

## *Fabrea salina*의 대량배양과 먹이효율<sup>1</sup>

박철현<sup>2</sup> · 허성범<sup>3</sup>  
부경대학교 양식학과

## Mass Culture and Dietary Value of *Fabrea salina*<sup>1</sup>

Chul Hyun PARK<sup>2</sup> and Sung Bum HUR<sup>3</sup>  
Department of Aquaculture, Pukyong National University,  
Pusan 608-737, Korea

*Fabrea salina* is an euryhaline ciliate living at salt pond. Its size is small as ca. 150  $\mu\text{m}$ , and its reproductive rate is high, so that this ciliate has been expected to be a new food organism which will be able to replace rotifer, *Brachionus plicatilis*. However, the dietary value of *F. salina* on fish larvae has not yet been verified thoroughly. This research was carried out to understand the mass culture technique and dietary value of this ciliate. In this study, six kinds of phytoplankton and three kinds of grain were tested on growth of the ciliate, and optimum temperature, salinity and density of food were also examined for its mass culture. Regarding food for the ciliate, *Heterosigma* sp. and rice showed the highest growth among the phytoplankton and the grain, respectively. In this study, 229 ciliates per mL was cultured with *Heterosigma* sp., and 220 ciliates per mL with rice. The optimum temperature for *F. salina* was 33°C, and salinity ranging from 35 to 95 ppt had no significant difference on its growth. The optimum food density and amount for the ciliate were  $5 \times 10^6$  cells/mL in *Heterosigma* sp. and 2.8 g/L in rice, respectively. With respect to dietary value of *F. salina*, six-day-old larvae of ayu, *Plecoglossus altivelis*, fed on the ciliate showed the high mortality over 96% within 3 days, and it was significantly higher than those fed on rotifer. Even though the mass culture of *F. salina* has been achieved in the study, this ciliate seems to be inadequate as a food organism for fish larvae.

**Key words:** *Fabrea salina*, Ciliate, Culture, Dietary value

### 서 론

양식기술이 개발되고 양식대상 종이 다양해짐에 따라 새로운 먹이생물의 개발이 요구되고 있다. 현재 해산어류의 종묘생산시 rotifer와 Artemia가 주로 이용되고 있으나 이들은 담수와 염전 또는 염호에 서식하는 생물로서 바다에 서식하는 동물부유생물이 아니다. 따라서 자연 생태계 먹이사슬의 관점에서 보면 이들은 해산어류의 종묘생산에 적합한 천연의 동물먹이생물이라 할 수 없다.

해산어류중에서도 입의 크기가 작은 능성어류의 종묘생산에는 rotifer 보다 크기가 작은 초기 동물먹이생물이 필요하다. 또 rotifer는 나선형으로 움직이므로 어떤 어류 자어의 경우에는 rotifer를 쉽게 잡아 먹을 수 없다는 지적도 있다 (Marliave, personal communication). 따라서 앞으로 다양한 해산어류의 종묘생산을 위해서는 바다에 천연 서식하는 동물먹이생물의 개발이 중요하다. 이와 같은 면에서 섬모충류는 크기가 다양하고 번식률이 높아 천연 동물먹이생물로서의 개발 가능성을 인정받아 왔다 (Johannes, 1965; Gold, 1970; Spittler, 1973; Beers and Stewart, 1981; Stoccker et al., 1981; Capriulo and Ninivagigi, 1982).

본 실험종인 *Fabrea salina*는 Cilophora (섬모충강), Heterotrichina (이모류 제일아목)에 속하는 종으로 주 서식지는 염전이며

접합(conjugation)과 포낭(cyst)을 형성하여 환경에 적응하는 생물학적 특성을 가지고 있다 (Demar-Gervais, 1971). 최근에는 *F. salina*의 광생물학적 특성 (Podesta et al., 1994; Malangoni et al., 1996; Puntoni et al., 1998)에 대한 연구가 활발하나 먹이생물로서의 가능성은 Morris (1956)에 의해서 처음으로 보고되었다. 본 섬모충은 일반해수에서부터 염분 100 ppt 이상에서까지 서식 가능한 광염성이며 크기가 50~100  $\mu\text{m}$ 로 작고 번식률이 높아 rotifer를 대체할 수 있는 새로운 먹이생물로 전망되어 왔다 (De Winter and Persoone, 1975; De Winter et al., 1975).

