

은어 자어 (*Plecoglossus altivelis*) 사육에 있어서 담수산 rotifer (*Brachionus calyciflorus*)의 먹이효과

이균우* · 박흥기 · 이상민 · 한현섭¹ · 임영수²

강릉대학교 해양생명공학부, ¹국립수산물과학원 서해수산연구소, ²국립수산물과학원 울진 수산종묘시험장

Food Value of Freshwater Rotifer (*Brachionus calyciflorus*) for Culture of Sweetfish (*Plecoglossus altivelis*) Larvae

Kyun Woo LEE*, Heum Gi PARK, Sang-Min LEE, Hyon-Sob HAN¹ and Young Soo LIM²

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

¹West-Sea Fisheries Research Institute, Incheon 400-420, Korea

²Uljin Marine Hatchery, National Fisheries Research & Development Institute, Uljin 767-860, Korea

This study investigated the possibility of salinity acclimation of freshwater rotifers (*Brachionus calyciflorus*) as live food for sweetfish (*Plecoglossus altivelis*) larvae, and also examined the optimal salinity for the growth of sweetfish. Freshwater rotifers cultured in 0 and 4 PSU and seawater rotifers (*B. rotundiformis*) cultured in 33 PSU were supplied to the larvae with four kinds of enrichment material (condensed freshwater *Chlorella*, ω -yeast, baker's yeast, Super Selco) and larval growth at 4 PSU was examined. Growth of the freshwater rotifers positively increased from 0 PSU to 6 PSU, but decreased when over 8 PSU was reached. Growth and survival of the sweet fish larvae reared in 0 PSU were significantly lower than those reared in either 4 PSU or 33 PSU. This indicated that the freshwater rotifers (*B. calyciflorus*) could be used as live food for sweetfish larvae reared in 4 PSU. The body weight of sweetfish larvae fed on freshwater rotifers enriched with Super Selco was the highest at 0.163 mg, but there was no significant difference in survival and body length of the fish fed with the other enrichment materials. The content of n-3 HUFA of the sweetfish larvae fed on the freshwater rotifers enriched with Super Selco and the condensed freshwater *Chlorella* was higher than that enriched with ω -yeast and baker's yeast. These results indicated that *B. calyciflorus* cultured with the condensed freshwater *Chlorella* could be used for the sweetfish larvae without enrichment, and the most efficient enrichment material for *B. calyciflorus* is Super Selco.

Key words: *Plecoglossus altivelis*, *Brachionus calyciflorus*, Food value, Enrichment

서 론

은어 (*Plecoglossus altivelis*)는 우리나라를 비롯하여 일본, 대만, 중국, 만주의 일부에만 분포하고 우리나라에서는 두만강과 한강을 제외한 모든 하천 및 하구부근에 분포하는 1년생 어류이다 (Chyung, 1977). 그러나 최근 공업화 및 도시하수에 따른 하천 수질의 오염과 댐의 축조에 의한 하천 차단 등으로 인하여 자원은 급격히 감소하고 있는 반면 수요는 크게 증가하고 있어, 인공 종묘 생산의 필요성이 증대되고 있다 (Park et al., 1993).

산란시기에 큰 하천이나 강의 중류까지 거슬러 올라와 산란하는 은어는 생태적인 특성으로 인하여 인공 종묘 생산 시 담수에서 부화시키고 수일간에 걸쳐 해수에 순치시켜 종묘를 생산한다 (Jeon et al., 1999). 이러한 특성으로 인하여 은어 자어의 초기 먹이생물로 해수산 rotifer (*Brachionus plicatilis*)가 주로 이용되고 있다 (Kanazawa et al., 1982; Watanabe et al., 1983; Kim and Hur, 1994). 현재 국내의 은어 양식장 중

내륙지역에 분포하는 양식장은 약 39%로 높은 비율을 차지하고 있으며 (KNSO, 2000), 이러한 내륙지역에서의 은어 종묘생산 시, 해수산 rotifer의 배양수 염분 조절을 위한 다량의 해수공급이 요구되기 때문에 많은 불편함과 종묘생산의 경비를 높게 하는 원인이 될 수 있다. 한편, 담수산 rotifer (*B. calyciflorus*)는 dwarf gourami, brown discus (Lim and Wong, 1997), gudgeon, perch (Awaiss et al., 1996), African catfish (Awaiss, 1998) 및 *Tilapia zillii* (Ik et al., 1999) 등의 담수산 관상어나 식용어의 초기먹이로 많이 사용되고 있으며, 이러한 *B. calyciflorus*를 5-25 PSU의 넓은 염분범위에서 잘 성장하는 은어 (Jeon et al., 1999)의 먹이로 사용하면 rotifer의 배양에 필요한 해수 사용을 줄일 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 *B. calyciflorus*를 은어 자어의 초기먹이로 사용하기 위해서는 *B. calyciflorus*의 생존이 가능한 염분 구멍이 요구된다.

