

## 넙치 자어 사육에 있어서 먹이 종류에 따라 고밀도로 배양한 rotifer의 먹이효율

박흥기 · 이균우 · 이상민 · 김성구\* · 이종화\*\* · 임영수\*\*  
강릉대학교 해양생명공학부, \*부경대학교 생물공학과, \*\*국립수산진흥원 울진종묘배양장

### Dietary value of rotifer fed on the different diets in high density culture for flounder larvae, *Paralichthys olivaceus*

Huem Gi PARK, Kyun Woo LEE, Sung Koo KIM\*, Sang-Min LEE, Jong Ha LEE\*\*, Young Soo LIM

Faculty of Marine Bioscience & Technology, Kangnung National University, Kangnung 210-702, Korea

\*Department of Biotechnology and Bioengineering, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

\*\*National Fisheries Research and Development Institute, Pusan 619-900, Korea

This study was carried out to investigate the effect of rotifer fed the different diets in high density culture on larval flounder *Paralichthys olivaceus*. Rotifer was enriched with enrichment supplements, Marine  $\alpha$  and  $\omega$ -yeast for 6 hours after being cultured with freshwater *Chlorella* for 18 hours during high density culture before it was fed to larval flounder. And rotifer was cultured with marine *Chlorella* and freshwater *Chlorella* for 24 hours during semi-continuous high density culture before it was fed to larval flounder. Culture tanks (2 l working volume) set for rotifer culture in a water bath (28°C) were continuously supplied with oxygen gas. The content of n-3 HUFA to fatty acids in rotifer (dry weight %) enriched with Marine  $\alpha$  for 6 hours and cultured with marine *Chlorella* for 24 hours were higher than that in rotifer enriched with  $\omega$ -yeast for 6 hours or cultured with freshwater *Chlorella* for 24 hour. The growth and survival rates of larval flounder fed on rotifer enriched with Marine  $\alpha$  for 6 hours and cultured with marine *Chlorella* for 24 hours were higher than those of larval flounder fed on rotifer enriched with  $\omega$ -yeast for 6 hours or cultured with freshwater *Chlorella* for 24 hour. And the content of n-3 HUFA of larval flounder fed on rotifer enriched with Marine  $\alpha$  for 6 hours was higher than that of larval flounder fed on other rotifers. The results from this study indicated that rotifer culture with marine *Chlorella* would be suitable for the high density culture and effective diet for the growth of larval flounder.

Key words: High density culture, Rotifer, Flounder larvae, Enrichment, Dietary value

### 서 론

해산 어류의 종묘생산시 자어의 초기 먹이생물인 rotifer의 질적 및 양적인 중요성은 증대되고 있으며 이들을 효율적으로 생산하기 위해서 많은 연구가 수행되었다 (Fernandez-Reiriz et al., 1993; Rainuzzo et al., 1989; Yoshimura et al., 1994; Park et al., 1999a, b, c). 최근 경제적이고 안정적인 rotifer 배양방법으로 담수산 농축 *Chlorella*를 이용한 rotifer 고밀도 배양이 수행되었고 이러한 배양방법은 rotifer의 양적확보에 매우 효과적인 것으로 나타났다 (Yoshimura et al., 1994, 1995, 1998; Park et al., 1999a, b). 이처럼 고밀도 배양에 이용되는 담수산 농축 *Chlorella*는 무균 발효조에서 배양되기 때문에 가격이 매우 싸고, 세포내 rotifer 성장에 많은 영향을 미치는 B<sub>12</sub> 함량이 매우 풍부하다 (Maruyama et al., 1990; Okauchi, 1991). 그러나 고밀도 배양에서 담수산 농축 *Chlorella*를 섭취한 rotifer는 해산 어류 자어의 정상적인 성장과 생존에 많은 영향을 미치는 eicosapentaenoic acid (EPA)와 docosahexaenoic acid (DHA)등을 포함하는 고도불포화지방산 (n-3 HUFA, highly unsaturated fatty acid)의 함량이 낮아 해산 어류 자어의 먹이로 공급하는데 질적인 문제점이 잠재되어 있다 (Yoshimatu et al., 1997; Park et al., 1999c).

