

## 온도와 염분이 Rotifer *Brachionus plicatilis*와 *B. rotundiformis*의 성장과 크기에 미치는 영향

윤주연 · 허성범\*

부경대학교 해양바이오신소재학과/한국해양미세조류은행

## Influence of Temperature and Salinity on the Growth and Size of the Rotifer *Brachionus plicatilis* and *B. rotundiformis*

Joo-Yeon Youn and Sung Bum Hur\*

Korea Marine Microalgae Culture Center/Department of Marine Bio-materials and Aquaculture,  
Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

Rotifers of the genus *Brachionus* are commonly used as a live food for larval fish, and rotifers of different sizes are preferred according to the mouth size of the fish. Rotifer species vary in size, and individual size can depend on the temperature and salinity of the rearing environment. We investigated the effects of temperature and salinity for two species, *B. plicatilis* (250-300  $\mu\text{m}$ ) and *B. rotundiformis* (100-220  $\mu\text{m}$ ). Two strains of *B. plicatilis* (CCUMP 36 and 48) and two strains of *B. rotundiformis* (CCUMP 51 and 56) were received from the Culture Collection of Useful Marine Plankton (CCUMP) at Pukyong National University and cultured with the green alga, *Nannochloris oculata* (KMMCC 16) from the Korea Marine Microalgal Culture Center (KMMCC). The growth and size of rotifers were examined at three water temperatures (16°C, 24°C, 32°C) and four salinities (20 psu, 25 psu, 30 psu, 35 psu) under continuous light (40  $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ). The maximum density and growth rate of *B. rotundiformis* were greater than those of *B. plicatilis*. The lorica length of *B. plicatilis* ranged from 215.4 to 269.7  $\mu\text{m}$  and from 154.9 to 206.6  $\mu\text{m}$  for *B. rotundiformis*, depending on strain, temperature and salinity. Rotifers were smaller when cultured at high temperatures, regardless of salinity. *B. rotundiformis* preferred higher salinity than *B. plicatilis*. The results demonstrated that the size of rotifers could be controlled to some extent by temperature and salinity.

Key words: Rotifer, Growth, Salinity, Size, Temperature

### 서 론

Rotifer *Brachionus plicatilis*와 *B. rotundiformis*는 광염성으로 고밀도 배양이 수월하고, 크기가 작고 움직임이 느리며 영양가가 높고 영양강화가 가능하여 어류와 갑각류의 종묘 생산 초기 먹이생물로 가장 널리 이용되고 있다(Hirayama and Kusano, 1972, Lubzen, 1987, Yukino et al., 2004, Hayashi et al., 2007). 특히 입의 크기가 작은 능성어(*Epinephelus septemfasciatus*)와 같은 자어의 경우 대형의 rotifer를 섭취할 수 없으므로 rotifer의 크기는 어류종묘생산에서 매우 중요한 요인이 된다(Lubzen et al., 1985, Hur and Park, 1996, Tomoda et al., 2011).

*B. plicatilis*는 250-300  $\mu\text{m}$ 의 large-type이고 *B. rotundiformis*는 160-220  $\mu\text{m}$ 의 small-type 및 100-140  $\mu\text{m}$ 의 ultra small-type으로 구분하나 strain에 따라서 크기, 최적성장 환경요인, 영양가, 번식 생태 등의 차이가 있다(Minkoff et al., 1983,

Yoseda et al., 2003). 또 rotifer 배양시의 환경요인(Lubzens and Minkoff, 1988, Stelzer, 2002)과 먹이의 영양(Snell et al., 1983, Park and Hur, 1996a, Yoshimatsu et al., 2006)은 rotifer의 크기에 영향을 준다. 따라서 어류 자어의 입 크기에 적합한 다양한 크기의 rotifer strain이 요구된다.

본 연구에서는 염기서열이 상이한 *B. plicatilis*와 *B. rotundiformis*의 4 strains을 대상으로 온도와 염분의 변화에 따른 rotifer의 성장과 크기의 변화를 조사하여 어류 종묘생산에 필요한 다양한 크기의 rotifer strain 개발을 위한 기초자료를 파악하고자 하였다.