그러나 어류 자어를 대상으로 한 자연산 *F. salina*의 먹이효율에 대해서는 rotifer와 비슷한 먹이효율이 있었다는 긍정적인 평가 (Barnabe, 1974; Rene, 1974)도 있으나 반대로 자어들이 먹이로서 섭취하지 않는다는 부정적인 평가 (Kentouri and Divanach, 1982)도 있어 아직도 본 섬모충에 대한 먹이생물로서의 개발 가능성은 확실히 밝혀지지 않은 상태이다. 따라서 본 연구는 *F. salina*의 대량배양 방법과 어류 종묘생산시 새로운 먹이생물로서의 개발 가능성을 파악하기 위하여 실시하였다.

### 재료 및 방법

*F. salina*는 경기만 염전에서 망목 20  $\mu\text{m}$ 의 식물부유생물망으로 채집한후 100  $\mu\text{m}$ 과 150  $\mu\text{m}$ 의 망을 대고 여과해수로 수차례 헹군 후 *F. salina*만을 선별하여 실험에 이용하였다.

#### 식물먹이생물에 의한 배양

부경대학교 수산과학연구소 한국해양미세조류은행에 보관중인

<sup>1</sup> 이 논문은 1996년도 한국학술진흥재단 대학부설연구소 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

<sup>2</sup> 현주소: 100-748, 서울시 영등포구 양평동 3가 65번지 (주)COSTCO 프라이스클럽 매입팀

<sup>3</sup> Corresponding author: hurs@pknu.ac.kr

6종류의 식물부유생물 (*Chaetoceros gracilis* KMCC-B-15, *Chlorella ellipsoidea* KMCC-C-20, *Nannochloris oculata* KMCC-C-31, *Heterosigma* sp. KMCC-D-6, *Isochrysis* aff. *galbana* KMCC-H-1, *Tetraselmis tetrathele* KMCC-P-2)을 이용하여 먹이생물별로 *F. salina*의 성장을 조사하였다.

식물먹이생물의 배양은 33 ppt, 25°C에서 f/2 배지 (Guillard and Ryther, 1962)로 최고의 밀도까지 배양한 후 100 mL flask에 50 mL의 배양액을 넣고 1 mL에 1개체의 세포총을 접종하였다. *F. salina*는 29°C, 33 ppt, 자연광의 조건에서 6일간 정체배양하였고 이 기간중 식물먹이생물의 양은 항상 충분히 유지되게 하였다.

위의 실험에서 *F. salina*의 성장에 가장 양호한 *Heterosigma*를 대상으로 온도 25, 29, 33°C, 염분 35, 55, 75, 95, 115 ppt로 구분하고 100 mL flask에 50 mL의 *Heterosigma*를 1, 2, 3,  $5 \times 10^6$  cells/mL로 구분하여 넣은 후 mL당 1개체의 *F. salina*를 접종하였다. *Heterosigma* sp.의 대량배양은 20 L carboy 용기에서 f/2배지를 이용하여 29°C, 33 ppt로 배양하였다.

곡식에 의한 배양

먹이로 사용된 곡류는 쌀, 보리, 밀이었고 1톨 당 평균무게는 쌀 20 mg, 보리 17 mg, 밀 19 mg이었다. 100 mL 플라스크에 50 mL의 여과해수를 넣고 각 곡식을 1, 3, 5, 7, 9톨씩 세어 넣고 하루동안 방치하여 영양배지가 되게 한 후 *F. salina*를 1개체/mL로 접종한 후 수온 33°C, 염분 33 ppt, 자연광의 조건하에서 배양하였다.

곡식에 의한 대량배양은 위의 실험에서 성장이 가장 양호했던 쌀을 대상으로 FRP 용기 (φ40×80 cm)에 100 L의 여과해수를 넣고 쌀을 50, 100, 150, 200, 250, 300 g 씩 넣고 29°C, 33 ppt, 자연광의 조건에서 6일간 배양하며 *F. salina*의 성장을 조사하였다.

*F. salina*의 성장측정

*F. salina*의 배양실험은 모두 2 반복으로 실시하였고 성장은 매일 배양액의 1 mL씩을 취하여 Sedgwick and Rafter chamber 내에서 Lugol's 용액으로 고정하여 5회 반복계수 후 평균하였다. 일간성장률 (specific growth rate, SGR)은 Guillard (1973)의 공식 ( $SGR = 3.322 \times (\log N_2/N_1) / (t_2 - t_1)$ )을 이용하였다.