이러한 문제점을 해결하기위한 방법으로 담수산 농축 *Chlorella*를 이용하여 고밀도로 배양된 rotifer를 수확한 후 새로운 수조에서 유화오일로 2차 영양강화하거나 고밀도 배양 중에 담수산

농축 *Chlorella*를 공급하면서 유화오일을 공급하였을 때 n-3 HUFA의 함량이 높은 rotifer를 생산할 수 있으며 (Yoshimatu et al., 1997; Park et al., 1999b), 고밀도 배양시 먹이로서 직접 고도 불포화지방산 함량이 높은 해수산 농축 *Chlorella*를 이용하면 양질의 rotifer를 생산할 수 있다 (Park et al., 1999a, c).

따라서 본 연구는 고밀도 배양에서 담수산 농축 *Chlorella*로 배양한 후 영양강화제에 따라 생산된 rotifer와 해수산 농축 *Chlorella*로 배양한 rotifer를 넙치 자어에게 공급하였을 때 이들의 먹이 효율을 조사하였다.

### 재료 및 방법

#### 넙치 자어 사육

실험에 이용된 넙치 자어는 국립수산진흥원 울진 종묘배양장에서 인공채란한 난을 이용하였다. 각 실험수조는 50 l 타원형 플라스틱 수조 (배양수 40 l)에 부화직전의 난을 1,594 ± 16.1개를 수용하여 각 실험수조에서 부화시켰고 부화후 rotifer를 10~15개체/ml 공급하였다. 자어 사육 수온은 19.5~20.5°C였고, 환수율은 매일 30%로 하였다. 실험 13일째 무작위로 자어를 취하여 전장과 전중을 측정하였다.

#### Rotifer 배양

Rotifer (*Brachionus rotundiformis*)는 2.5 l (배양수 2.0 l) 배양

용기에 5,000개체/ml로 접종하였다. 배양수는 자연해수에 수돗물을 혼합하여 염분 23‰로 조정하였고 수온은 28°C로 유지하였다. 배양수조내의 부유 물질을 제거하기 위해 nylon mat (5×7×0.5 cm, KS185N, Aqua Culture System, Japan)를 설치하여 1일 1회 세척하였다. 또한 산소발생기(NIDEK Medical, Model Mark 5 plus, 산소농도 95% 이상)를 이용하여 1.0 l/min를 공급하였다.

영양강화제를 이용할 경우, 먹이는 담수산 농축 *Chlorella* (건조중량 6.294 g)를 18시간 공급한 후 6시간 유효오일인 Marine  $\alpha$  (건조중량 0.723 g, 주식회사 이화유지공업)와 유지효모 (건조중량 0.723 g, 주식회사 이화유지공업)를 공급하였다. 또한 영양강화제를 이용하지 않을 경우, 먹이는 24시간 담수산 농축 *Chlorella* (건조중량 8.378 g, 주식회사, 하나)와 해수산 농축 *Chlorella* (건조중량 8.378 g, 주식회사, 이화유지공업)를 연속 공급하였다. 먹이 공급 방법은 담수산 및 해수산 농축 *Chlorella*는 냉장고(4°C)에 보관하면서 정량펌프(Eyela, Model MP-N)를 이용하여 자동 연속 공급하였고 영양강화제는 한번에 배양수에 공급하였다.

또한 담수산 및 해수산 농축 *Chlorella*를 이용한 배양수조는 배양 24시간 후 배양된 rotifer만큼 수확하고 다시 새로운 배양수를 첨가하였지만 영양강화제(유효오일과 유지효모)를 이용한 배양수조는 하루 한번 배양수 전체를 환수하였다.