### 재료 및 방법

#### Rotifer의 배양

본 실험에 사용된 rotifer *B. plicatilis*와 *B. rotundiformis*는 부경대학교 해양바이오신소재학과 유용플랑크톤자원 기탁 등록보존기관(Culture Collection of Useful Marine Plankton,

\*Corresponding author: hurs@pknu.ac.kr

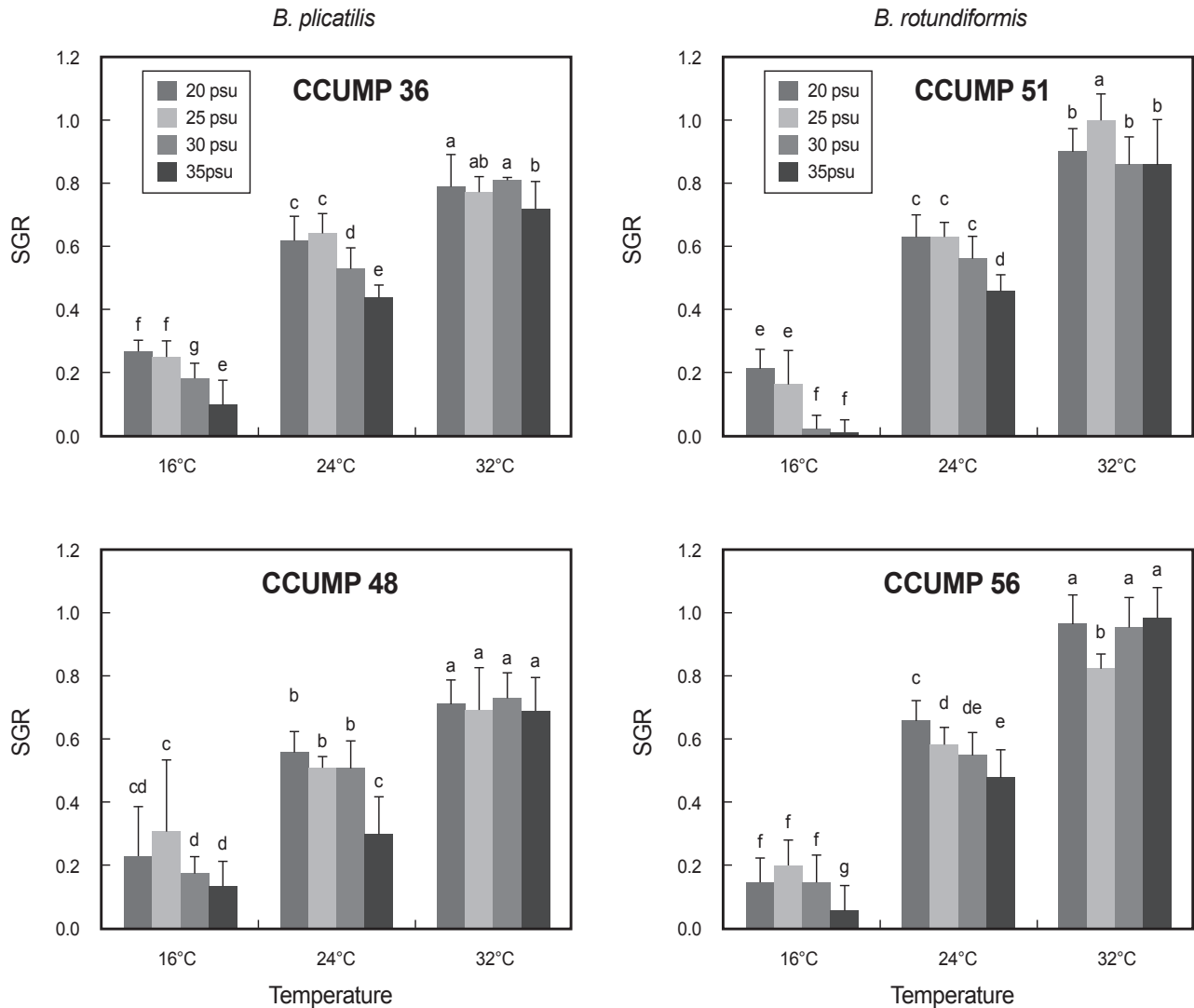


Figure 1. Specific growth rate (SGR) of *Brachionus plicatilis* and *B. rotundiformis* at different temperatures and salinities. The different letter on the bar means a significant difference at the  $P < 0.05$  level.