은어자어에 대한 먹이효율

부화 후 6일째 되는 은어, *Plecoglossus altivelis*, 자어를 대상으로 *Heterosigma* sp.와 쌀 추출물로 배양한 *F. salina*와 유지효모로 배양한 rotifer, *Brachionus plicatilis*와의 먹이효율을 비교하였다. 200마리의 자어를 40 L 프라스틱 수조에 수용하고 약간의 포기를 시키며 20°C에서 3일간 2반복으로 사육하였으며 사육수는 매일 10 L씩을 환수하였다. 매일 *F. salina*는 15개체/mL, rotifer는 10개체/mL씩 먹이로 공급하였다. 자어의 사망률은 실험구별로 t-test를 실시하여 평균간의 유의성 (P≤0.05)를 검정하였다.

결 과

1. 식물먹이생물에 의한 배양

6종의 해산 phytoplankton을 대상으로 6일간 온도 29°C, 염분 33 ppt, f/2 배지에서 *F. salina*의 성장을 조사한 결과는 Table 1과 같다. *F. salina*를 mL당 1마리씩 접종하여 최대 성장을 보인 것은 *Heterosigma* sp.에서 46개체/mL로 나타났으며 SGR도 0.89로 6종중 가장 높았다. *Heterosigma* sp. 다음으로는 *N. oculata*, *I. aff. galbana*와 *T. tetrathele*의 순이었으며 *C. gracilis*는 15개체/mL, SGR 0.17로 가장 낮은 성장률을 보였다.

Table 1. Growth of *Fabrea salina* fed on phytoplankton as a food source

Food species	Algal inocula cell no. ( $\times 10^4$ cells/mL)	Maximum no. of ciliates/mL	Final no. of ciliates/mL	SGR
<i>Tetraselmis tetrathele</i>	13	22	20	0.70
<i>Nannochloris oculata</i>	3500	26	16	0.67
<i>Chlorella ellipsoidea</i>	2500	15	10	0.55
<i>Heterosigma</i> sp.	250	46	40	0.89
<i>Isochrysis</i> aff. <i>galbana</i>	750	26	20	0.70
<i>Chaetoceros gracilis</i>	500	15	2	0.17

SGR: specific growth rate.

6종의 식물먹이생물중 *F. salina*의 성장이 가장 좋았던 *Heterosigma* sp.를 대상으로 온도, 염분, 먹이농도에 따른 *F. salina*의 성장을 비교한 결과는 Table 2와 같다. 25°C의 경우 가장 높은 성장은 염분 55 ppt에서였고 115 ppt에서는 성장이 거의 없었다. *F. salina*의 성장은 염분 55 ppt에서 먹이농도  $5 \times 10^6$  cells/mL일 때 70개체/mL, SGR 1.02로 가장 높았다. 또 115 ppt를 제외하고는 각 염분구에서 먹이의 농도가 높을수록 성장이 높은 경향을 보였다.

29°C의 경우는 전체적으로 25°C보다 높은 성장을 보였고 최고의 성장은 95 ppt,  $5 \times 10^6$  cells/mL에서 107개체/mL, SGR 1.12였다. 또 115 ppt에서는 24개체/mL 이하의 저조한 성장을 보였다. 29°C에서도 115 ppt를 제외한 모든 염분구에서 먹이농도가 높을수록 *F. salina*의 성장이 높았다.

33°C의 경우는 25, 29°C보다 성장이 월등히 빨랐다. 35 ppt,  $5 \times 10^6$  cells/mL에서 229개체/mL, SGR 1.31로 최고의 성장을 보였다. 75 ppt와 95 ppt에서는 먹이농도가 가장 낮은  $1 \times 10^6$  cells/mL 실험구에서도 160개체/mL, SGR 1.22의 성장을 보였고 염분이 가장 높은 115 ppt에서는 29°C에서 보다도 오히려 저조한 성장을 나타냈다.

본 실험에서 35~95 ppt 염분구에서는 온도와 먹이 농도가 높을수록 *F. salina*의 성장이 좋았던 반면 염분에 따른 성장경향은 뚜렷하지 않았다. 또 고염분구인 115 ppt에서는 모든 온도구에서 *F. salina*의 성장이 매우 저조하였다.

