

## 조피볼락의 종묘생산에 미치는 Rotifer와 Artemia의 영양강화 효과

조성환 · 허성범\*

어번대학교 수산양식학과

\*부경대학교 양식학과

### Effects of Enrichment of Rotifers and *Artemia* on Larvae Mass Production of Rockfish, *Sebastes schlegeli*

Sung Hwaon Cho and Sung Bum Hur\*

Department of Fisheries and Allied Aquacultures, Auburn University, AL 36832, USA

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

In mass production of larval rockfish, *Sebastes schlegeli*, high mortality had been observed frequently. This may be the consequence of the low nutritional quality of the live feeds used. This experiment was designed to find out a suitable diet for the mass production of rockfish larvae. Three kinds of live feeds were tested : plutei of sea urchin (*Hemicentrotus pulcherrimus*), L-type rotifers (*Brachionus plicatilis*) and *Artemia* nauplii. The latter two were enriched with  $\omega$ -yeast, *Spirulina platensis* and Super Selco before feeding to rockfish larvae.

The sea urchin plutei caused to poor survival and growth rates for larval rockfish, and therefore, they were not seemed as proper feed for rockfish larvae. Enrichments of rotifers and *Artemia* nauplii with  $\omega$ -yeast, *Spirulina platensis*, or Super Selco improved survival and growth rate. But, rotifers enriched with Super Selco resulted in better rockfish larvae survival than those enriched with  $\omega$ -yeast.

A sudden increase of mortality occurred around 11 days after birth. In this critical period, a shift feed such as *Artemia* nauplii had been supplemented with rotifers. After this critical transition period, the mortality gradually decreased by feeding *Artemia* nauplii enriched with PUFA. Feeding of mixed feed with rotifers and *Artemia* nauplii resulted in better larval survival and growth than those of each live food alone.

Key words : Rockfish, Larvae, Mortality, Rotifers, *Artemia* nauplii, Enrichment

### 서 론

조피볼락(*Sebastes schlegeli*)은 저수온에 강하여 우리나라의 연안에서 월동이 가능하고 성장속도가 비교적 빨라 우리나라의 가두리에서 양식되고 있는 주요 어종이다. 또한, 이 종의 생태적 특성인 정착성 성질을 이용하여 연안 자원 조성을

위한 방류용으로도 널리 이용되고 있다. 그러므로 이 종의 대량종묘생산은 양성뿐만 아니라 해양목장화를 위한 어종으로도 매우 중요한 위치를 차지하고 있다.

조피볼락의 자어 확보는 대개 자연산 친어를 채포하여 가두리나 육상 탱크에서 자어를 자연산출시키는 실정이다. 그러나, 인공종묘생산 과정

본 연구는 해양수산부 수산특정연구과제의 연구비 지원으로 수행되었음.

중 초기의 대량폐사로 인해 종묘를 생산하는데 많은 어려움을 겪고 있다. 조피볼락의 종묘생산시 초기에 대량폐사가 일어나는 이유는 아직 명확하게 알려져 있지 않지만, 佐佐(1981)에 의하면 산출시기에 즈음하여 친어 수송 등의 물리적인 스트레스 영향 때문에 산출된 자어가 폐사된다고 보고한 바 있다. 또한, 산출된 후 자·치어 단계에서 섭취한 먹이 생물의 영양 부족이나 영양불균형이 폐사의 주된 원인중 하나인 것으로 생각되어진다.

해산어류의 자·치어기에서의 영양요구에 대한 보고는 많이 있으며, 특히 참돔 (*Pagurus major*), 넙치 (*Paralichthys olivaceus*), 농어 (*Dicentrarchus labrax*), 가자미 (*Scophthalmus maximus*)의 경우 초기 먹이인 rotifer (*Brachionus plicatilis*)나 *Artemia*의 nauplius 유생을 유지효모, 식물성 플랑크톤, 유화 oil, microcapsule 등으로 영양 강화한 후에 먹이로 공급하여 생존율이나 성장율에서 많은 성과를 얻었다는 보고 (Watanabe et al., 1982; Bromley and Howell 1983; Watanabe et al., 1983a; Van Ballaer et al., 1985; Watanabe et al., 1989; Izquierdo et al., 1989; Gatesoupe 1991; Hayashi et al., 1993; Merchie et al., 1995; Southgate and Lou 1995)가 있는 반면, 조피볼락의 자·치어기 영양 요구와 관련된 보고는 드물다.

따라서, 본 연구에서는 조피볼락 초기 단계의 영양 요구와 대량폐사 원인을 규명하기 위하여 조피볼락의 자·치어에 대한 먹이 생물의 종류를 성계의 pluteus 유생, rotifer, *Artemia* nauplius 등으로 다양화하여 영양 요구를 조사하였다. 또한, rotifer와 *Artemia* nauplius를 여러가지 방법으로 영양 강화시킨 후에 조피볼락 자어 먹이로 공급하여 성장률과 생존율을 비교하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 친어 및 자어 산출관리

실험에 필요한 조피볼락 자·치어를 얻기 위해

서 조피볼락 친어를 2회에 걸쳐서 거제군 일운면 가두리 양식장에서 복부가 팽대한 암컷을 골라 활어 수송차로 부경대학교 수산과학연구소로 수송하였다. 친어는 1톤 FRP 원형 수조에 한마리씩 분리시켜 캐트리지 필터로 여과된 깨끗한 해수를 공급하여 유수식으로 사육하였다. 총 7마리 중 4마리가 살아 있는 정상적인 자어를 산출 하였다. 수송 탱크의 사육 수온은  $16 \pm 0.5^\circ\text{C}$  였다.

### 2. 자어 사육조건

실험에 이용한 자어는 지수식으로 사육하였고, 충분한 양의 산소를 공급하여 주었다. 매일 수량의 약 10%를 여과된 깨끗한 해수로 환수해 주었으며, 실험중인 모든 사육 탱크에는 *Chlorella ellipsoidea*로 green water를 만들어 주었으며, 이때 농도는  $5 \times 10^5$  cells/ml을 유지하였다.