CCUMP)에서 보관중인 염기서열이 다른 *B. plicatilis* (CCUMP 36, 48)와 *B. rotundiformis* (CCUMP 51, 56)을 분양 받아 실험에 사용하였다(Table 1).

Rotifer는 한국해양미세조류은행(Korea Marine Microalgae Culture Center, KMMCC)에서 분양 받은 *Nannochloris oculata* (KMMCC 16)를 f/2 배지 (Guillard and Ryther, 1962), 24°C, 20 psu 및  $50 \text{ mol } \mu \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  연속조명하에서 배양하고 원심분리기(3000 rpm, 25 min)로 세포만을 농축하여 1일 rotifer 1개체당  $2 \times 10^5$  세포를 기준으로 충분한 먹이 양이 되도록 공급하였다.

#### 온도와 염분별 rotifer 성장과 크기

배양온도와 염분에 따른 rotifer의 성장과 크기 변화를 알아

보기 위해서 온도는 16°C, 24°C, 32°C로, 염분은 자연 여과해수와 증류수를 이용하여 20 psu, 25 psu, 30 psu, 35 psu로 구분하였다.

알을 달고 있지 않은 amictic female 1 개체를 취해 3 mL multi-culture plate (배양수 2 mL)에서 각 온도와 염분 별로 20일간 배양하였고 *N. oculata*를 앞에서와 같은 농도로 충분히 매일 공급하였다.

Multi-culture plate에서 배양된 rotifer는 2일 간격으로 14일간 개체수의 변화를 조사하여 최고밀도(개체수/mL)와 성장률(specific growth rate, SGR,  $\text{SGR} = 3.322(\log(N_T/N_0))/T$ , T=접종 이후 rotifer가 최고밀도에 도달하기까지의 배양일수;  $N_T$ =T day의 rotifer 최고밀도;  $N_0$ =최초 rotifer 접종밀도)을 조사하였다. 실험은 8회 반복하였다.