2. 곡류에 의한 배양

쌀, 보리, 밀을 먹이원으로 *F. salina*를 배양한 결과는 Table 3과

**Table 2. Growth of *Fabrea salina* fed on *Heterosigma* sp. under different salinities, temperatures and food densities**

Salinity (ppt)	Food density (cells/mL)	Maximum ciliate number/mL			Specific growth rate		
		25°C	29°C	33°C	25°C	29°C	33°C
35	1×10 <sup>6</sup>	42	45	74	0.90	0.92	1.03
	2×10 <sup>6</sup>	50	54	92	0.94	0.96	1.09
	3×10 <sup>6</sup>	52	60	134	0.95	0.98	1.08
	5×10 <sup>6</sup>	59	69	229	0.98	1.02	1.31
55	1×10 <sup>6</sup>	49	57	49	0.94	0.97	0.84
	2×10 <sup>6</sup>	65	68	61	1.00	1.01	0.99
	3×10 <sup>6</sup>	68	76	71	1.01	1.03	1.02
	5×10 <sup>6</sup>	70	92	160	1.02	1.04	1.22
75	1×10 <sup>6</sup>	48	41	160	0.89	0.89	1.22
	2×10 <sup>6</sup>	51	43	160	0.89	0.90	1.22
	3×10 <sup>6</sup>	53	53	168	0.93	0.95	1.23
	5×10 <sup>6</sup>	59	52	200	0.97	0.95	1.27
95	1×10 <sup>6</sup>	42	41	160	0.87	0.81	1.22
	2×10 <sup>6</sup>	46	52	173	0.92	0.95	1.24
	3×10 <sup>6</sup>	53	80	190	0.95	1.05	1.26
	5×10 <sup>6</sup>	63	107	200	0.98	1.12	1.27
115	1×10 <sup>6</sup>	1	24	4	-0.55	0.72	-0.55
	2×10 <sup>6</sup>	2	14	1	-0.55	0.55	-0.55
	3×10 <sup>6</sup>	2	12	1	-0.55	0.55	-0.55
	5×10 <sup>6</sup>	2	1	0	-0.55	-0.55	-0.55

같다. *F. salina*는 쌀, 보리, 밀 모두 5~9톨/50 mL에서 성장이 높았고 쌀과 보리는 밀보다 양호하였다. 쌀 7톨을 넣은 경우 배양 5일째 220개체/mL로 최고의 성장을 보였다.

위와 같은 결과를 기초로 해수 100 L에 쌀 50, 100, 150, 200, 250, 300 g를 넣고 *F. salina*를 대량배양한 결과는 Table 4와 같다. *F. salina*의 성장은 200 g에서 배양 6일째 141개체/mL, SGR 1.18로 가장 높았으며 이 경우 doubling time은 0.85일로 가장 짧았다. 50 g을 넣은 경우는 SGR 0.55, doubling time 1.81일로 성장이 가장 낮았다. 또 250 g에서는 200 g과 비슷한 수준이었으나 300 g의 쌀을 넣은 실험구에서의 성장은 SGR 0.84, doubling time 1.19일로 100 g을 넣은 실험구보다도 오히려 저조하였다.

3. 먹이생물로서의 효과

*Heterosigma*와 쌀을 이용하여 *F. salina*를 대량배양한 후 유지 효모로 배양한 rotifer를 대조구로 부화 후 6일째 되는 은어 자어를 대상으로 먹이효율을 실험한 결과는 Table 5와 같다. *Heterosigma* sp.와 쌀로 배양한 *F. salina*를 공급한 자어는 사육 3일 후 96% 이상의 사망률을 보인 반면, rotifer로 배양한 자어는 74%의 사망률을 보여 *F. salina*와 rotifer의 먹이효율은 차이를 보였다.

고찰

*F. salina* 배양을 위한 먹이로서는 크게 식물부유생물이나 bacteria와 같은 자연산 먹이생물과 곡식, yeast와 같은 인위적인 먹이로 구별할 수 있다. Repak (1983)은 45종의 해양식물부유생물을 대상으로 *F. salina*의 성장을 조사한 결과 18종이 성장을 가능하게 하였다. 이들은 대부분 Cryptomonads와 Chlorophycophyta의 종류였으며 이 중 *Rodomonas lens*는 일간성장률 (SGR) 0.23으로 가장 높은 먹이효율을 보였다. 또 Repak (1986)은 26종의 bacteria로 본 섬모충을 배양한 결과 *Photobacterium fisherij*에서 SGR 0.07로 가장 높았으나 이는 식물먹이생물로 실험한 Repak (1983)의 결과와 비교하면 매우 저조하여 bacteria는 *F. salina*의 먹이생물로 적합하지 않다고 하였다. 또 그는 *F. salina*는 grazer이므로 bacteria 보다는 식물부유생물이 먹이로서 더 적합하다고 하였다.