대부분의 해수산 어류는 정상적인 성장과 발달을 위해 필수 지방산으로 EPA (eicosapentaenoic acid, 20:5n-3)와 DHA (docosahexaenoic acid, 22:6n-3) 같은 n-3 HUFA (highly unsaturated fatty acids)를 요구하며 해산어 종묘의 성공적인

*Corresponding author: kyunu92@hotmail.com

생산을 위해서는 이들 지방산을 충분히 공급하는 것이 중요하다 (Sargent et al., 1999). 그러나 담수어류인 무지개 송어와 연어과 어류는 그들의 성장과 생존을 위해 필수지방산으로 linolenic acid (18:3n-3)를 요구하며, 잉어, 뱀장어 및 연어 (chum salmon)는 효율적인 성장을 위해 linolenic acid 뿐만 아니라 linoleic acid (18:2n-6)도 요구하는 것으로 알려져 있다 (Watanabe et al., 1983; İşik et al., 1999). 그러나 광염성 어종인 milkfish의 경우, 담수에서 사육된 것보다 기수나 해수에서 사육된 것이 더 많은 n-3계열의 고도 불포화지방산을 요구하는 것으로 알려져 있으며 (Bautista et al., 1991; Borlongan et al., 1992), 이러한 사육수의 염분변화는 어류의 지방산조성, 특히 고도불포화지방산 함량에 영향을 미칠 수 있다 (Borlongan et al., 1992). 따라서 *B. calyciflorus*를 먹이로 사용하기 위한 저염분에서 은어 자어 사육 시, 은어 자어에게 공급할 rotifer의 효율적인 영양강화제 선택은 중요한 문제이다.

본 연구는 담수산 rotifer (*B. calyciflorus*)를 은어 자어에 대한 초기먹이로 사용하기 위해 먼저 *B. calyciflorus*의 염분 적응 정도를 조사하였고 *B. calyciflorus*가 성장 가능한 염분에서 은어자어의 성장을 해수와 비교 조사하였으며 동시에 은어 자어의 성장에 있어 가장 효율적인 *B. calyciflorus*의 영양강화제를 조사하였다.

재료 및 방법

염분에 따른 *B. calyciflorus*의 성장

*B. calyciflorus*는 250 mL 삼각플라스크 (배양용량 200 mL)에 최초 30 개체/mL 내외로 접종하여 incubator에서 28°C로 배양하였다. 먹이는 담수산 농축 *Chlorella* (Daesang Co. Ltd.)로 하루 1,000 개체 당 건조 중량 1.3420 mg을 공급하였다. Rotifer의 밀도 측정은 입체 현미경하에서 3회 계수하였고 1일 1회 측정하였다. 최초 0 PSU에 배양한 담수 rotifer를 염분 0, 2, 4, 6, 8 PSU에서 실험한 후, 4 PSU에 순치된 rotifer를 다시 염분 2, 4, 6, 8 PSU로 실험하였다. 또한 세 번째 실험에서 6 PSU에 순치된 rotifer를 염분 2, 4, 6, 8 PSU에서 *B. calyciflorus*의 성장을 조사하였다. 모든 실험구는 3반복으로 하였으며 실험은 rotifer의 개체수가 감소할 때까지 실시하였다. Rotifer의 일간 성장률 (Specific growth rate, r)은 Rico-Martinez and Dodson (1992)의 식에 의해 계산되었다 [$r = (1/T) \ln(N_T/N_0)$ (T =접종 이후 rotifer가 최고밀도에 도달하기까지의 배양일수; N_T = T days의 rotifer 최고밀도; N_0 = rotifer 접종밀도)].