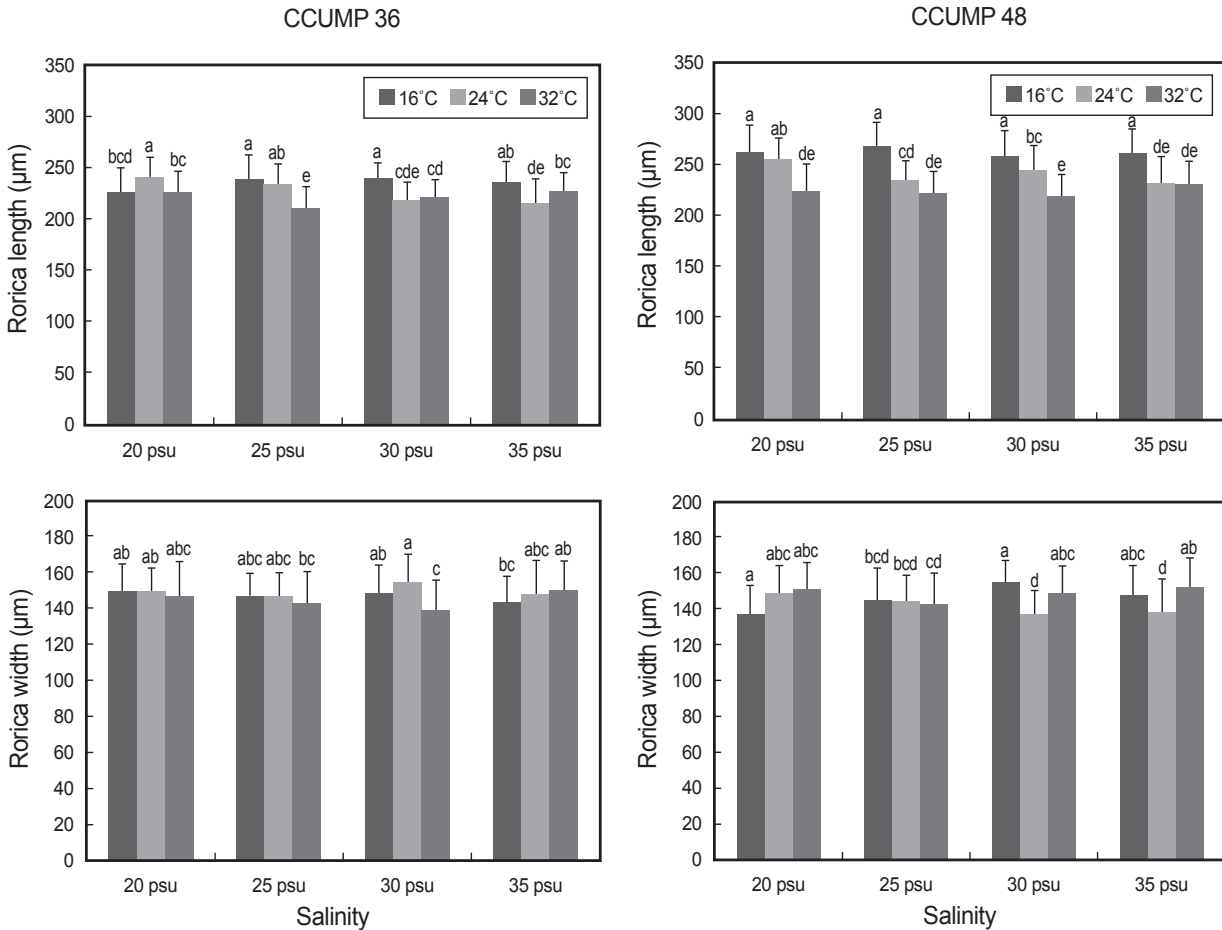


Figure 2. Rorica length and width of *Brachionus plicatilis* at different temperatures and salinities. The different letter on the bar means a significant difference at the  $P < 0.05$  level.

수온과 염분에 따른 rotifer 피갑장과 피갑폭의 크기 변화를 보기 위해서 각 수온과 염분 실험구에서 20일간 배양된 rotifer를 각 strain마다 50개체씩 무작위로 취하여 크기를 Motic Images Plus 2.0을 이용하여 25 µm 단위로 측정하였다.

통계처리

Rotifer의 성장률과 크기에 대한 결과는 one-way ANOVA-test를 실시 후 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 평균간의 유의성( $P < 0.05$ )을 SPSS (SPSS Inc. version 17.0)로 검정하였다.

결 과

온도와 염분에 따른 rotifer의 성장률

*B. plicatilis*의 온도와 염분에 따른 최고밀도와 성장률에 대한 결과는 Fig. 1과 같다. *B. plicatilis*는 온도가 높을수록 성장률이 유의하게 높았다( $P < 0.05$ ). 온도가 낮은 16°C에서는 낮은 염

분일수록 성장률이 높았지만, 32°C의 높은 온도에서는 염분에 따른 성장률은 서로 유사하였다. CCUMP 36 strain은 32°C, 30 psu에서 12일만에 1 개체/mL에서 822 개체/mL로 증가하여 가장 높은 성장률(0.81)을 보였다. CCUMP 48 strain은 32°C, 30 psu에서 12일만에 524 개체/mL로 증가하여 0.73의 성장률을 보였다. 이와같이 *B. plicatilis*는 strain에 따라 성장률의 차이를 보였으나 최적수온과 염분은 32°C와 30 psu로 나타났다.