본 실험에서는 *C. gracilis*를 제외한 5종의 식물부유생물에 대한 *F. salina*의 SGR이 0.55 이상이었고 특히 *Heterosigma* sp.는 0.89로 가장 높았다. 본실험에서의 *F. salina*의 성장은 Repak (1983)의 성장 결과보다 월등히 높았다. 이러한 차이는 두 실험에서 사용한 먹이생물의 종류가 다른 이유도 있겠으나 Repak (1983)의 실험에서는 bacteria가 없는 상태의 순수배양된 식물부유생물을 공급하였던 점도 한 원인이 될 수 있을 것으로 판단된다.

De Winter et al. (1975)은 *F. salina*의 최적 배양 염분과 온도는 32°C, 46 ppt이며 빛은 번식에 영향을 주지 않는다고 하였다. 또 이와 같은 조건에서 *Dunaliella viridis*를 이용하여 *F. salina*를 배양한 결과 4일만에 mL당 1개체에서 187개체로까지 성장이 가능하였다. 본 실험에서는 33°C, 33 ppt에서 5×10<sup>6</sup> cells/mL의 *Heterosigma* sp.로 *F. salina*를 배양하였을 경우 배양 6일째 mL당 1개

**Table 3. Growth of *Fabrea salina* fed on grains infusion as a food source**

Days	Grains (no./50 mL)	1			3			5			7			9		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	1	1	1	1	2	2	3	3	6	6	4	4	4	2	2	2
2	1	1	1	1	4	3	10	17	11	14	24	6	5	15	2	1
3	1	3	2	2	8	7	55	30	30	25	48	23	7	32	5	3
4	2	3	1	1	30	32	90	75	63	90	90	50	25	68	20	7
5	1	4	0	0	12	43	124	160	68	148	220	160	88	120	90	32
6	1	8	0	0	6	94	140	120	112	130	180	175	75	160	170	70
SGR		0	0.50	0	0.43	1.10	1.19	1.15	1.13	1.17	1.25	1.24	1.04	1.22	1.23	1.02

A; polished-rice, B; barley, C; wheat, SGR; specific growth rate.

Table 4. Growth of *Fabrea salina* fed on different amounts of polished-rice

Amount (g)	Culture days							SGR	Doubling time (day)
	0	1	2	3	4	5	6		
50	4	15	20	12	13	16	14	0.55	1.81
100	7	17	32	40	50	64	60	0.95	1.05
150	5	18	33	35	40	52	50	0.92	1.09
200	6	20	30	55	65	98	141	1.18	0.85
250	3	24	32	48	72	80	124	1.15	0.87
300	5	13	28	32	40	43	38	0.84	1.19

Table 5. Mortality (%) of ayu, *Plecoglossus altivelis*, larvae fed on different food organism during three days

Food organism	Size (μm)	Initial no. of larvae	Culture days			
			1	2	3	Total
A	90~130	200	61	30	5	96 <sup>b</sup>
B	80~120	200	63	32	3	98 <sup>b</sup>
C	220~260	200	40	22	14	74 <sup>a</sup>

Means in column with same superscript letter are not different at P≤0.05.

A: *F. salina* fed *Heterosigma* sp.

B: *F. salina* fed polished-rice infusion.

C: Rotifer, *Brachionus plicatilis* (L-type) fed ω-yeast.

체에서 229개체로까지 성장한 점을 보아 *Heterosigma* sp.는 본 섬모충의 배양에 널리 이용되고 있는 *Dunaliella*보다 먹이효율이 높은 것으로 판단되었다.

본 실험에서 *F. salina*의 성장은 *Heterosigma* sp.의 세포농도와 온도가 높을수록 비례적으로 증가하였다. 특히 33°C에서는 30°C 이하의 실험구보다 월등하게 높은 성장을 보였는데 이러한 결과는 30°C 이상에서, 그리고 *D. viridis*의 먹이농도가 9×10<sup>6</sup> cells/mL까지는 먹이 공급량이 많을수록 성장이 높았다는 De Winter et al. (1975)의 결과를 뒷받침하였다.

*F. salina*의 자연서식지인 경기만 염전에서 최고의 서식밀도가 30°C, 109 ppt에서 나타난 점을 볼 때 (Kim et al., 2000, in press) *F. salina*의 배양온도는 30°C 이상이 적합할 것으로 판단된다. 또, 본 조사에서 염분 35~95 ppt에서는 염분에 따른 *F. salina*의 성장 경향이 뚜렷하지 않았는데 이는 염분 30~90 ppt에서는 성장의 차이가 없었다는 De Winter and Persoone (1975)의 결과와 유사하였다. 따라서 경기만 염전의 자연서식지에서 최고의 서식밀도가 109 ppt에서 나타났던 것은 높은 염분이 먹이 경쟁 및 포식자의 관점에서 광염성인 본 섬모충에게 더 유리하기 때문으로 해석할 수 있다.