은어의 부화 및 자어사육

본 실험에 사용된 은어는 경상북도 영덕군 소재 오십천에서 채집된 어미에서 난을 취하여 건식법으로 수정시킨 뒤 유리판 (20×10×3 mm) 1개 당 약 2,000여개의 난을 부착시킨 후, 40 L수조에 유리판을 각각 2개씩 넣어 주었다. 은어는 수정 후 12일째 평균 60%의 난이 부화하였고 초기 부화 자어의 전장은 6.7±0.063 mm이었다. 난이 부화한 다음날부터 rotifer를 2 개체/mL 공급하였고 자어의 난황이 흡수된 후부터는 10 개체

/mL를 공급하였다. 자어가 부화한 날부터 9일 간 실험한 후 실험어의 전장과 전중, 생존률을 조사하였다. 사육수온은 자연수온으로 13.5-16.5°C의 범위로 유지되었다.

염분에 따른 은어자어의 성장

은어 자어의 최적 염분별 성장을 조사하기 위해서 0 PSU, 4 PSU, 33 PSU로 나누어 실시하였으며 이때, rotifer 영양강화제로 Super Selco (Inve Inc.)를 사용하였다. Rotifer의 영양강화는 28°C에서 12시간 동안 실시하였고 영양강화제량은 rotifer 1,000 개체 당 건조 중량으로 0.3921 mg을 공급하였다. 또한 대조구인 33 PSU 염분구에서는 담수산 rotifer가 아닌 해수산 rotifer (*B. rotundiformis*)를 먹이로 공급하였다. 실험은 3 반복으로 하였으며 4 PSU와 33 PSU 실험구는 은어 자어의 부화 후 해수를 공급하면서 서서히 염분을 조정하였다.

영양강화제에 따른 은어자어의 성장

담수산 rotifer의 성장이 가능한 4 PSU에서 영양강화제 종류에 따른 은어자어의 성장을 조사하였다. 영양강화 이전 rotifer는 담수산 농축 *Chlorella*로 배양하였고 영양강화제로는 ω -yeast, baker's yeast, Super Selco로 구분하여 3 반복으로 실험하였다. Rotifer의 영양강화는 28°C에서 12시간 동안 실시하였고 영양강화제량은 rotifer 1,000 개체 당 건조 중량으로 0.3921 mg을 공급하였다.

지방산 분석

실험 종료 후, 실험어와 12시간 동안 영양강화된 rotifer의 지방산 분석을 위해 시료를 담수로 깨끗이 세척한 후 -75°C에서 보관한 다음, 냉동된 시료를 진공 동결 건조시켜 Folch et al. (1957)의 방법에 따라 지질을 추출하여 Lee (1997)의 방법으로 14% BF₃-methanol (Sigma, USA)로 지방산을 methylation 시킨 후, capillary column (HP-INNOWax, 30 m×0.32 mm×0.5 μm, USA)이 장착된 gas chromatography (Shimadzu, GC-17A, Japan)로 지방산을 분석하였다. 표준 지방산으로 12:0, 13:0, 14:0, 14:1, 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.

통계처리

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. 10.0)으로 검정하였다.

결 과

염분에 따른 *B. calyciflorus*의 성장

염분에 따른 담수산 rotifer (*B. calyciflorus*)의 성장률을 Table 1에 나타내었다. 최초 0 PSU에 배양한 담수산 rotifer를 염분 0, 2, 4, 6, 8 PSU에서 배양하였을 때 염분 4 PSU 실험구에서 rotifer의 성장률이 가장 높게 나타났으나 2 PSU 실험구와 차이를 보이지 않았고($P>0.05$) 6, 8 PSU 실험구는 성장하지 못하고 모두 폐사하였다. 염분 4 PSU에서 순치된 rotifer를 다시 염분 2, 4, 6, 8 PSU에서 배양하였을 때, rotifer 성장률은 2 PSU, 4 PSU, 6 PSU 순으로 2 PSU 실험구가 가장 높게 나타났고 ($P<0.05$) 8 PSU에서는 성장하지 못하고 모두 폐사하였다. 또한 염분 6 PSU에 순치된 rotifer를 염분 2, 4, 6, 8 PSU에서 배양하였을 때 성장률은 2, 4, 6 PSU 실험구가 유의적인 차이를 보이지 않았고 ($P>0.05$) 8 PSU에서는 성장하지 못하고 모두 폐사하였다.

