결과보다 매우 높게 나타났는데 이유는 본 실험에서는 사망율이 매우 높은 시기인 초기 D상 단계를 지난 유생을 실험에 사용하였기 때문으로 생각된다.

개량조개 유생의 경우 생 *T. suecica*를 공급한 실험구에서 성장과 생존율이 좋았으나 냉동 *T. suecica*에서 성장이 저조하였고 생존율은 생 *T. suecica*에 냉동 *T. suecica*를 혼합한 실험구가 가장 낮게 나타났다. 그러나 각 실험구에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다. Laing and Verdugo (1991)은 대합 (*Mercenaria mercenaria*) 유생에게 생 *T. suecica*와 건조 *T. suecica*를 공급하였을 때 성장에 유의적인 차이를 보이지 않았다고 보고하고 있어 본 논문의 결과와 유사하였다. Nell and O'Connor (1991)은 시드니 바위굴 (*Saccostrea commercialis*) 유생에게 *Phaeodactrium tricorutum*과 *T. chunii*를 농축하여 공급하였을 때 생먹이생물에 비하여 성장에 유의적인 차이가 나타나지 않았다고 보고하였다. 또 생 *T. suecica*와 4℃에서 보관한 농축 *T. suecica*에서도 유의적인 성장의 차이가 없다고 보고하였는데 본 논문에서 생 *T. suecica*를 먹이로 공급하였을 경우가 다른 먹이공급구에 비하여 유의적인 성장차이가 없었던 결과와 유사하였다. 개량조개 유생의 성장은 실험 6일째부터 생 *T. suecica*와 다른 먹이실험구와 차이가 나타나지 않았는데 이것은 개량조개 유생의 식성이 참굴 유생과 달리 냉동 또는 건조된 먹이에 대한 섭취와 소화에 문제점이 없기 때문으로 생각된다. 그러나 개량조개 유생이 참굴 유생보다 매우 낮은 생존율을 볼 때 *T. suecica*는 개량조개 유생에 적합한 먹이생물이 아닌 것으로 판단된다.

바지락 치패의 경우에는 생 *T. suecica* 실험구와 생 *T. suecica* (50%) + 냉동 *T. suecica* (50%),

생 *T. suecica* (50%) + 건조 *T. suecica* (50%) 실험구에서는 유의적인 차이를 보이지 않았으나 냉동 *T. suecica* 또는 건조 *T. suecica*를 단독으로 공급한 실험구와는 유의적인 차이를 보였다. 그러나 Laing and Verdugo (1991)은 바지락 치패에 생 *T. suecica*와 건조 *T. suecica*를 공급하였을 때 성장에 유의적인 차이를 보이지 않았다고 보고한 바 있다. 그러나 본 논문에서는 생 *T. suecica*와 건조 *T. suecica*를 바지락에게 공급한 결과 생존율에서는 유의적인 차이가 없었으나 성장에 있어서는 생 *T. suecica*를 공급한 실험구가 유의적으로 더 높게 나타났다. 이것은 조개류의 치패단계에서는 유생단계와 달리 건조와 냉동 먹이생물도 잘 섭취할수 있기 때문으로 생각된다.

본 연구 결과 생 *T. suecica*와 건조 *T. suecica*를 단독으로 공급했을때 참굴 유생과 바지락 치패에서는 유의적인 차이가 나타났고 생먹이생물을 혼합하여 공급한 실험구에서는 건조 *T. suecica* 또는 냉동 *T. suecica*만 공급한 실험구보다 성장과 생존율이 개선되는 것을 알수 있었다. 그러나 개량조개 유생에서는 생 *T. suecica*를 공급한 실험구가 다른 실험구와 성장과 생존율에 있어 유의적인 차이가 나지 않았다. 이와같이 종류에 따라 냉동 또는 건조한 *T. suecica*의 먹이효율이 다른 것은 각 조개류의 식성차이 때문으로 생각된다. 그리고 Laing and Millican (1991)는 규조류에 건조 또는 냉동된 *T. suecica*를 첨가하는 비율은 굴류에 있어서 15%, clam류에 있어서는 40% 정도로 보고한바 있어 종류에 따른 생 먹이생물과 건조 먹이생물과의 혼합비율에 대한 연구도 앞으로 필요할 것으로 생각된다.

이처럼 건조나 냉동된 먹이생물은 조개류의 유생과 치패사육에 있어서 넓게 이용될수 있다. 그러나 건조나 냉동 먹이생물은 수중에서 덩어리가 지거나 잘 풀리지 않아서 여과섭식되지 못하고 가라앉아 수질을 악화시킬수 있으며 냉동보관하거나 건조할때 필수영양성분이 파괴되는 단점이 있다. 따라서 건조나 농축냉동 먹이생물을 개발하는데 있어서는 영양이 풍부한 먹이생물의 대량배

양은 물론 냉동, 건조 및 저장방법 등의 연구가 구체적으로 수행되어야 할것이다.

요 약

조개류의 인공종묘생산시 생먹이생물의 대체먹이원을 개발하기 위해 냉동 또는 건조한 먹이생물의 먹이효율을 조사하였다. *T. suecica*를 대상으로 실험구를 생 *T. suecica*, 건조 *T. suecica*, 냉동 *T. suecica*, 생 *T. suecica* (50%) + 냉동 *T. suecica* (50%), 생 *T. suecica* (50%) + 건조 *T. suecica* (50%)를 구분하여 참굴과 개량조개 유생 그리고 바지락 치패에게 먹이로 공급하며 먹이효율을 비교하였다.