### 3. 먹이 생물 배양

실험에 사용된 rotifer (*Brachionus plicatilis*)는 옥의 탱크에서 배양된 *C. ellipsoidea*을 먹이로 배양된 L-type이었고, 2개의 1톤 FRP 탱크에서  $22^\circ\text{C}$ 로 유지시키면서 배양하였다. 먹이로 공급하기 직전에  $50 \mu\text{m}$  sieve로 걸러서 여과 해수로 깨끗이 씻은 후에 자어의 먹이로 공급하였으며, 각 사육 탱크에 매일 10 개체/ml 내외를 유지시켜 주었다. *Artemia* nauplius는 San Francisco Bay strain (Argent Co., gold label)을 사용하였고, cyst를 염분 농도 30%,  $28^\circ\text{C}$ 에서 18 hr 동안 100 l 원추형 수조에서 부화시켰으며, 주광성을 이용하여 난각을 제거한 후에 수집된 nauplius를  $100 \mu\text{m}$  sieve로 걸러서 여과 해수로 깨끗이 씻은 후 자어의 먹이로 공급하였으며, 각 사육 탱크에 5 개체/ml 내외를 유지시켜 주었다. Pluteus 유생은 부경대학교 수산과학연구소 앞 바다에서 각경 2 cm 이상의 충분히 성숙된 말뚝성계 (*Hemicentrotus pulcherrimus*)를 채집하여, 0.5 M KCl 용액 약 1 ml를 성계 복강에 주사하여 인위적 산란을 유도하였다. 수정란을 세란한 후 24 시간이 경과된 2완기 pluteus 유생을  $50 \mu\text{m}$  sieve로 걸러서 여과 해수로 깨끗이 씻은

후에 자어의 먹이로 공급하였으며, 각 사육 탱크에 매일 5 개체/ml 내외를 유지시켜 주었다.

#### 4. 영양 강화

본 실험에 사용한 영양 강화제는 국산 유지효모와 수입한 유화 oil (Super Selco)을 사용하였다. 유지효모는 빵 효모에 오징어유 15%을 유화시킨 이화유지공업사 제품을 사용하였고, 유화 oil은 Artemia System사의 Super Selco 제품을 사용하였다. Rotifer에 대한 유지효모의 영양 강화는 rotifer 10<sup>6</sup> 개체 당 유지효모 0.2 g을 12 시간 동안 실시하였고, Artemia nauplius에 대한 영양 강화는 cyst 1 g 당 유지효모 1.5 g으로 부화 직후 6 시간 동안 영양 강화시켰다. 유화 oil은 Super Selco 제품의 설명서에 기재된 사용 농도에 준하여 rotifer 10<sup>6</sup> 개체 당 0.25 g으로 4 시간 동안 영양 강화시켜 사용하였으며, 영양강화시킨 먹이생물은 여과 해수로 깨끗이 씻은 후에 먹이로 공급하였다. 일차적으로 영양 강화의 주된 목적은 자·치어기에 필수적인 고도불포화지방산의 보강이 목적이므로 rotifer를 국내에서 제조한 오징어유 15%가 함유된 유지효모와 외국산 유화 oil인 Super Selco ( $\omega$ -3 함량 : 450 mg/g dry weight)로 영양 강화시킨 후 먹이 효과를 비교하였다. Spirulina platensis는 건조되어 상품화되어 있는 것을 미세한 분말로 만들어 영양 강화에 이용하였다.

#### 5. 지질 및 지방산분석

먹이 생물 및 조피볼락 자·치어에 먹이 생물을 공급한 후 실험 종료시 생존한 자·치어의 지질과 지방산을 분석하였다. 지방산 분석은 Gas Chromatography (Model 8700, Perkin Elmer LTD)을 이용하였고, 지방의 추출 및 정제는 Folch et al., (1957) 법을 이용하였다.

#### 6. 통계 분석

실험의 결과는 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 평균간의 유의성(P<0.05)을 분석하였다.

### 결 과

#### 1. 자어기 먹이 생물

빵 효모, 유지효모 및 *C. ellipsoidea*로 배양된 rotifer와 Artemia nauplius, 그리고 말뚝성계 pluteus 유생을 조피볼락 자어에 10 일간 먹이로 공급했을 때의 생존율 및 성장 결과는 Table 1과 같다. 빵 효모로 배양한 rotifer를 조피볼락 자어에 공급한 실험구 II에서의 생존율은 유지효모로 배양한 rotifer를 공급한 실험구 III나 *C. ellipsoidea*로 배양한 rotifer를 공급한 실험구 I에 비해 훨씬 낮은 생존율을 보였다. 또, rotifer만을 단독으로 공급하는 것보다는 rotifer와 Artemia nauplius를 섞어서 동시에 공급한 실험구 IV에서

Table 1. Effects of different live feeds on the total length, body weight and survival rate of rockfish larvae, *Sebastes schlegeli* (initial total length : 4.98±0.13 mm, weight : 2.8 mg)

Exp. group	Survival rate (%)	Final growth		Diet
		total length (mean±S.D., mm)	mean weight (mg)	
I	47.9 <sup>ab</sup>	5.71±0.30 <sup>ab</sup>	3.3	<i>Chlorella</i> -rotifers <sup>1</sup>
II	29.5 <sup>d</sup>	5.74±0.44 <sup>ab</sup>	3.7	rotifers fed on baker's yeast
III	41.5 <sup>bc</sup>	5.81±0.39 <sup>a</sup>	3.6	rotifers fed on $\omega$ -yeast
IV	58.6 <sup>a</sup>	5.77±0.29 <sup>a</sup>	3.3	<i>Chlorella</i> -rotifers <sup>1</sup> and Artemia nauplii
V	35.8 <sup>cd</sup>	5.67±0.27 <sup>b</sup>	3.3	<i>Chlorella</i> -rotifers <sup>1</sup> and Artemia nauplii and plutei

<sup>1</sup> : Rotifers fed on *Chlorella ellipsoidea*

Means in columns with same superscript letter are not different at P<0.05.