Table 1. Specific growth rate of freshwater rotifer (*Brachionus calyciflorus*) in the different salinities¹

Salinities (PSU)	Acclimation salinities (PSU)		
	0	4	6
0	0.7352±0.0009 ^a		
2	0.8222±0.0783 ^{ab}	0.9068±0.0002 ^c	0.8961±0.0013 ^a
4	0.9049±0.0006 ^b	0.8940±0.0004 ^b	0.9781±0.0014 ^a
6	²	0.8616±0.0003 ^a	1.0175±0.1265 ^a
8		-	-

¹Values (mean±SE of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ($P<0.05$).

²minus growth.

염분에 따른 은어자어의 성장

담수산 rotifer의 영양강화제로 Super Selco를 사용하여 은어에게 공급하였을 때 각 염분에 따른 은어의 성장 및 지방산 조성을 Table 2, 3에 나타내었다. 자어의 전장은 33 PSU 실험구에서 7.41 mm로 가장 크게 나타났지만 4 PSU 실험구와 차이를 보이지 않았다 ($P>0.05$). 전중은 33 PSU 실험구가 0.213 mg으로 가장 높게 나타났으며 ($P<0.05$), 9일간의 생존률은 4 PSU 실험구와 33 PSU 실험구 각각 17%와 16.9%로 차이를

Table 2. Growth and survival of sweetfish (*Plecoglossus altivelis*) larvae, fed on the freshwater rotifer (*Brachionus calyciflorus*) enriched with Super Selco in the different salinities¹

Salinities (PSU)	Body length (mm)	Body weight (mg)	Survival (%)
0	7.05±0.0158 ^a	0.050±0.0058 ^a	2.6±0.7198 ^a
4	7.34±0.1488 ^{ab}	0.163±0.0088 ^b	17.0±2.0931 ^b
33	7.41±0.0176 ^b	0.213±0.0067 ^c	16.9±1.1414 ^b

¹Values (mean±SE of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ($P<0.05$).

Table 3. Fatty acids composition (% of total fatty acids) of sweetfish (*Plecoglossus altivelis*) larvae fed on *Brachionus calyciflorus* and *Brachionus rotundiformis* enriched with Super Selco in the different salinities

Fatty acids	Salinities		
	<i>B. calyciflorus</i>		<i>B. rotundiformis</i>
	0 PSU	4 PSU	33 PSU
14:0	1.0	0.7	0.8
16:0	20.2	23.2	21.4
16:1	0.1	0.1	0.1
18:0	7.1	8.4	8.3
18:1n-9	11.0	13.0	12.2
18:2n-6	1.2	1.2	2.9
18:3n-3	0.9	0.9	0.7
20:1n	0.2	0.1	0.1
20:4n-6	3.4	4.2	3.5
20:5n-3	5.8	6.7	5.9
22:2n-6	0.2	.. ¹	0.1
22:3n-3	0.3	0.4	0.3
22:5n-3	3.1	3.7	2.8
22:6n-3	20.6	25.5	20.9
Others	25.1	11.9	20.1
n-3 HUFA ²	29.7	36.3	29.9

¹trace amount (≤ 0.05).

²HUFA, highly unsaturated fatty acid ($C \geq 20$).

보이지 않았고 ($P>0.05$) 0 PSU 실험구가 2.6%로 가장 낮게 나타났다 ($P<0.05$). 은어 자어의 n-3 HUFA 함량은 0 PSU, 4 PSU, 33 PSU 실험구에서 각각 29.7%, 36.3%, 29.9%로 4 PSU 실험구가 가장 높게 나타났고 0 PSU와 33 PSU 실험구가 비슷하게 낮은 경향을 보였다.