*F. salina*의 배양에 사용한 인위적인 먹이로서는 효모와 곡류를 들 수 있다. De Winter et al. (1975)은 신선한 빵효모와 건조한 빵효모를 이용하여 배양한 결과 신선한 빵효모는 *F. salina*의 먹이로 부적합하였으나 건조한 빵효모는 빠른 번식을 유도하였다고 하였다. 또, De Winter and Persoone (1975)은 1L에 1.2g의 건조 빵효모를 공급하여 27°C에서 4일만에 mL당 1개체에서 70개체가

지의 *F. salina*를 배양하였다. 그러나 Repak (1986)은 7종류의 효모를 대상으로 먹이효율을 조사한 결과 빵효모를 포함한 5종의 효모에서는 먹이효율이 전혀 없었고 *Candida albicans*와 *Cryptococcus marcerans* (#2)에서만 *F. salina*가 성장하였으며 이 경우에도 번식율이 극히 낮아 결론적으로 효모는 먹이로서 부적합하다는 상반된 보고를 하였다.

Ellis (1937)는 소금으로 제조한 해수에 밀 추출물을 넣어서 *F. salina*를 배양하였고 Page (1981)는 쌀, 보리, 밀, 옥수수 등의 곡류를 이용하여 *Colpidium striatum*, *Paramecium caudatum*, *Stentor coeruleus*, *Vorticella microstoma* 등과 같은 섬모충류를 배양하여 좋은 결과를 얻었다고 하였다. 본 실험에서 *F. salina*의 배양에는 쌀이 보리나 밀보다 효과적이었으며 쌀을 배양액 1L당 2g 정도로 첨가할 경우 약 20시간에 한번씩 분얼하는 빠른 성장 결과를 보였다. 본 실험 결과 쌀과 같은 곡류보다는 *Heterosigma* 같은 식물먹이생물이 *F. salina*의 성장에 더 효과적이긴 하나 경제적인 대량배양을 위해서 쌀의 이용은 매우 효과적일 것으로 판단된다. 그러나 쌀과 같은 곡류는 식물먹이생물을 공급할 때 보다 수질오염과 다른 섬모충의 발생이 용이하며 강한 포기를 필요로 하는데 강한 포기는 *F. salina*의 성장을 저하시킨다는 지적도 있어 (De Winter et al., 1975) 이와 같은 문제점의 해결을 위하여 구체적인 연구가 필요하다.

De Winter et al. (1975)은 *F. salina*는 광염성이고 미세조류로 배양이 가능하고 크기가 적당한 부유성 섬모충이며 번식률이 높을 뿐만 아니라 rotifer와는 반대로 carapace가 없어 소화가 잘 된다고 하였다. 이들은 이와 같은 여러 장점을 이유로 *F. salina*가 rotifer를 대체할 수 있는 새로운 동물먹이생물로 개발 가능할 것으로 전망하였다.

그러나 실제로 자연산 *F. salina*를 자어에 공급한 먹이효율에 관해서는 상반된 보고가 있다. Barnabe (1974)와 Rene (1974)는 지중해 연안의 염호에서 *F. salina*를 채집하여 *Dicertrachus labrax*와 *Sparus auratus*의 자어에 공급한 결과 rotifer와 비슷한 먹이효율을 얻었다고 보고한 반면, Kentouri and Divanach (1982)는 *S. auratus*, *Diplodus vulgaris*, *D. sargus* 등의 자어에 본 섬모충을 공급한 결과 자어들은 먹지 않았다고 보고하였다. 그리고 아직도 이 상반된 보고에 대해서는 그 원인이 정확히 알려지지 않았다. 그러나 위의 실험결과는 자연산 *F. salina*를 수집하여 자어에게 공급한 것이므로 인위적으로 배양된 *F. salina*를 공급하면 먹이효율이 다를 수도 있을 것이다.

본 실험에서는 *Heterosigma* sp.와 쌀로 *F. salina*를 각각 배양하여 부화 후 6일된 은어 자어에 공급한 결과 사육 3일만에 96% 이상의 높은 사망률을 보였고 대조구로서 rotifer를 공급한 실험구와는 유의적인 차이를 보였다.