#### Rotifer와 넙치 자어의 지방산 분석

Rotifer와 넙치자어의 지방산 분석은 담수로 깨끗이 세척한 후 -75°C에 보관하였다. 이렇게 냉동된 시료를 진공동결건조시켜, Folch et al. (1957)의 방법에 따라 지질을 추출하여 Lee (1997)의 방법으로 14% BF<sub>3</sub>-methanol (Sigma, USA)로 지방산을 methylation시킨 후, capillary column (HP-INNOWax, 30 m×0.32 mm×0.5  $\mu$ m, USA)이 장착된 gas chromatography (Shimadzu, GC-17A, Japan)로 지방산을 분석하였다. 표준지방산으로 12:0, 13:0, 14:0, 14:1, 16:0, 16:1, 17:0, 17:1, 18:0, 18:1, 18:2n-6, 18:3n-6, 18:3n-3, 18:4n-3, 18:4n-6, 20:0, 20:1, 20:2n-6, 20:3n-6, 20:4n-3, 20:5n-3, 22:0, 22:1, 22:4n-3, 22:5n-3, 22:6n-3 및 24:1 (Sigma, USA)을 사용하였다. Carrier gas는 helium (30 ml/min)을 사용하였으며, oven 온도는 170°C에서 225°C까지 1°C/min 증가시켰고, injector의 온도는 250°C, detector (FID) 온도는 270°C로 설정하였다. Rotifer의 건조중량당 지방산 함량은 Yoshimatsu et al. (1997)의 방식으로 계산하였다 (건조중량당 지방산 함량 % = 건조중량의 총 지질 % × 지방산 % × 0.892).

#### 통계분석

먹이종류에 따라 rotifer를 공급한 찰가자미 자어의 성장과 생존률에 대한 실험 결과는 one-way ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 처리 평균간의 유의성 (P < 0.05)을 SPSS (SPSS Inc., 1997) program (Ver. 7.5)으로 검정하였다.

## 결 과

고밀도 배양에서의 먹이 종류에 따른 rotifer의 건조중량에 대한 n-3 HUFA의 함량과 지방산 조성은 Fig. 1과 Table 1에 나타내었

다. Marine  $\alpha$  공급구에서 rotifer의 n-3 HUFA의 함량이 4.1%로 가장 높게 나타났고 다음으로 해수산 농축 *Chlorella* 공급구가 3.7%로 높게 나타났다. 그러나 담수 농축 *Chlorella*와 유지효모 공급구는 각각 0.9%와 1.0%로 비교적 낮게 나타났다. 지방산 비율에 있어서 담수산 *Chlorella* 공급구의 linoleic acid (18:2n-6)가 다른 실험구보다 높게 나타났으며 해수산 농축 *Chlorella*가 비교적 낮게 나타났다. EPA 비율은 해수산 농축 *Chlorella*에서 높게 나타났지만 DHA 비율은 유효오일에서 높게 나타났다.

먹이 종류에 따라 배양한 rotifer를 섭취한 넙치 자어의 성장과 생존률은 Table 2와 같다. 넙치 자어의 성장은 해수산 농축 *Chlorella*를 공급한 실험구가 가장 높게 나타났지만 Marine  $\alpha$ 를 공급한 실험구와는 차이가 없었다. 그러나 담수산 농축 *Chlorella*를 공급한 실험구가 성장에 있어서 다른 실험구보다 낮게 나타났다. 생존률에 있어서는 Marine  $\alpha$ 를 공급한 실험구에서 가장 높게 나타났지만 해수산 농축 *Chlorella*를 공급한 실험구와는 유의적인 차이는 보이지 않았다. 또한 담수산 농축 *Chlorella*를 공급한 실험구가 비교적 낮은 생존률을 보였지만 유지효모와 해수산 농축 *Chlorella*를 공급한 실험구와는 차이가 나타나지 않았다. 먹이 종류에 따라 배양한 rotifer를 섭취한 넙치 자어의 지방산 구성은 Table 3과 같다. Marine  $\alpha$ 를 공급한 실험구에서 n-3 HUFA의 비율이 23.7%로 가장 높게 나타났고 다음은 해수산 농축 *Chlorella*를 공급한 실험구에서 18.1%로 나타났다. 담수산 농축 *Chlorella*를 공급한 실험구는 비교적 낮은 8.7%로 나타났다.