영양강화제에 따른 은어자어의 성장

각 영양강화제로 영양강화된 담수산 rotifer로 염분 4 PSU에서 실험한 은어 자어의 성장과 rotifer 및 은어 자어의 지방산 조성을 Table 4, 5, 6에 나타내었다. 은어 자어의 영양강화제에 따른 전장은 유의차가 없었으나 ($P>0.05$) 전중은 Super Selco 실험구가 0.163 mg으로 다른 실험구에 비해 높게 나타났다 ($P<0.05$). 은어 자어의 9일간 생존률은 *Chlorella* 실험구가 22.8%로 가장 높게 나타났으나 나머지 실험구와 유의적인 차이를 보이지 않았다 ($P>0.05$). 각 영양강화제로 영양강화된 담수산 rotifer의 n-3 HUFA 함량은 Super Selco로 영양강화한 실험구가 21.8%로 가장 높은 경향을 보였고 다음으로 유지효모가 12.6%로 나타났다. 그러나 담수산 농축 *Chlorella*와 빵효모는 각각 1.3과 1.2%로 Super Selco와 유지효모에 비해 낮은 함량을 보였다. 또한 rotifer의 linoleic acid 함량은 26-49%로 모든 실험구가 비교적 높게 나타났으며 linolenic acid의 함량은 담수산 농축 *Chlorella* 실험구가 27%로 가장 높게 나타났다. 한편 은어 자어의 n-3 HUFA 함량은 Super Selco 실험구와 담수산 농축 *Chlorella* 실험구 각각 36.3%와 35.8%로 나타났고 빵효모 실험구는 25.1%로 Super Selco와 담수산 농축 *Chlorella*

Table 4. Growth and survival of sweetfish (*Plecoglossus altivelis*) larvae fed on the freshwater rotifer enriched with the different materials in 4 PSU¹

Diets	Body length (mm)	Body weight (mg)	Survival (%)
Freshwater <i>Chlorella</i>	7.35±0.0394 ^a	0.083±0.0088 ^a	22.8±1.5227 ^a
ω-yeast	7.30±0.0395 ^a	0.090±0.0058 ^a	14.5±5.0937 ^a
Baker's yeast	7.16±0.1093 ^a	0.087±0.0067 ^a	15.7±1.0591 ^a
Super selco	7.34±0.1488 ^a	0.163±0.0088 ^b	17.0±2.0931 ^a

¹Values (mean±SE of three replications) in the same column not sharing a column superscript are significantly different (P<0.05).

Table 5. Fatty acids composition (% of total fatty acids) of freshwater rotifer (*Brachionus calyciflorus*) enriched with the different materials

Fatty acids	Enrichment materials			
	Freshwater <i>Chlorella</i>	ω-yeast	Baker's yeast	Super Selco
14:0	1.7	3.1	1.5	3.2
16:0	– ¹	18.7	12.5	19.5
16:1	0.9	5.5	15.2	3.6
18:0	5.5	4.0	4.9	4.0
18:1	3.4	13.3	23.1	13.4
18:2n-6	48.8	30.5	34.2	26.1
18:3n-3	26.8	2.1	–	1.4
20:1	2.3	3.4	2.5	–
20:2n-6	–	4.0	2.4	3.3
20:4n-6	1.1	1.0	0.8	1.7
20:5n-3	0.9	5.1	0.4	9.3
22:5n-3	–	0.6	0.4	1.5
22:6n-3	0.4	6.8	0.3	11.1
Others	8.2	1.9	1.8	1.9
n-3 HUFA ²	1.3	12.6	1.2	21.8

¹trace amount (≤0.05). ²HUFA, highly unsaturated fatty acid (C≥20).

Table 6. Fatty acids composition (% of total fatty acids) of sweetfish (*Plecoglossus altivelis*) larvae fed on *Brachionus calyciflorus* enriched with the different materials in 4 PSU

Fatty acids	Enrichment materials				
	Initial larvae	Freshwater <i>Chlorella</i>	Baker's yeast	ω-yeast	Super Selco
14:0	1.4	0.6	0.6	0.6	0.7
16:0	22.2	23.1	21.5	23.2	23.2
16:1	0.3	– ¹	–	–	0.1
18:0	5.7	9.4	8.4	8.9	8.4
18:1n-9	10.7	13.2	12.3	12.7	13.0
18:2n-6	1.8	1.8	1.2	0.9	1.2
18:3n-3	3.2	0.8	0.7	0.7	0.9
20:1n	–	–	–	0.1	–
20:3n-3	0.2	–	–	–	–
20:4n-6	3.5	4.1	2.0	3.7	4.2
20:5n-3	6.2	6.3	6.2	5.6	6.7
22:2n-6	0.3	0.6	–	–	–
22:3n-3	0.4	0.4	0.1	0.2	0.4
22:5n-3	4.0	3.7	3.5	3.0	3.7
22:6n-3	22.5	25.4	15.3	21.0	25.5
Others	17.5	10.4	28.2	19.5	11.9
n-3 HUFA ²	33.4	35.8	25.1	29.7	36.3

¹trace amount (≤0.05). ²HUFA, highly unsaturated fatty acid (C≥20).