58.6%로 가장 높은 생존율을 보였으며, pluteus 유생을 섞어서 공급한 실험구 V에서는 35.8%의 낮은 생존율을 보였다. 성장의 결과를 보면, 전장은 5.67~5.81 mm, 체중은 3.3~3.7 mg 사이로서 실험구별로 뚜렷한 차이를 보이지 않았다.

한편, pluteus 유생을 공급할 경우 생존율이 그다지 좋지 않은 것으로 사료되어 성계 유생의 먹이 효과를 더 정확히 파악하기 위하여 실험을 행하였으며 그 결과는 Table 2와 같다. 산출 자어에 pluteus 유생만을 공급한 실험구 I의 경우 생존율은 가장 낮았고, rotifer만을 공급한 실험구 II에서 53.1%로 가장 높은 생존율을 보였다. Rotifer와 pluteus를 혼합 공급한 실험구 III에서 39.4%로 감소하였다. 또, rotifer와 *Artemia nauplius*를 혼합 공급한 실험구 IV는 36.4%의 생존율을 보였으나, 실험구 V와 같이 pluteus

유생을 혼합 공급할 경우, 생존율은 통계학적으로 실험구 IV와 유의성 차가 거의 없었지만, 30.4%로 다시 감소하였다. 또한, *Artemia nauplius*만을 공급한 실험구 VI는 생존율이 실험구 I보다는 높았지만 rotifer를 공급한 다른 실험구보다는 낮은 생존율을 보였다. 성장은 pluteus만을 공급한 실험구 I에서 전장 6.22 mm, 체중 5.6 mg으로 가장 낮은 성장을 보였고 다른 실험구에서는 뚜렷한 경향을 볼 수는 없었으나, 일반적으로 *Artemia nauplius*를 단독, 또는 rotifer, pluteus와 혼합하여 공급한 실험구가 rotifer만을 공급한 실험구보다 성장이 양호한 경향이였다.

2. rotifer의 영양 강화 효과

Super Selco로 영양 강화시킨 후에 먹이로 공급한 실험구 II에서의 조피볼락 생존율, 전장 및

Table 2. Effects of different live feeds on the total length, body weight and survival rate of rockfish larvae, *Sebastes schlegeli* (initial total length : 5.77±0.44 mm, weight : 3.2 mg)

Exp. group	Survival rate (%)	Final growth		Diet
		total length (mean±S.D., mm)	mean weight (mg)	
I	7.5 <sup>d</sup>	6.22±0.39 <sup>c</sup>	5.6	plutei
II	53.1 <sup>a</sup>	6.66±0.53 <sup>b</sup>	6.2	<i>Chlorella</i> -rotifers <sup>1</sup>
III	39.4 <sup>b</sup>	6.68±0.53 <sup>b</sup>	6.1	<i>Chlorella</i> -rotifers <sup>1</sup> and plutei
IV	36.4 <sup>b</sup>	7.00±0.85 <sup>a</sup>	6.8	<i>Chlorella</i> -rotifers <sup>1</sup> and <i>Artemia nauplii</i>
V	30.4 <sup>bc</sup>	7.02±0.71 <sup>a</sup>	6.7	<i>Chlorella</i> -rotifers <sup>1</sup> , <i>Artemia nauplii</i> and plutei
VI	25.0 <sup>c</sup>	6.87±0.72 <sup>ab</sup>	6.8	<i>Artemia nauplii</i>

<sup>1</sup> : Rotifers fed on *C. ellipsoidea*

Means in columns with same superscript letter are not different at P<0.05.

Table 3. Effects of rotifers enrichment on growth and survival rates of rockfish larvae, *Sebastes schlegelli* (initial length : 4.39±0.25 mm, weight : 2.5 mg)

Exp. group	Survival rate (%)	Final growth		Enrichment
		total length (mean±S.D., mm)	mean weight (mg)	
I	35.6 <sup>a</sup>	4.99±0.48 <sup>a</sup>	3.0	<i>Chlorella</i> -rotifers <sup>1</sup> enriched with ω-yeast
II	55.1 <sup>b</sup>	5.20±0.49 <sup>a</sup>	3.3	<i>Chlorella</i> -rotifers <sup>1</sup> enriched with Super Selco

<sup>1</sup> : Rotifers fed on *C. ellipsoidea*

Means in columns with same superscript letter are not different at P<0.05.

체중은 55.1%, 5.20 mm와 3.3 mg의 높은 값을 보였다 (Table 3). 그러나 유지효모로 12 시간 영양 강화시킨 후에 먹이로 공급한 실험구 I의 생존율, 전장 및 체중은 35.6%, 4.99 mm, 3.0 mg으로 생존율에서는 5% 수준에서 유의성 차가 인정되었으나, 성장에서는 유의성이 없는 것으로 나타났다.

한편, rotifer를 단백질이 풍부한 *S. platensis*와 지방산이 보강된 영양 강화제인 Super Selco로 영양 강화시켜 15 일간 조피볼락 자어를 사육한 결과를 Table 4에 나타내었다. 모든 실험구에서의 자어의 생존율은 20% 이하로 매우 낮았다. Rotifer를 단독으로 공급하는 실험구 I에서의 생존율, 전장과 체중은 각각 10.9%, 6.51 mm와 5.9 mg이었고, rotifer를 Super Selco로 영양 강화시킨 실험구 II에서는 생존율 15.2%, 전장 6.81

mm, 체중 6.2 mg으로 영양 강화하지 않은 실험구 I보다 생존율과 성장이 모두 향상되었다. 또, *S. platensis*로 영양 강화시킨 실험구 III에서는 생존율, 전장, 체중이 각각 6.8%, 6.70 mm, 6.1 mg으로서 저조한 결과를 보였다. 그러나, *S. platensis*와 Super Selco로 동시에 영양 강화시킨 후 먹이로 공급한 실험구 IV에서는 생존율이 18.1%로 *S. platensis*나 Super Selco 단독으로 영양 강화시킨 실험구보다 향상되었으며 성장도 전장 7.04 mm, 체중 6.8 mg으로 실험구 I, II, III보다 훨씬 빨랐다.