먹이생물은 독성이 없고 어류 자어가 쉽게 잡아먹을 수 있도록 움직임이 완만하고 빛의 자극에 큰 변화가 없이 고르게 분포하여야 한다. Uhlig은 *F. salina*의 체내에 독성 또는 저항물질의 일종으로서 생각되어지는 Fabrein이라는 색소가 있는데 이 색소가 어류자어의 사망 원인이 될 것이라고 하였다 (Personal communication). 한편 *F. salina*는 빛이 한쪽 방향에서 비취질 경우 주광성의

반응을 보이거나 갑자기 조도가 어두워지면 광선혐기의 반응 (step-down photophobic reaction)을 보여 처음에는 움직이지 않다가 굴르고 난 후 처음의 빛 방향과 반대쪽으로 움직이며 (Colombetti et al., 1992a, b) 또 평균 유영속도는 24°C에서 200~300 mm/s (Puntoni et al., 1998)로 비교적 빠르다.

본 연구에서 은어 자어의 높은 사망률이 *F. salina*의 독성 때문인지 아니면 자어가 잡아 먹을 수 없을 정도의 빠른 운동성 때문인지에 대해서는 정확한 이유를 구명할 수 없었다. 그러나 본 실험에서 부화 6일째의 자어가 사육 1일만에 60% 이상의 높은 사망률을 보인점을 참고하면 본 섬모충의 운동성의 문제보다는 독성의 원인이 은어 자어의 사망에 더 크게 작용했을 것으로 생각할 수 있다.

이와 같은 결과를 고려할 때, *F. salina*는 대량배양이 가능하기는 하나, 어류자어의 먹이생물로서는 부적합한 것으로 판단되었다.

## 요 약

*Fabrea salina*는 광염성의 크기가 작고 부유성인 섬모충으로 번식률이 높아 rotifer를 대체할 수 있는 새로운 동물먹이생물로 기대되어 왔다. 그러나 본 섬모충의 먹이효율에 대한 보고는 rotifer와 비슷하였다는 긍정적인 결과와 어류자어가 섭취하지 않았다는 부정적인 보고가 있다. 본 연구에서는 이와 같은 상반된 결과를 확인하기 위하여 경기만 염전에서 자연산 *F. salina*를 채집하여 6종의 식물먹이생물과 쌀, 보리, 밀 등의 곡식을 이용하여 대량배양한 후 은어자어에 공급하였다.

*F. salina*의 성장은 식물먹이생물 중에서는 *Heterosigma* sp., 곡류 중에서는 쌀에서 가장 높은 성장을 보였다. *F. salina*의 최적 배양 수온은 33°C이며 35~95 ppt 염분에서의 성장은 차이를 보이지 않았다. *Heterosigma* sp를 공급할 경우의 적정 먹이농도는  $5 \times 10^6$  cells/mL였고 쌀의 경우는 2.8 g/L였다.

*F. salina*를 *Heterosigma* sp.와 쌀로 각각 배양하여 부화 후 6일이 된 은어 자어에 공급한 결과 사육 3일만에 96% 이상의 사망률을 보였고 유지효모로 배양한 rotifer, *Brachionus plicatilis*를 공급한 대조구에 비하여 유의적으로 낮은 생존율을 보였다. 본 연구의 결과 *F. salina*는 대량배양은 용이하였으나 어류 자어의 먹이생물로 활용하기에는 부적합한 것으로 판단되었다.