*B. rotundiformis*에서도 낮은 온도보다 높은 온도에서 성장률이 유의하게 높았다. 16°C, 24°C의 낮은 수온에서는 낮은 염분에서 성장률이 더 높았으나 32°C의 높은 온도에서는 *B. plicatilis*에서와 같이 뚜렷한 차이를 보이지 않았다. CCUMP 51 strain은 16°C, 30과 35 psu에서는 성장이 거의 일어나지 않았으며, 24°C에서는 20과 25 psu에서 배양 12일만에 1 개체/mL에서 180 개체/mL로 성장하여 동일한 성장률(0.62)을 보였다. 32°C에서는 25 psu에서 성장률 1.00 (최고밀도 1,237개체/mL)로 유의하게 가장 높게 나타났다. CCUMP 56 strain도 16°C에서는 매우 낮은 성장률을 보였고 특히 35 psu에서는 0.07의 성장률로

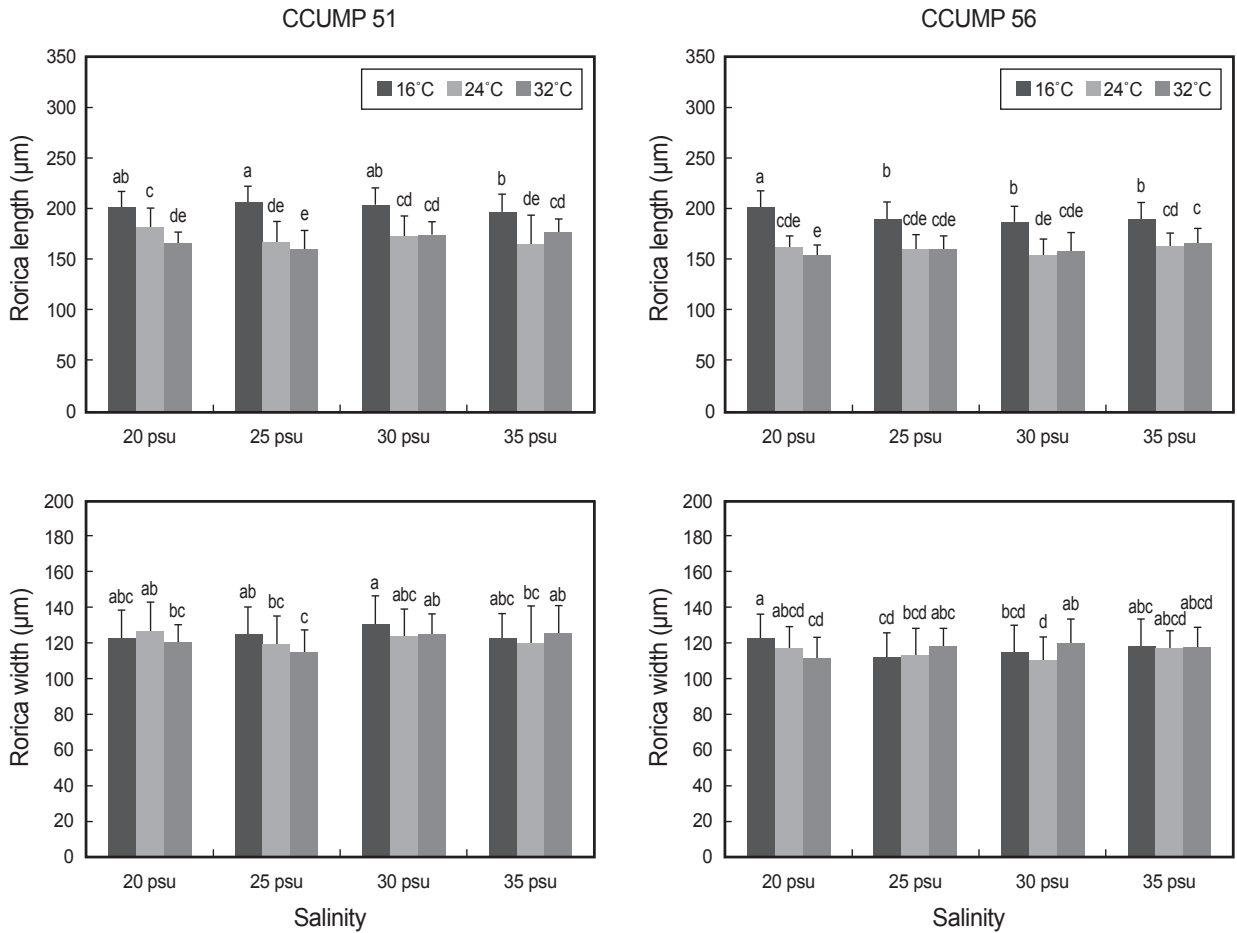


Figure 3. Rorica length and width of *Brachionus rotundiformis* at different temperatures and salinities. The different letter on the bar means a significant difference at the  $P<0.05$  level.

Table 1. Source of *Brachionus plicatilis* and *B. rotundiformis* used in the study

Species	Source of strain (CCUMP)	Size (µm)	Habitat
<i>B. plicatilis</i>	CCUMP 36	234.0±23.4 <sup>b</sup> (175-275)	Salt pond
	CCUMP 48	245.5±21.2 <sup>a</sup> (200-275)	?
<i>B. rotundiformis</i>	CCUMP 51	162.8±16.1 <sup>c</sup> (112.5-187.5)	Salt pond
	CCUMP 56	168.0±14.1 <sup>c</sup> (150-200)	Salt pond

CCUMP : Culture Collection of Useful Marine Plankton  