### 3. Artemia nauplius의 영양 강화 효과

*Artemia nauplius*를 영양 강화시켜 조피볼락 자어에 공급한 결과는 Table 5와 같다. *Artemia*

Table 4. Effects of rotifers fed on enriched with different method on the growth and survival rates of rockfish larvae, *Sebastes schlegeli* (initial total length : 5.82±0.17 mm, weight : 3.4 mg)

Exp. group	Survival rate (%)	Final growth		Diet
		total length (mean±S.D., mm)	mean weight (mg)	
I	10.9 <sup>ab</sup>	6.51±0.57 <sup>c</sup>	5.9	<i>Chthroella</i> -rotifers <sup>1</sup>
II	15.2 <sup>a</sup>	6.81±0.56 <sup>b</sup>	6.2	<i>Chthroella</i> -rotifers <sup>1</sup> enriched with Super Selco
III	6.8 <sup>b</sup>	6.70±0.52 <sup>bc</sup>	6.1	<i>Chthroella</i> -rotifers <sup>1</sup> enriched with <i>S. platensis</i>
IV	18.1 <sup>a</sup>	7.04±0.55 <sup>a</sup>	6.8	<i>Chthroella</i> -rotifers <sup>1</sup> enriched with Super Selco and <i>S. platensis</i> .

<sup>1</sup> : Rotifers fed on *C. ellipsoidea*

Means in columns with same superscript letter are not different at P±0.05.

Table 5. Effects of different live feeds on the growth and survival rates of rockfish larvae, *Sebastes schlegeli* (initial total length : 5.76±0.41 mm, weight : 3.2 mg)

Exp. group	Survival rate (%)	Final growth		Diet
		total length (mean±S.D., mm)	mean weight (mg)	
I	30.8 <sup>c</sup>	8.15±0.71 <sup>c</sup>	9.3	<i>Artemia</i> nauplii
II	44.3 <sup>b</sup>	8.45±0.94 <sup>bc</sup>	10.0	<i>Artemia</i> nauplii enriched with ω-yeast
III	54.0 <sup>ab</sup>	8.63±1.25 <sup>b</sup>	10.6	<i>Artemia</i> nauplii enriched with <i>S. platensis</i>
IV	30.1 <sup>c</sup>	8.99±1.31 <sup>a</sup>	12.2	<i>Artemia</i> nauplii and plutei
V	59.3 <sup>a</sup>	9.00±1.24 <sup>a</sup>	12.2	<i>Artemia</i> nauplii enriched with <i>S. platensis</i> and plutei

Means in columns with same superscript letter are not different at P<0.05.

nauplius를 영양 강화시키지 않은 채 먹이로 공급하는 실험구에서의 생존율, 전장 및 체중은 각각 30.8%, 8.15 mm, 9.3 mg으로 가장 낮았다. 그러나 유지효모로 영양 강화시킨 후에 먹이로 공급한 실험구 II에서는 생존율, 전장, 체중이 각각 44.3%, 8.45 mm, 10.0 mg으로 향상되었다. 특히, *S. platensis*로 영양 강화시킨 후에 먹이로 공급한 실험구 III에서는 생존율, 전장, 체중이 각각 54.0%, 8.63 mm, 10.6 mg으로 더욱 향상되었다. 한편, 영양 강화하지 않은 *Artemia* nauplius와 성체 유생을 혼합 첨가한 실험구 IV의 경우 생존율은 30.1 %로 실험구 I 과 차이가 없었다. 그러나 실험구 V와 같이 성체 유생을 첨가하고 *Artemia* nauplius를 *S. platensis*로 영양 강화하는 경우 생존율 59.3%, 전장 9.0 mm, 체중 12.2 mg으로 가장 양호한 결과를 보였다. 이와같이 *Artemia* 단계에서의 *S. platensis*로 영양 강화시킨 후의 공급은 통계적으로 유의적인 차이를 나타내었다.

#### 4. Rotifer와 *Artemia* nauplius의 혼합 공급시 영양 강화 실험

Rotifer와 *Artemia* nauplius를 단독으로 공급하는 경우와 혼합하여 공급하는 경우의 영양 강화

효과를 비교하였다 (Table 6). Rotifer를 유지효모로 영양 강화시킨 후에 먹이로 공급한 실험구 II에서의 생존율과 성장이 영양 강화를 하지 않은 채 먹이로 공급한 실험구 I에서의 생존율과 성장보다 높은 값을 보였다. *Artemia* nauplius를 유지효모로 영양 강화시킨 후에 먹이로 공급한 실험구 IV와 VI에서의 생존율이 각각 25.8%와 28.2%로 영양 강화를 하지 않은 채 공급한 실험구 III과 V의 22.5%나 27.7%에 비해서 높은 생존율을 보였다. 또, rotifer와 *Artemia* nauplius를 혼합 공급한 실험구 V와 VI에서의 생존율이 각각 27.7%와 28.2%을 보였고, 그 중에서도 *Artemia* nauplius를 유지효모로 영양 강화시킨 후 먹이로 공급한 실험구 VI에서 조금 더 높은 생존율을 보였으며, 성장도 전장 7.46 mm, 체중 7.6 mg으로 다른 실험구에 비해서 빨랐다. 또, rotifer와 *Artemia* nauplius를 혼합 공급한 실험구 V와 VI에서의 성장이 rotifer나 *Artemia* nauplius를 단독으로 공급한 실험구의 성장보다 높았다. 15 일간 사육한 본 실험에서 사육 일별 자어의 평균 생존율의 변화를 조사하였다 (Fig. 1). 산출 후 10 일까지는 rotifer만을 단독으로 공급한 실험구 I과 II가 *Artemia* nauplius만을 공급한 실험구 III과 IV보다 생존율이 높았고, *Artemia* naup-

Table 6. Effects of  $\omega$ -yeast (15% cuttlefish oil) on the dietary value of rotifers and *Artemia* nauplii for rockfish larvae, *Sebastes schlegeli* (initial total length : 5.77±0.33 mm, weight : 3.2 mg)