## 고 찰

해산어류 자어의 영양원인 필수지방산에 관한 연구에서 EPA 및 DHA와 같은 n-3 HUFA의 함량은 해산 어류 자어의 정상적인

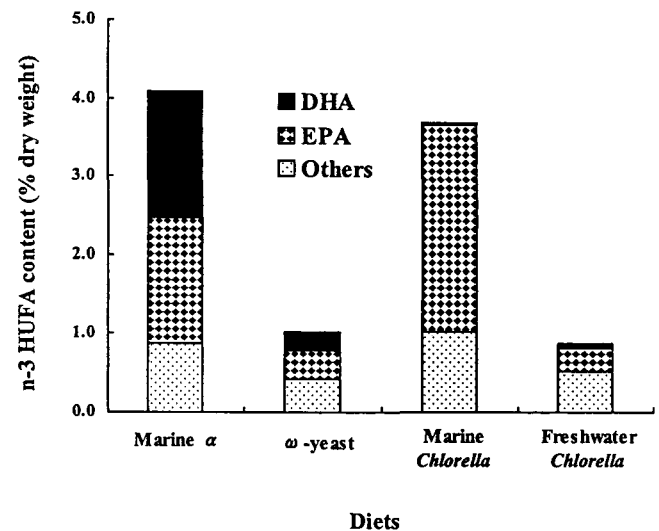


Fig. 1. Changes in n-3 HUFA contents (% dry weight) of rotifer cultured with the different enrichment supplements, Marine  $\alpha$  and  $\omega$ -yeast for 6 hours after being cultured with freshwater *Chlorella* for 18 hours during high density culture and cultured with marine *Chlorella* and freshwater *Chlorella* for 24 hours during semi-continuous high density culture.

**Table 1.** Fatty acid compositions (area %) of rotifer cultured with the different enrichment supplements, Marine  $\alpha$  and  $\omega$ -yeast for 6 hours after being cultured with freshwater *Chlorella* for 18 hours during high density culture and cultured with marine *Chlorella* and freshwater *Chlorella* for 24 hours during semi-continuous high density culture

Fatty acids	Diets			
	Marine $\alpha$	$\omega$ -yeast	Marine <i>Chlorella</i>	Freshwater <i>Chlorella</i>
14:0	2.8	2.1	3.2	1.3
14:1	0.2	—	—	—
16:0	20.3	20.8	25.8	21.6
16:1	3.2	5.1	12.0	1.2
18:0	3.3	4.4	3.5	3.7
18:1	9.9	9.5	10.0	4.7
18:2n-6	26.0	38.5	7.4	44.8
18:3n-3	2.3	3.4	0.3	5.0
18:4n-3	1.2	—	—	—
20:0	1.7	1.4	0.7	1.1
20:1	2.2	1.9	1.5	1.2
20:2n-6	0.1	—	—	—
20:3n-6	0.2	—	—	—
20:3n-3	1.9	2.3	—	3.0
20:4n-6	1.2	1.1	3.6	5.9
20:4n-3	1.5	0.9	0.3	2.5
20:5n-3	8.8	3.6	21.8	2.5
22:0	1.3	0.7	0.8	—
22:1	0.6	0.7	0.6	—
22:4n-6	0.9	—	—	—
22:4n-3	0.4	—	0.7	—
22:5n-3	1.0	1.1	7.5	0.8
22:5n-6	—	—	—	—
22:6n-3	9.0	2.5	0.3	0.6
Total lipid (%)	20.2	11.2	13.5	10.4
n-3 HUFA* (%)	22.7	10.3	30.6	9.4

\*HUFA; highly unsaturated fatty acid (C $\geq$ 20).  
 —: trace amount ( $\leq$ 0.05).