## 참 고 문 헌

- Barnabe, G. 1974. Mass rearing of the bass *Dicentrarchus labrax*. In *The Early Life History of Fish*, J.H.S. Blaxter, ed. Springer-Verlag, New York, pp. 749~753.
- Beers, J.R. and G.L. Stewart. 1981. Microzooplankters in the plankton communities of the upper water of the eastern tropical Pacific. *Deep-Sea Res.*, 18, 861~883.
- Capriulo, G.M. and D.V. Ninivagigi. 1982. A comparison of the feeding activities of the field collected tintinnids and copepods fed identical natural particle assemblages. *Ann. Inst. Oceanogr.*, Paris, 58, 325~344.
- Colombetti, G., R. Braucker and H. Machermer. 1992a. Photobehavior of *Fabrea salina*: response to directional and diffused gradient-type illumination. *J. Photochem. Photobiol. B. Biol.*, 15, 253~257.
- Colombetti, G., R. Marangoni and H. Machermer. 1992b. Phototaxis in *Fabrea salina*. *Med. Biol. Environ.*, 20, 93~100.
- Demar-Gervais, C. 1971. Recherches sur le cycle biologique de *Fabrea salina* Henneguy. Thèse de Doctorat d'Etat Sciences Naturelles, Faculté des Sciences de Paris, France, 144pp.
- De Winter, F. and G. Persoone. 1975. Preliminary experiments with the ciliate *Fabrea salina* as a potential live food for mariculture purposes. 10th Eur. Symp. Mar. Biol. Ostend, Belgium, 1, 37~48.
- De Winter, F., G. Persoone and C. Benijtes-Claus. 1975. *Fabrea salina*, a promising live food for mariculture purposes. In *The Proceeding of the 6th Annual Workshop of World Maricult. Soc.*, Seattle, Washington, U.S.A. Jan. 27~31, 1975. J.W. Avault. and R. Miller. eds. Louisiana State Univ. Baton Rouge, pp. 429~439.
- Ellis, J.M. 1937. The morphology, division and conjugation of the salt marsh ciliate, *Fabrea salina* Henneguy. *Univ. Calif. Publ. Zool.*, 46, 343~388.
- Gold, K. 1970. Cultivation of marine ciliates (Tintinnida) and heterotrophic flagellates. *Helgol. Wiss. Meeresunters.*, 20, 264~271.
- Guillard, R.R.L. 1973. Division rates. In *Handbook of Phycological Methods. Culture Methods and Growth Measurements*. J. Stein, ed. Cambridge University Press, London, pp. 289~311.
- Guillard, R.R.L. and J.H. Ryther. 1962. Studies of marine planktonic diatoms. I. *Cyclotella nana* Hustedt, and *Detonula confervacea* (Cleve) Gran. *Can. J. Microbiol.*, 8, 229~239.
- Johannes, R.E. 1965. Influence of marine protozoa on nutrient regeneration. *Limnol. Oceanogr.*, 10, 434~442.
- Kentouri, M. and P. Divanach. 1982. Difference et similitudes dans la genese des comportements locomoteur et trophique des stades prelavaires de *Sparus auratus*, *Diplodus vulgaris* et *Diplodus sargus*. *Aquaculture*, 27, 355~376.
- Kim, H.S., C.H. Park and S.B. Hur. 2000. Distribution of *Fabrea salina* at salt pond. *J. Korean Fish. Soc.* (in press).
- Malangoni, R., L. Gobbi, F. Verni, G. Albertini and G. Colombetti. 1996. Pigment granules and hypericin-like fluorescence in the marine ciliate *Fabrea salina*. *Acta Protozoologica*, 35, 177~182.
- Morris, R.W. 1956. Some aspects of the problem of rearing marine fishes. *Bull. Inst. Oceanogr. Monaco.*, 53, 1~61.
- Page, F.C. 1981. The culture and use of free-living protozoa in teaching. Institute of Terrestrial Ecology. Cambridge Press, 45pp.
- Podesta, A., R. Malargoni, C. Villani and G. Colombeta. 1994. A rhodopsin-like molecule on the plasma membrane of *Fabrea salina*. *J. Euk. Microbiol.*, 41, 565~560.
- Puntoni, S., R. Marangoni, D. Goffre and G. Colombetti. 1998. Effects of  $Ca^{++}$  and  $K^+$  on motility and photomotility of the marine ciliate *Fabrea salina*. *J. Photochem. Photobiol. B. Bio.*, 43, 204~208.
- Rene, F. 1974. Rearing of gilt-head (*Sparus aurata*). In *The Early Life History of Fish*. J.H.S. Blaxter, ed. Springer-Verlag, New York, 747 p (abstract).
- Repak, A.J. 1983. Suitability of selected marine algae for growing the marine heterotrich ciliate *Fabrea salina*. *J. Protozool.*, 30(1), 52~54.
- Repak, A.J. 1986. Suitability of selected bacteria and yeasts for growing the estuarine heterotrich ciliate *Fabrea salina*. *J. Protozool.*, 33

(2), 219~222.  
Spittler, P. 1973. Feeding experiments with tintinnids. *Oikos*, suppl., 15, 128~132.  
Stoccker, D.R., R.L. Guillard and R.M. Kavee. 1981. Selective predation by *Favella ehrenbergii* (Ciliata, Tintinnia) on and among

dinoflagellates. *Biol. Bull. Woods Hole*, 160, 135~145.

---

2000년 1월 20일 접수

2001년 1월 11일 수리