Exp. group	Survival rate (%)	Final growth		Diet
		total length (mean±S.D., mm)	mean weight (mg)	
I	13.8 <sup>b</sup>	6.98±0.66 <sup>b</sup>	6.6	<i>Chlorella</i> -rotifers <sup>1</sup>
II	23.8 <sup>a</sup>	7.05±1.00 <sup>b</sup>	7.1	<i>Chlorella</i> -rotifers <sup>1</sup> enriched with $\omega$ -yeast
III	22.5 <sup>ab</sup>	7.05±0.88 <sup>b</sup>	6.8	<i>Artemia</i> nauplii
IV	25.8 <sup>a</sup>	7.07±0.73 <sup>b</sup>	7.1	<i>Artemia</i> nauplii enriched with $\omega$ -yeast
V	27.7 <sup>a</sup>	7.31±1.00 <sup>a</sup>	7.2	<i>Chlorella</i> -rotifers <sup>1</sup> and <i>Artemia</i> nauplii
VI	28.2 <sup>a</sup>	7.46±0.95 <sup>a</sup>	7.6	<i>Chlorella</i> -rotifers <sup>1</sup> and <i>Artemia</i> nauplii enriched with $\omega$ -yeast

<sup>1</sup> : Rotifers fed on *C. ellipsoidea*

Means in columns with same superscript letter are not different at P<0.05.

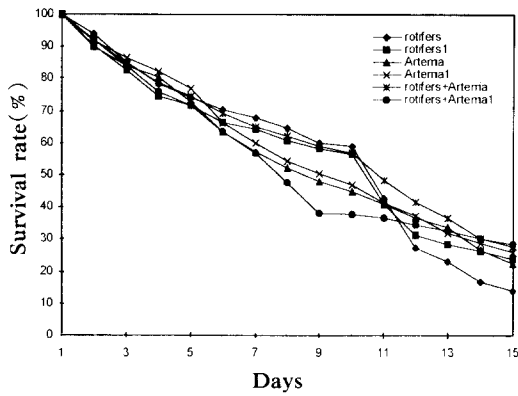


Fig. 1. Survival rate of rockfish (*Sebastes schlegelii*) larvae fed on different live feeds.  
rotifers 1 : rotifers enriched with  $\omega$ -yeast  
Artemia 1 : *Artemia* nauplii enriched with  $\omega$ -yeast

lius와 rotifer를 혼합하여 사육한 실험구와는 차이가 없었다. 그러나, rotifer만 단독으로 공급하는 경우 10 일이 경과하면서 급격한 감소가 발생하였으며 영양 강화하지 않은 경우는 더욱 사망율이 높았다. 따라서, 15 일째의 생존율은 rotifer와 *Artemia* nauplius를 혼합하여 공급하는 것, 특히 영양 강화하여 혼합 공급하는 것이 높은 생존율을 보였다.

### 5. 지방산 분석 결과

실험에 이용한 먹이 생물들의 지방산을 분석한 결과는 Table 7과 같다. 성체 pluteus 유생에서의 전지질 함량은 12.44 mg/g dry weight로 *Artemia* nauplius (49.72 mg/g dry weight)에 비

Table 7. Fatty acid composition of plutei, rotifers, *Artemia* nauplii and *Artemia* nauplii enriched with  $\omega$ -yeast

Fatty acid	% of total fatty acids				mg/g dry weight			
	plutei	rotifers <sup>1</sup>	<i>Artemia</i>	<i>Artemia</i> <sup>2</sup>	plutei	rotifers <sup>1</sup>	<i>Artemia</i>	<i>Artemia</i> <sup>2</sup>
14 : 0	4.18	5.03	1.27	0.51	0.95	2.50	0.85	0.43
16 : 0	10.93	24.14	12.20	11.33	2.49	12.00	8.14	9.56
18 : 0	4.22	4.02	5.60	4.79	0.96	2.00	3.74	4.04
20 : 0	0.94		0.66	0.19	0.21		0.44	0.16
22 : 0	2.89				0.66			
24 : 0								
Saturated	23.16	33.20	19.73	16.82	5.28	16.50	13.17	14.19
14 : 1 $\omega$ -5			1.11	1.03			0.74	0.87
16 : 1 $\omega$ -7	1.28	17.51	3.18	3.18	0.29	8.70	2.12	2.68
18 : 1 $\omega$ -7 + $\omega$ -9	1.86	7.84	15.67	16.74	0.42	3.90	10.45	14.13
20 : 1 $\omega$ -9 + $\omega$ -11	1.96	1.81	0.43	0.84	0.45	0.90	0.29	0.71
22 : 1 $\omega$ -9 + $\omega$ -11	1.77			0.89	0.40			0.75
24 : 1 $\omega$ -9								
Monounsaturated	6.87	27.16	20.39	22.68	1.57	13.50	13.60	19.14
18 : 2 $\omega$ -6	0.88	3.82	5.72	5.94	0.20	1.90	3.82	5.01
18 : 3 $\omega$ -3 + $\omega$ -6	2.39		26.35	27.10	0.54		17.58	22.87
20 : 2	2.27		0.40	0.25	0.52		0.27	0.21
20 : 3 $\omega$ -6				0.15				0.13
20 : 4 $\omega$ -3 + $\omega$ -6	16.54	3.42	0.71	0.60	3.77	1.70	0.47	0.51
20 : 3 $\omega$ -6	2.45		0.75	1.16	0.56		0.50	0.98
20 : 5 $\omega$ -3			0.47	0.34			0.31	0.29
20 : 6 $\omega$ -3								
Polyunsaturated	24.53	7.24	34.40	35.54	5.59	3.60	22.95	30.00
Total fatty acids	54.56	67.60	74.52	75.04	12.44	33.60	49.72	63.33
Others	45.44	32.40	25.48	24.96	10.36	16.10	16.98	21.07

<sup>1</sup> : rotifers fed on *C. ellipsoidea*.