**Table 2.** Growth and survival rates of flounder, *Paralichthys olivaceus* larvae fed on rotifer cultured with the different enrichment supplements, Marine  $\alpha$  and  $\omega$ -yeast for 6 hours after being cultured with freshwater *Chlorella* for 18 hours during high density culture and cultured with marine *Chlorella* and freshwater *Chlorella* for 24 hours during semi-continuous high density culture or enriched with the different diets

Diets	Total length (mm)	Body weight (mg)	Survival rate (%)
Marine $\alpha$	6.65 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>	2.0 $\pm$ 0.1 <sup>b</sup>	26.2 $\pm$ 2.5 <sup>b</sup>
$\omega$ -yeast	5.64 $\pm$ 0.22 <sup>a</sup>	1.1 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	11.2 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>
Marine <i>Chlorella</i>	6.89 $\pm$ 0.18 <sup>b</sup>	2.3 $\pm$ 0.2 <sup>b</sup>	16.5 $\pm$ 6.5 <sup>ab</sup>
Freshwater <i>Chlorella</i>	5.11 $\pm$ 0.19 <sup>a</sup>	0.8 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	10.5 $\pm$ 2.2 <sup>a</sup>

Values (mean  $\pm$  s.e. of three replication) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

성장과 생존률에 많은 영향을 미친다 (Watanabe, 1993; Rainuzzo et al., 1997). 따라서 해산어류 자어가 건강하게 성장하기 위해서 먹이생물의 n-3 HUFA 함량은 약 3~4% 혹은 이 보다 많은 양을

**Table 3.** Fatty acid compositions (area %) of flounder, *Paralichthys olivaceus* larvae fed on rotifer cultured with the different enrichment supplements, Marine  $\alpha$  and  $\omega$ -yeast for 6 hours after being cultured with freshwater *Chlorella* for 18 hours during high density culture and cultured with marine *Chlorella* and freshwater *Chlorella* for 24 hours during semi-continuous high density culture or enriched with the different diets

Fatty acids	Diets			
	Marine $\alpha$	$\omega$ -yeast	Marine <i>Chlorella</i>	Freshwater <i>Chlorella</i>
14:0	2.4	1.9	2.1	1.3
16:0	22.1	20.3	21.6	19.9
16:1	2.4	3.1	5.7	1.9
18:0	10.2	11.2	9.2	12.0
18:1	13.6	14.6	11.6	11.5
18:2n-6	14.1	17.3	7.1	25.3
18:3n-3	—	—	—	—
18:4n-3	—	—	—	—
20:0	1.6	1.2	0.6	0.5
20:1	2.2	1.6	0.9	0.8
20:3n-3	2.0	2.1	0.9	2.5
20:4n-6	2.3	2.6	6.1	2.9
20:4n-3	1.5	2.0	1.2	2.0
20:5n-3	5.0	5.6	14.9	3.5
22:0	1.3	0.9	0.6	1.9
22:1	0.0	—	0.5	0.5
22:4n-6	1.6	—	1.2	0.7
22:4n-3	1.6	—	0.9	—
22:5n-3	2.4	3.0	11.1	2.9
22:5n-6	—	—	—	—
22:6n-3	11.2	9.7	3.2	5.3
n-3 HUFA*	23.7	15.3	18.1	8.7

\*HUFA; highly unsaturated fatty acid (C $\geq$ 20).  
 —: trace amount ( $\leq$ 0.05).

요구한다 (Yoshimatsu et al., 1997).