 Different letter in size means significant different at  $P<0.05$  level.

가장 낮았다( $P<0.05$ ). 24°C에서는 염분이 높아질수록 성장률이 유의하게 낮았다. 20 psu에서 성장률 0.67 (최고밀도 283 개체/mL)로 가장 높았다. 32°C에서는 35 psu에서 성장률 0.99 (최고 밀도 1,246 개체/mL)로 가장 높았으나 25 psu를 제외한 나머지 염분에서의 성장률은 유의한 차이를 보이지는 않았다( $P<0.05$ ).

*B. rotundiformis*는 *B. plicatilis*에 비하여 16°C의 저온에서

성장률이 더 낮고 32°C의 고온에서는 성장률이 더 높은 것으로 나타났다. 또 32°C의 고온에서는 30 psu보다 35 psu에서 성장률이 더 높은 경향을 보여 *B. plicatilis*와 반대의 결과를 보였다.

온도와 염분에 따른 rotifer의 피갑의 크기

*B. plicatilis*의 온도와 염분에 따른 피갑의 크기에 대한 결과는 Fig. 2와 같다. CCUMP 36 strain은 20 psu에서의 피갑장은 24°C에서 241.7 µm로 유의하게 가장 컸으며 16°C와 32°C에서는 226.1 µm와 227.3 µm로 차이가 없었다( $P<0.05$ ). 피갑폭은 16°C에서 137.7 µm로 가장 작았다. 25 psu에서는 온도에 따른 유의한 차이가 없었고 30과 35 psu에서는 24°C에서 각각 218.1 µm과 215.4 µm로 가장 낮았고 피갑장의 결과와 유사한 경향을 보였다.

CCUMP 48 strain은 20 psu에서는 피갑장의 크기가 16°C에서는 263.7 µm로 가장 크고 32°C에서는 224.9 µm로 가장 작았다. 25 psu와 30 psu에서의 피갑장은 온도가 높아질수록 유의하게 작았다( $P<0.05$ ). 35 psu에서도 16°C에서는 261.7µm로 가장 크고 24°C와 32°C에서는 유의한 차이가 없었다( $P<0.05$ ). 피갑

폭은 피갑장과 달리 각 염분에서 온도에 따른 유의한 차이가 뚜렷하지 않은 경향을 보였다.