<sup>2</sup> : *Artemia* nauplii enriched with  $\omega$ -yeast.

해서 아주 낮은 값을 보였다. 또, 15% 오징어 유를 보충한 유지효모로 12 시간 영양 강화시킨 후 지질의 함량은 49.72 mg/g dry weight에서 63.33 mg/g dry weight로 크게 증가하였다. 그리고 고도불포화지방산 (PUFA)의 함량도 22.95 mg/g에서 30.00 mg/g으로 증가하였으며, 조피볼락의 생존율이나 성장에 있어서의 결과를 잘 증명하여 주고 있다. 그러나 실험종료시 생존한 개체들의 지방산 분석 결과 뚜렷한 경향을 찾을 수 없었다.

## 고 찰

해산어류 자·치어의 성장과 생존은 공급되는 먹이 생물의 크기나 먹이 생물의 영양가에 의해서 크게 좌우된다. Rotifer와 *Artemia nauplius*는 어류나 갑각류의 초기 먹이 생물로서 널리 이용되고 있다 (Kinne 1977; Nyonje and Radull 1991). 그러나, rotifer나 *Artemia nauplius* 그 자체만으로는 영양가가 부족하기 쉽다.

최근의 연구에서 친어의 지질 함량은 많은 어종에서 산란이나 난질에 중요한 영향을 미치며 친어에서의  $\omega$ -3 고도불포화지방산 (Polyunsaturated fatty acid) 함량이 낮을 경우 낮은 산란율이나 부화율을 유발시킨다고 보고되었으며 (Rainuzzo et al., 1997) 특히, eicosapentaenoic acid (EPA, 20 : 5 $\omega$ -3)와 docosahexaenoic acid (DHA, 22 : 6 $\omega$ -3)는 해산 자·치어의 성장과 생존에 매우 중요한 필수 영양소라는 것이 밝혀졌다 (Navarro et al., 1988). 자연에서의 해산어류의 먹이 생물에는 실질적으로 EPA (20 : 5 $\omega$ -3)와 DHA (22 : 6 $\omega$ -3)가 풍부하지만, rotifer와 *Artemia nauplius*에는 이러한 지방산이 부족하여 어류 초기 성장에 필요한 영양 요구를 충족시켜 주지 못한다 (Watanabe et al., 1983 b). Watanabe et al., (1978)은 *Artemia nauplius*에 함유된 고도불포화지방산 함량이 해산어류 자·치어의 먹이로서 가치를 결정 한다고 보고하였으며, 또한, *Artemia nauplius*를 2 가지 type, 즉, 담수어류에 필수 지방산인 linolenic acid

(18 : 3 $\omega$ -3)를 다량으로 함유하고 있는 담수형 *Artemia*와 해산어류의 필수 지방산의 하나인 EPA (20 : 5 $\omega$ -3)를 다량으로 함유하고 있는 해산형 *Artemia*로 나누었다.

본 실험에서는 우선 rotifer를 대체할 수 있는 다른 먹이 생물을 찾기 위하여 rotifer와 크기가 비슷하고, 유영력이 완만하여 연안에서 손쉽게 채집하고 인위적인 산란유발이 가능한 말뚝성계의 유생을 이용하였다. 말뚝성계의 2 완기 pluteus 유생을 조피볼락 자어의 먹이로 공급한 실험의 결과, rotifer와 pluteus를 혼합 공급하였을 경우나 *Artemia nauplius*와 pluteus를 혼합 공급한 자·치어가 오히려 rotifer나 *Artemia nauplius*만을 먹이로 공급하였을 경우보다 낮은 생존율과 성장을 보였다. 또, pluteus만을 먹이로 공급하였을 경우에는 더욱 낮은 생존율과 성장을 보였다. 말뚝성계 유생의 지방산의 분석 결과, 전지질의 함량이 낮았고, 해산어 자·치어에 중요한 고도불포화지방산 함량도 매우 빈약하였다. 이와같은 결과로 보아 pluteus 유생은 크기가 작고 손쉽게 구할 수 있지만, 조피볼락 자어의 먹이 생물로서 가치가 없는 것으로 생각된다.

Rotifer나 *Artemia nauplius*를 빵 효모, 유지효모 혹은 해산 *Chlorella*로 영양 강화시킬 경우  $\omega$ -3 고도불포화지방산의 함량이 높아져 은어, 참돔, 가자미 (*Scophthalmus maximus*), 농어 (*Dicentrarchus labrax*) 자·치어의 성장과 생존율을 높였다고 보되었다 (Scott and Middleton 1979; Watanabe et al., 1979; Kitajima et al., 1980; Watanabe et al., 1980; Gatesoupe and Luquet 1981; Gatesoupe and Robin 1982; Dickey and Geffen 1992). 또한, Watanabe et al. (1989)와 Watanabe (1991)는  $\omega$ -3 고도불포화지방산 함량이 낮은 rotifer를 먹인 참돔에서 생존율과 성장이 낮았으며, DHA나 EPA가 풍부한 rotifer를 각각 먹였을 경우, DHA가 풍부한 rotifer를 공급한 자어에 있어서는 활력실험에서 생존율과 성장이 가장 높아서, 참돔에 있어서 DHA가 EPA보다 더 중요



하다는 것을 증명하였다.

이렇듯 어류 자·치어기에 있어서 먹이로 공급된 rotifer와 *Artemia* nauplius에 함유된  $\omega$ -3 고도불포화지방산의 중요성은 인정되고 있어 최근에는 초기 먹이 생물들의  $\omega$ -3 고도불포화지방산 함량을 높이기 위한 효과적인 영양 강화 기법이 개발되고 있다. SELCO (self-emulsifying product, *Artemia* system)를 이용하면 *Artemia* nauplius에 함유된  $\omega$ -3 고도불포화지방산 함량이 2 mg/g dry weight에서 24 시간 영양 강화 후에 40 mg/g dry weight로 증가하는 것으로 알려져 있다 (Dhert et al., 1990). Watanabe et al., (1980)의 보고에 의하면, *Artemia* nauplius를 건조분말로 조제된 *Spirulina* sp.로 24 시간 영양 강화 후에 참돔에게 공급한 경우 생존율에서는 효과가 나타나지 않았지만, 체중에서는 227.4 mg으로 부화된 *Artemia* nauplius를 공급한 참돔의 167.7 mg보다 우수한 값을 보였다. 또한, *S. platensis*를 5% 정도 사료에 섞어 먹인 striped jack, *Pseudocaranx dentex*에서도 성장과 사료 효율에서 좋은 성과를 얻었다고 보고한 바 있다 (Watanabe et al., 1990).