실험구에 비해 낮은 경향을 보였으며 DHA 함량도 Super Selco 실험구와 담수산 농축 *Chlorella* 실험구 각각 25.5%와 25.4%로 빵효모와 유지효모 실험구에 비해 높은 경향을 보였다.

고찰

본 실험에서 0 PSU에서 담수산 rotifer (*B. calyciflorus*)를 각 염분에서 배양한 결과 4 PSU까지만 성장을 보이고 6 PSU 이상에서는 성장하지 않았다. 또한 4 PSU와 6 PSU에서 순치한 다음 배양한 결과 6 PSU까지 담수산 rotifer의 성장은 가능하였고 8 PSU 이상에서는 성장하지 않았다. 이러한 결과는 Schlüter and Groeneweg (1981)가 보고한 담수산 rotifer (*B. rubens*)의 생존 가능한 최대 염분인 4 PSU보다 다소 높게 나타나 *B. calyciflorus*가 *B. rubens*보다 염분 내성이 다소 강한 것으로 판단된다. 또 0 PSU에서 배양한 *B. calyciflorus*가 6 PSU까지 성장이 가능하므로 4 PSU에서 은어 자어 사육 시 자어의 먹이로 담수산 rotifer의 사용이 가능한 것으로 나타났다. 따라서 현재까지 내륙에서 은어의 종묘생산 시 초기먹이로 주로 사용되고 있는 해수산 rotifer (*B. plicatilis*, *B. rotundiformis*)를 담수산 rotifer (*B. calyciflorus*)로 대체함으로써 해수산 rotifer의 배양에 사용되는 해수 사용의 배제에 따른 경제적 효과를 가져 올 것으로 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

본 실험에서 염분에 대한 담수산 rotifer의 적응성을 이용하여 각 염분에 따른 은어 자어의 성장과 생존률을 조사한 결과, 0 PSU에서의 성장과 생존률이 4 PSU와 33 PSU보다 유의적으로 낮게 나타났으므로 Kim and Hur (1994)와 Jeon et al. (1999)의 연구결과와 같이 은어 자어의 성장은 0 PSU에서 적합하지 않은 것으로 판단된다. 또한 Jeon et al. (1999)은 갯부화한 은어 자어의 사육은 완전 해수보다는 10 PSU 정도의 염분에서 사육이 적절한 것으로 보고하였으며 Oka (1980)는 4 PSU에서 은어 자어를 20일간 배양한 바 있다. 따라서 본 실험에서도 4 PSU와 33 PSU 실험구의 은어 자어의 전장과 생존률에 있어 유의적인 차이를 보이지 않아 담수산 rotifer를 먹이로 공급할 수 있는 4 PSU에서의 은어 자어 사육은 가능한 것으로 나타났다.

본 실험에서 4 PSU에서 은어 자어에게 담수산 rotifer를 먹이로 공급하였을 때, Super Selco로 영양강화된 rotifer를 먹인 은어 자어의 전중이 다른 실험구와 유의적인 차이를 보였기 때문에 은어 자어는 성장에 있어 n-3 HUFA를 요구하는 것으로 판단된다. 그러나 Oka (1980)는 담수산 식물플랑크톤인 *Scenedesmus* sp.로 이차 배양한 rotifer를 은어에게 공급했을 경우, 빵효모로 배양한 rotifer를 공급했을 때보다 성장과 생존률이 높았고 이것은 *Scenedesmus* sp.에 다량 함유되어 있는 지방산인 18:3n-3의 효과로 고찰하였으며, Kanazawa et al. (1982)은 은어 자어의 필수 지방산이 18:3n-3과 20:5n-3이고 18:3n-3을 EPA나 DHA로 전환할 수 있는 능력을 가졌다고 보고하였다. 또한 Watanabe et al. (1983)은 은어의 종묘생산