한편 rotifer 고밀도 배양시 rotifer의 양적인 확보와 경제적인 관점에서 담수산 농축 *Chlorella*가 가장 적합하다 (Yoshimura et al., 1994, 1995, 1998; Park et al., 1999a, b). 그러나 n-3 HUFA의 함량이 낮은 담수산 농축 *Chlorella*로 rotifer를 고밀도로 배양할 경우, rotifer의 n-3 HUFA의 함량은 Yoshimatsu et al. (1997)와 Park et al. (1999c)의 보고처럼 본 연구에서 1%로 해산어류 자어의 n-3 HUFA의 요구량 3~4%보다 낮게 나타났다. 따라서 rotifer의 n-3 HUFA 함량을 높이기 위해서 Park et al. (1999c)은 고밀도 배양에서의 rotifer 영양강화 방법과 영양강화제는 반연속 배양에서 18시간 담수산 농축 *Chlorella*를 공급한 후 8시간 유화오일인 Super Selco를 공급한 실험구와 24시간 해수산 농축 *Chlorella*를 공급한 실험구 및 Super Selco로 2차 영양강화한 실험구에서 높게 나타났다고 보고하였다.

본 연구에서도 Park et al. (1999c)의 연구결과처럼 18시간 담수산 농축 *Chlorella*를 공급한 후 6시간 유화오일인 Marine  $\alpha$ 를 공급한 실험구 및 24시간 해수산 농축 *Chlorella*를 공급한 실험구에

서 rotifer의 n-3 HUFA의 함량이 3% 이상으로 높게 나타났다. 따라서 이것을 공급한 넙치 자어의 성장과 생존률이 n-3 HUFA의 함량이 약 1%인 유지효모나 담수산 농축 *Chlorella*를 공급한 넙치 자어보다 높게 나타났으며 넙치 자어의 n-3 HUFA의 비율도 유지효모와 담수산 농축 *Chlorella*보다 높게 나타났다. 따라서 Marine  $\alpha$ 와 해수산 농축 *Chlorella*를 공급한 rotifer의 n-3 HUFA 함량 차이가 넙치 자어의 성장에 영향을 미친 것으로 판단된다.

그러나 본 실험에 있어서 해수산 농축 *Chlorella*를 공급한 실험구의 생존률은 유지효모와 담수산 농축 *Chlorella*와 비교할 때 유의적인 차이가 나타나지 않았는데 이것은 사육 12일째 비교적 자어의 성장이 높은 해수산 농축 *Chlorella* 공급구의 한 실험구에서 갑작스러운 폐사로 생존률이 5%로 낮게 나타난 결과이다. 이러한 갑작스러운 폐사는 이 실험구의 넙치 자어가 다른 실험구보다 성장이 높아 자어의 감모시기에 빨리 도달한 것으로 판단되지만 뚜렷한 원인은 알 수 없었다.

한편 18시간 담수산 농축 *Chlorella*를 공급한 후 6시간 Marine  $\alpha$ 를 공급한 rotifer 실험구와 24시간 해수산 *Chlorella*를 공급한 rotifer 실험구에서 넙치 자어의 성장과 생존률이 높게 나타났지만 Park et al. (1999c)의 결과 처럼 18시간 담수산 농축 *Chlorella*를 공급한 후 6시간 유화오일을 공급한 rotifer 배양수조의 용존산소와 개체밀도는 시간이 지날수록 급격히 감소하는 경향을 보여 매일 배양수 전량을 환수하지 않으면 지속적인 rotifer의 양적 확보에 많은 어려운 문제점이 있었다. 그러나 해수산 농축 *Chlorella*를 공급한 rotifer 배양수조의 경우, 전체 배양수중 하루에 50%만 환수하여도 연속적인 rotifer 개체수 증가로 비교적 쉽게 rotifer 고밀도 배양 관리를 할 수 있었다 (Park et al., 1999c).