본 실험에서도 빵 효모로 배양한 rotifer를 조피볼락 먹이로 공급하였을 경우보다 *Chlorella*나 유지효모로 배양한 rotifer를 공급하였을 경우가 생존율이 높았으며, 불포화지방산의 함량이 높은 Super Selco, 또는 단백질함량이 높은 *Spirulina*로 rotifer나 *Artemia* nauplius를 영양 강화 시켜서 자어에 공급하였을 경우의 생존율과 성장이 향상되어 앞에서의 여러 보고와 일치하였다.

平野·大島 (1963)와 Fujita (1973)의 연구 결과에 의하면, *Artemia* nauplius를 4~10 일간 단독으로 공급한 경우 참돔이나 방어에서 대량폐사가 발생하였으며, 어중에 따라서 다소 다르지만 다른 해산어류에서도 *Artemia* nauplius만의 연속적인 공급은 높은 폐사율을 보인다고 보고하였으며 천연 플랑크톤과 섞어서 공급하면 대량폐사를 막을 수 있다고 하였다. *Acartia clausi*를 자연에서 채집하여 참돔에게 먹였을 때 *Artemia*

nauplius를  $\omega$ -yeast나 *Spirulina*로 영양 강화시킨 후 먹이로 공급했을 때보다도 높은 생존율을 보였다는 보고도 있다 (Watanabe et al., 1980). 이와같은 결과들을 종합적으로 볼 때, 조피볼락은 산출후 늦어도 10~12 일 후에는 *Artemia* nauplius를 유지효모나 유화 oil 또는 식물성 플랑크톤으로 영양 강화를 시킨 후에 공급하거나 자연산 동물성 플랑크톤을 수집하여 먹이로 공급하면 산출후 10 일경에 발생하는 대량폐사를 줄일 수 있을 것이라고 생각된다.

따라서, 앞으로 조피볼락 자·치어 단계에 있어서의 대량폐사의 원인을 정확히 밝히기 위해서 rotifer나 *Artemia* nauplius를 다른 고도불포화지방산 또는 필수 아미노산을 다량으로 함유하고 있는 것으로 영양 강화를 하여 조피볼락 자어의 먹이로 공급할뿐만 아니라, 새로운 동물성 플랑크톤을 수집 배양하여 기존의 먹이 생물들과 비교하여 조피볼락의 먹이로 공급하는 등, 그 먹이 생물들의 영양학적 가치를 보다 구체적으로 평가하고, 사육 환경이나 산출기 스트레스 등에 대한 생리적 현상이 연구되어야 할 것이다. 이외에도 산출기에 이른 조피볼락 친어의 영양생리와 관련된 산출 자어의 생존력 등이 보다 구체적으로 연구되어야 할 것이다.

## 요 약

조피볼락 종묘생산시 발생하는 대량폐사를 막기 위하여 자어의 다양한 먹이생물을 공급하여 성장을 비교하였고 여러 가지 방법으로 먹이생물을 영양강화시켜 공급하여 그에 따른 조피볼락 자어의 생존율과 성장율을 비교하였다.

성계 유생은 쉽게 구할 수 있으나 조피볼락 자어의 생존율을 저하시켰고 유생의 지방산 분석 결과를 볼때 그다지 적합한 먹이로 생각되지 않는다. Rotifer나 *Artemia* nauplii를 단독으로 조피볼락의 자어의 먹이로 공급하는 것보다 혼합 공급하는 것이 더 효과적인 것으로 나타났다. 그리고 rotifer나 *Artemia* nauplii를  $\omega$ -yeast, *Spi-*

*rutina platensis*나 Super Selco로 영양강화시킨 후에 먹이로 공급할 경우 자어의 생존율이나 성장률에서 많은 개선을 보였다. Rotifer를 Super Selco로 영양강화를 시켰을 경우  $\omega$ -yeast로 영양강화를 시킨 경우보다 높은 생존율과 성장률의 결과를 보였다.

산출 후 10일 경에 대량폐사가 발생하였으며 초기에는 rotifer가 자어의 먹이로 우수한 것으로 나타났으나 10일 경 이후부터는 *Artemia* nauplii가 우수한 먹이로 판단된다. 그러나 rotifer와 *Artemia* nauplii 혼합 공급하였을 경우 rotifer나 *Artemia* nauplii를 단독 공급하는 경우보다 우수한 결과를 보였다.