시 초기 자어의 먹이로 빵효모로 배양한 후 담수 *Chlorella*로 영양강화된 rotifer (*B. plicatilis*)를 사용하였는데 담수 *Chlorella*를 섭취한 rotifer는 n-3 HUFA의 함량은 낮지만 18:2n-6과 18:3n-3의 함량이 비교적 높은 것으로 보고하였다. 본 실험에서도 다른 실험구에 비해 담수 *Chlorella*로 배양한 rotifer가 18:3n-3의 함량이 26.8%로 높게 나타났는데(Table 5) 이러한 담수산 농축 *Chlorella*로 배양한 rotifer를 공급하였을 때 통계적인 차이는 보이지 않았지만 생존률이 22.8%로 다른 실험구에 비해 높은 경향을 보였을 뿐만 아니라 은어 자어의 지방산 조성에 있어 n-3 HUFA 함량이 35.8%로 Super Selco 실험구와 함께 다른 실험구에 비해 높은 경향을 보였다(Table 6). 따라서 Oka (1980)와 Kanazawa et al. (1982)의 연구결과로 미루어 볼 때 은어 자어는 담수산 농축 *Chlorella*에 비교적 높은 비율로 함유된 18:3n-3을 성장과 생존에 이용된 것으로 판단된다.

어류에 있어 DHA는 정상적인 신경발달과 기능에 중요하며 특히 자어의 망막발달과 시력에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있으며 (McEvoy et al., 1998), DHA로 영양강화된 먹이를 자어에게 공급하면 성공적인 변태와 색소침착 문제 감소 및 향상된 시야확보와 더불어 신경발달과 스트레스 저항성을 향상시키는 것으로 알려져 있다 (Watanabe, 1993). 이러한 DHA는 해산어종의 난 내에 풍부하며 자어가 발달하는 동안 급격하게 감소되기 때문에 (Watanabe, 1993) 갯 부화한 초기자어 내의 DHA 함량을 유지하는 것은 중요한 문제일 수 있다. 예를 들어, Copeman et al. (2002)의 연구에서 yellowtail flounder는 부화 4주 후 자어 내의 DHA 함량이 부화초기자어의 DHA 함량보다 높거나 비슷할수록 성장에 있어 더 좋은 결과를 보였다. 본 실험에서 은어의 부화초기자어의 DHA 함량 보다 높게 유지된 자어는 담수산 농축 *Chlorella* 실험구와 Super Selco 실험구였으며, 담수산 농축 *Chlorella* 실험구의 자어 생존률과 Super Selco 실험구의 자어 전중이 다른 실험구에 비해 비교적 높게 나타난 것으로 보아 DHA는 은어에 있어서도 성장에 중요한 영향을 미치는 것으로 판단된다. 그러나 염분에 따른 은어 자어의 성장에서 4 PSU에서 사육한 은어 자어의 DHA 함량이 다른 염분 실험구보다 다소 높은 경향을 보였지만 은어 자어의 성장에 있어 오히려 33 PSU 실험구가 전중에 있어 더 높은 성장을 보여 이에 대한 보충적 연구가 수행되어야 할 것으로 판단된다.

본 실험의 결과로 종합하여 볼 때, 담수산 rotifer (*Brachionus calyciflorus*)는 4 PSU에서 은어 자어의 사육 시 초기먹이로 사용이 가능한 것으로 나타났고, Super Selco로 담수산 rotifer를 영양강화한 후, 은어 자어에게 공급하는 것이 은어의 성장에 있어 가장 효율적일 것으로 판단된다. 그러나 담수산 농축 *Chlorella*로 배양한 rotifer를 영양강화하지 않고 직접 은어 자어에게 공급한 경우 높은 생존률을 보여 이에 대한 보충적 연구가 필요할 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 해양수산부에서 시행한 1998년도 수산특정연구 개발사업과제에 의해 수행된 연구결과이며 연구비를 지원해주신 해양수산부에 심심한 사의를 표합니다.