한편 본 연구에서 해수산 농축 *Chlorella*로 배양한 rotifer를 온수성 어류인 넙치 자어에 공급하였을 때 이들의 성장과 생존률은 Marine  $\alpha$ 로 배양한 rotifer와는 뚜렷한 차이는 없었지만 유지효모와 담수산 농축 *Chlorella*로 배양한 rotifer보다는 높았다. 이것은 넙치 자어의 정상적인 성장을 위해서는 n-3 HUFA의 함량이 높은 해산 농축 *Chlorella*로 배양한 rotifer가 고밀도 배양의 먹이로서 효과적이라고 할 수 있다. 그러나 냉수성 어종인 참가자미를 대상으로 해수산 농축 *Chlorella*로 배양한 rotifer를 공급하였을 경우 이들의 먹이효율은 매우 낮게 나타났다 (Kang et al., 1999). 이것은 냉수성 어류 자어가 n-3 HUFA 요구량보다는 n-3 HUFA 중 EPA보다 DHA의 요구량이 높기 때문에 (Watanabe, 1993; Olsen, 1997), DHA 함량이 매우 낮은 해수산 농축 *Chlorella*로 배양된 rotifer를 냉수성 어류 자어의 먹이로 공급할 때에는 효율적인 먹이가 되지 못할 것으로 판단된다. 따라서 앞으로 냉수성 어류 자어 사육을 위해서 rotifer 고밀도 배양을 이용할 경우 rotifer 배양이 안정적이면 DHA 함량을 높을 수 있는 먹이 개발이 고려되어야 할 것으로 판단된다.

이상의 실험결과를 종합하여 볼 때 경제적이고 안정적인 rotifer 고밀도 배양 방법으로 해수산 농축 *Chlorella*를 먹이로 이용하는 것이 담수산 농축 *Chlorella*를 이용하여 Marine  $\alpha$ 를 첨가하여 n-3 HUFA의 함량을 증가시키는 고밀도 배양 방법보다 rotifer의 양적 및 질적 생산관리를 매우 효율적으로 할 수 있으며, 넙치 자어

에게 공급하여도 높은 성장과 생존률을 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

## 요 약

본 연구는 먹이종류에 따라 고밀도로 배양한 rotifer를 넙치 자어에게 공급하였을 때 이들의 먹이효율을 조사하였다. Rotifer 고밀도 배양의 실험구 먹이는 18 시간 동안 담수산 *Chlorella*를 공급한 후 6시간 유지효모 및 Marine  $\alpha$ 를 공급한 것과 24 시간 동안 담수산 농축 *Chlorella* 및 해수산 농축 *Chlorella*를 공급한 것으로 하였다. 배양수조는 2 l를 이용하였고 수온 28°C를 유지하였다.

Marine  $\alpha$ 와 해수산 농축 *Chlorella*를 공급한 실험구의 n-3 HUFA 함량이 유지효모와 담수산 농축 *Chlorella*를 공급한 실험구보다 높게 나타났다. 따라서 Marine  $\alpha$ 와 해수산 농축 *Chlorella*를 공급한 실험구가 유지효모와 담수산 농축 *Chlorella*를 공급한 실험구보다 넙치 자어의 성장과 생존률이 높게 나타났다. 또한 Marine  $\alpha$ 로 배양된 rotifer를 섭취한 넙치 자어 자체의 지방산 중 n-3 HUFA 비율이 다른 먹이보다 높게 나타났지만 안정적 배양이 이루어지지 않았다. 따라서 본 실험을 통해서 rotifer 고밀도 배양 시 안정적인 rotifer 성장과 rotifer의 질적 개선을 위해서는 24시간 해수산 농축 *Chlorella*를 공급하는 것이 효율적이며 이들을 넙치 자어에게 공급하였을 때 가장 적절한 먹이일 것으로 판단된다.

## 사 사

본 연구는 부경대학교 해양산업개발연구센터를 통한 한국과학재단 우수연구센터 99년도 지원금 (97K3-1506-01-01-3)에 의한 것이다.