*B. rotundiformis*의 온도와 염분에 따른 피갑장과 피갑폭의 결과는 Fig. 3과 같다. CCUMP 51 strain은 20 psu에서는 16°C에서 200.9  $\mu\text{m}$ , 32°C에서 166.6  $\mu\text{m}$ 로 온도가 높아질수록 피갑장이 작아지는 경향이 뚜렷하였다. 25-35 psu에서는 16°C의 낮은 온도에서는 피갑장이 컸으나 24°C와 32°C에서는 차이가 없었다. 피갑폭에서는 각 염분에서 온도에 따른 차이가 뚜렷한 경향을 보이지 않았다.

CCUMP 56 strain은 20 psu 16°C에서 피갑장의 크기가 200.9  $\mu\text{m}$ 로 유의하게 가장 컸다. 25-35 psu에서도 피갑장은 16°C에서 유의하게 컸으나 24와 32°C에서는 유의적인 차이가 없었다. 피갑폭은 CCUMP 51 strain에서와 같이 염분과 온도에 대한 뚜렷한 경향을 보이지 않았다.

전체적으로 rotifer는 온도가 높을수록 크기가 작은 경향을 보였고 염분은 크기에 뚜렷한 영향을 주지 않았다. 그러나 낮은 염분에서 rotifer의 크기는 높은 염분에서보다 온도 영향을 더 받는 것으로 나타났다. 온도변화에 따라 피갑장의 크기는 영향을 뚜렷하나 피갑폭은 큰 변화가 없었다. *B. plicatilis*는 온도 변화에 대한 크기의 변화가 *B. rotundiformis*에 비해 적은 경향을 보였다.

## 고 찰

어류종묘생산에서 먹이생물 배양이 차지하는 비용은 매우 높다. 따라서 rotifer 대량배양에서 빠른 성장, 고밀도 배양 및 적합한 크기 등은 매우 중요한 요인이다. *B. plicatilis*는 type, strain, 배양환경 등에 따라 성장률과 크기가 다르다(Snell and Carrillo, 1984, Stelzer, 2002). 따라서 자어 입크기에 적합한 다양한 크기의 rotifer를 개발하고 고밀도로 배양할 수 있는 기술이 중요하다.

일반적으로 *B. plicatilis*의 최적배양온도는 20-22°C, *B. rotundiformis*는 25-27°C로 알려져 있고(Lubzens and Minkoff, 1988, Cabrera et al., 1993, Kobayashi et al., 2009), 염분은 4-35 psu로 strain에 따라 차이가 있으나 매우 광염성이다(Walker, 1981, Park and Hur, 1996b, Tomoda et al., 2011).

Pascual and Yúfera (1983)은 *B. plicatilis*의 배양온도에 따른 성장을 비교한 결과 17°C에서는 거의 성장이 이루어지지 않았고 20-35°C에서는 온도가 높을수록 성장률이 높아 35°C에서는 1.35의 성장률을 보였다고 보고하였다. Fielder et al. (2000)은 23°C, 35 psu에서 배양하던 밀도 15 개체/mL의 *B. plicatilis*를 동일 온도의 25, 30, 35 psu로 옮겨 6시간 동안 배양한 결과, 같은 염분이었던 35 psu에서는 23 개체/mL의 성장을 보였으나 30 psu와 25 psu에서의 각각 20 개체/mL, 16 개체/mL로 35 psu에 비해 낮은 성장을 보였다고 하였다. *B. plicatilis*는 배양온도 36°C에서  $\omega$ -yeast를 먹이로 배양하였을 때 배양 7일 후 1,420 개체/mL로 최대밀도를 보였고 *B. rotundiformis*는 배양

온도 34°C에서 먹이생물로  $\omega$ -yeast를 공급하였을 때 배양 7일 후 1,669 개체/mL로 최고 성장을 보였다(Kim et al., 1997).

본 실험에서도 *B. plicatilis*와 *B. rotundiformis* 모두 16°C의 낮은 온도보다는 높은 온도 32°C에서 성장이 높았고 염분의 영향은 높은 온도에서보다 낮은 온도에서 염분의 영향이 더 큰 것으로 나타났다. 16°C의 낮은 온도에서는 낮은 염분에서 성장이 높지만 32°C의 높은 온도에서는 20 psu 보다는 30 psu에서 성장이 높았고 염분이 너무 높은 35 psu에서는 성장이 감소하였다. 그러나 *B. rotundiformis*는 *B. plicatilis*보다 고염분에서 성장이 높고 상대적으로 낮은 온도에서 성장이 더 낮았고 높은 온도에서는 성장이 더 높았다.