참굴 유생의 경우는 생 *T. suecica*를 공급한 실험구가 각각 231.9 μ m로 성장이 가장 좋았고, 생존율은 72.6%로 가장 높게 나타났으며 다른 실험구와 유의적인 차이를 보였으며 건조 *T. suecica*를 단독으로 공급한 실험구에서 각각 168.7 μ m, 생존율 39.3%로 가장 저조한 것으로 나타났다.

개량조개 유생에서는 생 *T. suecica*를 공급한 실험구가 각각 213.0 μ m, 생존율 42.9%로 가장 좋았으나 다른 실험구와 유의적인 차이가 없었다.

바지락 소형 치패의 경우 성장은 생 *T. suecica*, 생 *T. suecica* (50%) + 냉동 *T. suecica* (50%)를 공급한 실험구와 다른 실험구와 유의적인 차이를 보였다. 그리고 대형 치패 경우 성장은 생 *T. suecica*, 생 *T. suecica* (50%) + 냉동 *T. suecica* (50%) 실험구와 건조 *T. suecica*, 냉동 *T. suecica*, 생 *T. suecica* (50%) + 건조 *T. suecica* (50%) 실험구와 유의적인 차이를 나타냈다. 그러나 바지락 치패의 생존율에서는 유의적인 차이를 보이지 않았다.

이와같이 냉동, 건조된 *T. suecica*의 먹이효율은 유생의 종류와 성장단계에 따라 다른 것으로 나타났다으며 생 *T. suecica*를 부분적으로 대체할수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- Aujero, J. E. and Millamena, O. M., 1981. Viability of frozen algae used as food for larval penacids. *Fish. Res. J. Philipp.*, 6 : 63-69.
- Brown, A., 1972. Experimental techniques for preserving diatoms used as a food for larval *Penaeus aztecus*. *Proc. Nat. Shellfish, Assoc.*, 62 : 21-25.
- Day, J. G. and C, Fenwick., 1993. Cryopreservation of members of the genus *T. suecica* used in aquaculture. *Aquaculture*, 118 : 151-160.
- Epifanio, C. E., 1979. Growth in bivalve molluscs : nutritional effects of two or more species of algae in diets for the American oyster, *Crassostrea virginica* (Gmelin), and the hard clam, *Mercenaria mercenaria* (L). *Aquaculture*, 18 : 1-12.
- Guillard, R. L. and J. H. Ryther. 1962. Studies for marine planktonic diatoms. I. *Cyclotella nana* Hustedt and *Detonula conferracea* (Cleve). *Gram. Can. J. Microbiol.*, 8 : 229-239.
- Hidu H. and R. Ukeles, 1962. Dried unicellular algae as food for larvae of the hard shell clam, *Mercenaria mercenaria*. *Proceedings of the National Shellfish Association*, 53 : 85-101.
- Hirayama, K. and K. Nakamura, 1976. Fundamental studies of the physiology of rotifer in mass culture. V. Dry *Chlorella* powder as a food for rotifers. *Aquaculture*, 65 : 301-307.
- Laing, I. and C. G. Verdugo, 1991. Nutritional value of spray-dried *T. suecica suecica* for juvenile bivalves. *Aquaculture*, 92 : 207-218.
- Laing, I., and P. F. Millican. 1991. Dried-algae diets and indoor nursery cultivation of Manila clam juveniles. *Aquaculture*, 95 : 75-87.
- Langdon, C. J. and M. J. Waldock. 1981. The effect of algal and artificial diets on the growth and fatty acid composition of *Crassostrea gigas* spat. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 61 : 431-448.
- Langdon, C. J. and E. T. Bolton 1984. A microparticulate diet for a suspension-feeding bivalve mollusc, *Crassostrea virginica* (Gmelin). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 82 : 239-258.
- Langdon, C, J., and C, A, Siegfried. 1984. Progress in the development of artificial diets for bivalve filter feeders. *Aquaculture*, 39 : 135-153.
- Nell, J. A., and W. A. O'Connor. 1991. The evaluation of fresh algae and stored algal concentrates as a food source for Sydney rockoyster, *Saccostrea commercialis* (Iredale & Roughley), larvae. *Aquaculture*, 99 : 277-284.
- Nie, N. H., C. H. Hull, J. G. Jenkins, K. Steinbrenner and D. H. Bent., 1975. SPSS : Statistical Package for the Social Sciences, 2nd ed. McGraw Hill, New York., 675pp.
- Persoone, G. and P. Sorgeloos, 1975. Technological improvements for the cultivation of invertebrates as food for fishes and crustaceans. I. Devices and method. *Aquaculture*, 6 : 275-289.
- Shelef, G. and Soeder, C. J. (Editors), 1980. *Algae Biomass-Production and Use*. Elsevier/North Holland Biomedical Press, Amsterdam, 312pp..
- Watson, R. H. and Jones, G. G. and Jones, B. L., 1986. Using centrifuged algae for feeding oyster larvae. *J. Shellfish Res.*, 5 : 136 (abstract).
- 裴晋晔, 1995. 해산 규조류 7종의 먹이효과 비교. *한국양식학회지*, 8(4) : 355-366.