## 참 고 문 헌

- Duncan, D.B. 1955. Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics*, 11, 1~42.
- Fernandez-Reiriz, M.J., U. Labarta and M.J. Ferreira. 1993. Effects of commercial enrichment diets on the nutritional value of the rotifer (*Brachionus plicatilis*). *Aquaculture*, 112, 195~206.
- Folch, J., M. Lees and G.H.S. Stanley, 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226, 497~509.
- Kang, S.J., Y.S. Lim, S.U. Park, W.J. Lee, B.D. Cho, H.G. Park, Y.S. Park and H.Y. Oh, 1999. Availability of marine bacteria (*Erythrobacter* sp. S $\pi$ -1) for enrichment of livefood in the slime flounder larvae, *Microstomus achne*. *J. Korean Fish. Soc.* (in press)
- Lee, S.M. 1997. Effects of dietary lipid source and water temperature on nutrient digestibilities in juvenile and adult Korean rockfish (*Sebastes schlegelii*). *Kor. J. Anim. Nutr. Feed.*, 21, 381~390.
- Maruyama, I., H. Kanamaru, N. Nakamura, Y. Ando and K. Hirayama. 1990. Effect of vitamin B<sub>12</sub>-enriched *Chlorella* as a food for mass production of the rotifer, *Brachionus plicatilis*. *Suisan Zoshoku*, 38 (3), 227~231.

- Okauchi, M. 1991. The status of phytoplankton production in Japan. In *Proceeding from rotifer and microalgae culture systems*, Fu-lks, W and K.L. Main eds. Honolulu, Hawaii. pp. 247~256.
- Olsen, Y. 1997. Larval-rearing technology of marine species in Norway. *Hydrobiologia*, 358, 27~36.
- Park, H.G., S.K. Kim, K.Y. Park and Y.J. Park. 1999a. High density cultivation of rotifer, *Brachionus rotundiformis* in the different diets. *J. Korean Fish. Soc.*, 32 (2), 280~283.
- Park, H.G., K.W. Lee and S.K. Kim. 1999b. Growth of rotifer by air, oxygen gas-supplied and the pH-adjusted and productivity of the high density culture. *J. Korean Fish. Soc.*, (in press)
- Park, H.G., K.W. Lee, S.M. Lee, S.K. Kim and H.S. Kim. 1999c. Change of fatty acid composition of rotifer according to enrichments and methods in the high density culture. *J. Korean Fish. Soc.*, (in press)
- Rainuzzo, J.R., Y. Olsen and G. Rosenlund. 1989. The effect of enrichment diets on the fatty acid composition of the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Aquaculture*, 79, 157~161.
- Rainuzzo, J.R., K.I. Retain and Y. Olsen. 1997. The significance of lipids at early stages of marine fish: a review. *Aquaculture*, 155, 103~115.
- SPSS Inc. 1997. SPSS Base 7.5 for Window, SPSS Inc., 444N. Michigan Avenue, Chicago, IL, 60611.
- Watanabe, T. 1993. Importance of docosahexaenoic acid in marine larval fish. *J. World Aquacul. Soc.*, 24 (2), 152~161.
- Yoshimatsu, T., H. Imoto, M. Hayashi, K. Toda and K. Yoshimura. 1997. Preliminary results in improving essential fatty acids enrichment of rotifer cultured in high density. *Hydrobiologia*, 358, 153~157.
- Yoshimura, K., C. Kitajima, Y. Miyamoto and G. Kishimoto. 1994. Factors inhibiting growth of the rotifer *Brachionus plicatilis* in high density cultivation by feeding condensed *Chlorella*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 60 (2), 207~213.
- Yoshimura, K., K. Usuki, T. Yoshimatsu, K. Tanaka, A. Ishizaki and H. Kamimura. 1998. Changes in the concentrations of ammonia and particulate organic matter and rotifer biomass in high density semi-continuous culture. *Suisan Zoshoku*, 46 (2), 183~192.
- Yoshimura, K., T. Iwata, K. Tanaka, C. Kitajima and F. Ishizaki. 1995. A high density cultivation of rotifer in an acidified medium for reducing undissociated ammonia. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 61 (4), 602~607.

1999년 10월 16일 접수

2000년 3월 3일 수리