### 참 고 문 헌

- Bromley, P. J. and B. R. Howell, 1983. Factors influencing the survival and growth of turbot larvae, *Scophthalmus maximus* L., during the change from live to compound feeds. *Aquaculture*, 31 : 31-40.
- Dickey C. M. and A. J. Geffen, 1992. Importance of the fatty acids 20 : 5 $\omega$ -3 and 22 : 6 $\omega$ -3 in the diet of plaice (*Pleuronectes platessa*) larvae. *Marine Biology*, 113 : 463-468.
- Duncan, D. B., 1955. Multiple-range test and multiple F tests. *Biometrics*, 11.
- Dhert, P., P. Lavens, M. Duray and P. Sorgeloos, 1990. Improved larval survival at metamorphosis of Asian seabass (*Lates calcarifer*) using 3-HUFA enriched live food. *Aquaculture*, 90 : 63-74.
- Folch J., M. Lee and G. H. S. Stanly, 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. *J. Biol. Chem.*, 226 : 497-501.
- Fujita, S., 1973. Importance of zooplankton mass culture in producing marine fish seed for fish farming. *Bull. Plankton Soc. Japan*, 20 : 49-53.
- Gatesoupe, F. J. and P. Luquet, 1981. Practical diet for mass culture of the rotifer *Brachionus plicatilis* : application to larval rearing of sea bass, *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture*, 22 : 149-163.
- Gatesoupe, F. J. and J. H. Robin, 1982. The dietary value for seabass larvae *Dicentrarchus labrax* of the rotifer *Brachionus plicatilis* fed with or without a laboratory cultured alga. *Aquaculture*, 27 : 121-127.
- Gatesoupe, F. J., 1991. Managing the dietary value of *Artemia* for larval turbot, *Scophthalmus maximus* : The effect of enrichment and distribution techniques. *Aquacult. Eng.*, 10 : 111-120.
- Hayashi, M., K. Toda, T. Yoneji, O. Sato and S. Kitaoka, 1993. Dietary value of rotifers and *Artemia* enriched with *Euglena gracilis* for red sea bream. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59 : 1051-1058.
- Izquierdo, M. S., T. Watanabe, T. Takeuchi, T. Arakawa and C. Kitajima, 1989. Requirement of larval red sea bream *Pagrus major* for essential fatty acids. *Bull. Jpn. Soc. Fish.*, 55 : 859-867.
- Kinne, O., 1977. *Marine Ecology*, Vol. III. Cultivation. Part 2. Cultivation of animals, A Wiley Interscience publication, New York, U.S.A., 1293pp.
- Kitajima, C., M. Yoshida and T. Watanabe, 1980. Dietary value for Ayu *Plecoglossus altivelis* of rotifer *Brachionus plicatilis* cultured with baker's yeast *Saccharomyces cerevisiae* supplemented with cuttlefish liver oil. *Bull. Jpn. Soc. Fish.*, 46 : 47-50.
- Merchie, G., P. Lavens, P. Dhert, R. Pector, S. Mai, H. Nelis and G. Clarias, 1995. Live food mediated vitamin C transfer to *Dicentrarchus labrax* and *Clarias gariepinus*. *J. Appl. Ichthyol.*, 11 : 336-341.
- Navarro, J. C., F. Hontoria, I. Varo and F. Amat, 1988. Effect of alternate feeding with a poor longchain polyunsaturated fatty acid *Artemia* strain and a rich one for sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and prawn (*Penaeus kerathurus*) larvae. *Aquaculture*, 74 : 307-317.
- Nyonje, B. and J. Radull, 1991. The effects of feeding freshwater chlorella, baker's yeast and culture selco on the culture of rotifer (*Brachionus* sp.). *Europe. Aquacult. Soc., Spek. Pub.*, 15 : 106-108.
- Rainuzzo, J. R., K. I. Reitan and Y. Olsen, 1997. The significance of lipids at early sta-

- ges of marine fish : A review. *Aquaculture*, 155 : 103-115.
- Scott, A. P. and C. Middleton, 1979. Unicellular algae as a food for turbot (*Scophthalmus maximus* L.) larvae the importance of dietary long-chain polyunsaturated fatty acids. *Aquaculture*, 18 : 227-240.
- Southgate, P. C. and D. C. Lou, 1995. Improving the n-3 HUFA composition of *Artemia* using microcapsules containing marine oils. *Aquaculture*, 134 : 91-99.
- Van Ballaer, E., F. Amat, F. Hontoria, P. Leger and P. Sorgeloos, 1985. Preliminary results on the nutritional evaluation of  $\omega$ -3 HUFA enriched *Artemia* nauplii for larvae of the sea bass, *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture*, 49 : 223-229.
- Watanabe, T., F. Oowa, C. Kitajima and S. Fujita, 1978. Nutritional quality of brine shrimp, *Artemia salina*, as a living feed from the viewpoint of essential fatty acids for fish. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 44 : 1115-1121.
- Watanabe, T., F. Oowa, K. Kitajima, S. Fujita and Y. Yone, 1979. Relationship between the dietary value of rotifers, *Brachionus plicatilis* and their content of  $\omega$ -3 highly unsaturated fatty acids. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 45 : 883-889.
- Watanabe, T., F. Oowa, C. Kitajima and S. Fujita, 1980. Relationship between dietary value of brine shrimp *Artemia salina* and their content of  $\omega$ -3 highly unsaturated fatty acids. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 46 : 35-41.
- Watanabe, T., M. Ohta, C. Kitajima and S. Fujita, 1982. Improvement of dietary value of brine shrimp *Artemia salina* for fish larvae by feeding them on  $\omega$ -3 highly unsaturated fatty acids. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 48 : 1775-1782.
- Watanabe, T., T. Tamiya, A. Oka, M. Hirata, C. Kitajima and S. Fujita, 1983a. Improvement of dietary value of live foods for fish larvae by feeding them on  $\omega$ -3 highly unsaturated fatty acids and fat-soluble vitamins. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 49 : 471-479.
- Watanabe, T., C. Kitajima and S. Fujita, 1983 b. Nutritional values of live organisms used in Japan for mass propagation of fish : a review. *Aquaculture*, 34 : 115-143.
- Watanabe, T., M. S. Izuquierdo, T. Takeuchi, S. Satoh and C. Kitajima, 1989. Comparison between eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acids in terms of essential fatty acid efficacy in larval red seabream. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 55 : 1635-1640.
- Watanabe, T., W. L. Liao, T. Takeuchi and H. Yamamoto, 1990. Effect of dietary *Spirulina* supplementation on growth performance and flesh lipids of cultured striped jack. *Journal of the Tokyo University of Fisheries*, 77 : 231-239.
- Watanabe, T., 1991. Importance of docosahexaenoic acid in marine larval fish. *Europe. Aquacult. Soc. Spec. Pub.*, 15 : 19pp.
- 佐佐木攻, 1981. クロソイの養殖. 種苗生産と養成について. *養殖*, 7 : 90-95.
- 平野札次郎・大島奉雄, 1963. 海産動物幼生の飼育とその飼料について. *日本水産學會誌*, 29 : 282-297.