참 고 문 헌

- Awaïss, A., P. Kestemont and J.C. Micha. 1996. Fatty acid profiles of two freshwater fish larva (gudgeon and perch) reared with *Brachionus calyciflorus* Pallas (rotifer) and/or dry diet. *Aquacult. Res.*, 27, 651-658.
- Awaïss, A. 1998. Feeding sequences (rotifer and dry diet), survival, growth and biochemical composition of African catfish, *Clarias gariepinus* Burchell (Pisces: Clariidae), larvae. *Aquacult. Res.*, 29, 731-741.
- Bautista, M.N., M.J. Valle and F.M. Orejana, 1991. Lipid and fatty acid composition of brackishwater and freshwater reared milkfish (*Chanos chanos* Forskal). *Aquaculture*, 96, 241-248.
- Borlongan, I.G. and L.V. Benitez, 1992. Lipid and fatty acid composition of milkfish (*Chanos chanos* Forskal) grown in freshwater and seawater. *Aquaculture*, 104, 79-89.
- Chyung, M.K. 1977. The Fishes of Korea. Iljisa, pp. 133. (in Korean)
- Copeman, L.A., C.C. Parrish, J.A. Brown and M. Harel. 2002. Effects of docosahexaenoic, eicosapentaenoic, and arachidonic acids on the early growth, survival, lipid composition and pigmentation of yellowtail flounder (*Limanda ferruginea*): a live food enrichment experiment. *Aquaculture*, 210, 285-304.
- Duncan, D.B. 1955. Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics*, 11, 1-42.
- 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.
- Işik O., E. Sarihan, E. Kuşvuran, Ö. Gül and O. Erbatur. 1999. Comparison of the fatty acid composition of the freshwater fish larvae *Tilapia zillii*, the rotifer *Brachionus calyciflorus*, and the microalgae *Scenedesmus abundans*, *Monoraphidium minimum* and *Chlorella vulgaris* in the algae-rotifer-fish larvae food chains. *Aquaculture*, 174, 299-311.
- Jeon, M.J., K.H. Kang, Y.J. Chang and J.K. Lee. 1999. Effect of salinity on growth and osmoregulation of sweetfish, *Plecoglossus altivelis*. *J. Aquacult.*, 12 (2), 123-135. (in Korean)
- Kanazawa, A., S. Teshima and M. Sakamoto. 1982. Requirement of essential fatty acids for the larval ayu. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 48 (4), 587-590.
- Kim H.S. and S.B. Hur. 1994. Dietary value of live food for the seedling production of the sweetfish, *Plecoglossus altivelis*. *J. Aquacult.*, 7 (3), 135-150.
- KNSO (Korea national statistical office). 2000. 2000 Fisheries census report. Korea National Statistical Office, pp. 84-90.
- Lee, S.M. 1997. Effects of dietary lipid source and water temperature on nutrient digestibilities in juvenile and adult Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). *Kor. J. Anim. Nutr. Feed.*, 21, 381-390. (in Korean)
- Lim, L.C. and C.C. Wong. 1997. Use of the rotifer, *Brachionus calyciflorus* Pallas, in freshwater ornamental fish larviculture. *Hydrobiologia*, 358, 269-273.
- McEvoy, L.A., T. Naess, J.G. Bell and Ø. Lie. 1998. Lipid and fatty acid composition of normal and malpigmented Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) fed enriched Artemia: a comparison with fry fed wild copepods. *Aquaculture*, 163, 237-250.
- Oka, A. 1980. Dietary value of rotifer *Brachionus plicatilis* cultured with various kinds of media for Ayu larvae. *Suisanzoshoku*, 27 (4), 202-208. (in Japanese)
- Park, S.U., S.J. Son and J.P. Hong. 1993. Studies on the technology development for seed production of sweet fish, *Plecoglossus altivelis*. *Bull. Natl. Fish. Res. Dev. Inst. Korea*, 101, 48-53. (in Korean)
- Rico-Martinez, R. and S.I. Dodson. 1992. Culture of the rotifer, *Brachionus calyciflorus* Pallas. *Aquaculture*, 105, 191-199.
- Sargent, J., L. McEvoy, A. Estevez, G. Bell, M. Bell, J. Henderson and D. Tocher. 1999. Lipid nutrition of marine fish during early development: current status and future directions. *Aquaculture*, 179, 217-229.
- Schlüter, M. and J. Groeneweg. 1981. Mass production of freshwater rotifers on liquid wastes. I. The influence of some environmental factors on population growth of *Brachionus rubens* Ehrenberg 1838. *Aquaculture*, 25, 17-25.
- SPSS Inc. 1997. SPSS Base 7.5 for Window, SPSS Inc., 444N. Michigan Avenue, Chicago, IL, 60611.
- Watanabe T., C. Kitajima and S. Fujita. 1983. Nutritional values of live organisms used in Japan for mass propagation of fish: A review. *Aquaculture*, 34, 115-143.
- Watanabe T. 1993. Importance of docosahexaenoic acid in marine larval fish. *J. World Aquacult. Soc.*, 24, 152-161.

2003년 11월 28일 접수
2004년 1월 17일 수리