본 연구에서 *B. plicatilis*로는 CCUMP 36이, *B. rotundiformis*로는 CCUMP 56이 성장이 높았고, 이들을 배양하기 위한 최적 온도와 염분은 각각 32°C와 30 psu 및 32°C와 35 psu로 나타났다. 또 32°C의 높은 온도에서는 *B. rotundiformis*가 *B. plicatilis*에 비하여 성장이 높은 것으로 나타났다. 이와같이 *B. plicatilis*와 *B. rotundiformis*는 온도와 염분에 따른 성장 차이가 있음을 알 수 있었다.

능성어(*Epinephelus septemfasciatus*), 붉바리(*Epinephelus akaara*) 등의 능성어류와 돌돔(*Oplegnathus fasciatus*)의 자어는 입이 작아 200  $\mu\text{m}$  이상의 rotifer는 섭취하기 어렵다(Kayano, 1988, Kayano and Mito, 1995, Kang et al., 1999). 따라서 가능하면 크기가 작은 rotifer를 개발할 필요가 있다. 본 실험에서 *B. plicatilis*와 *B. rotundiformis*의 피갑장은 각각 210-269  $\mu\text{m}$ 와 153-206  $\mu\text{m}$ 의 범위로 *B. rotundiformis*는 *B. plicatilis*에 비해 각각 74%, 82%의 수준이었다. 또 피갑장은 온도가 높을수록 감소하는 경향이 있었다.

Kim et al. (1997)은 *B. plicatilis*에서의 성체의 크기 변화는 *C. ellipsoidea*를 먹이로 공급하였을 때 18°C에서 배양 4일에 213.7  $\mu\text{m}$ 로 가장 컸고, 34°C에서는 배양 5일에 112.1  $\mu\text{m}$ 까지 감소하였다. 또 *B. rotundiformis* 성체의 크기 변화는  $\omega$ -yeast를 먹이로 공급하였을 때 20°C에서 배양 5일에 201.3  $\mu\text{m}$ 로 가장 컸고, 34°C에서 *C. ellipsoidea*를 먹이로 공급하였을 때 배양 6일에 114.4  $\mu\text{m}$ 까지 감소하였다고 보고하였다.

본 실험에서는 *B. plicatilis*인 CCUMP 48은 16°C, 25 psu에서 배양하였을 때 269.7  $\mu\text{m}$ 로 가장 컸고, 32°C, 30 psu에서 배양하였을 때 219.3  $\mu\text{m}$ 로 온도와 염분 조절에 의해 크기가 약 19% 감소하여 가장 작았다. 또 CCUMP 36은 24°C, 20 psu에서 241.6  $\mu\text{m}$ 로 가장 컸고, 32°C, 25 psu에서 210.2  $\mu\text{m}$ 로 약 13% 감소하였다. *B. rotundiformis*의 경우 CCUMP 51은 16°C, 25 psu에서 배양하였을 때 206.6  $\mu\text{m}$ 로 가장 컸고, 32°C, 25 psu에서 160.8  $\mu\text{m}$ 로 가장 작아 22% 감소하였다. 또 CCUMP 56은 16°C, 20 psu에서 배양하였을 때 200.9  $\mu\text{m}$ 였으나 32°C, 20 psu에서는 154.0  $\mu\text{m}$ 로 약 23% 감소하였다. 이와 같이 rotifer의 크기는 온도와 염분의 변화에 영향을 받았다. *B. rotundiformis*는 *B. plicatilis*에 비하여 온도와 염분에 따른 크기의 변화가 더 큰 것으로 나타났다. 일반적으로 온도가 높으면 성숙과 성장이 빠

르므로 개체밀도는 증가하나 개체의 크기는 상대적으로 작아진다. 본 연구에서 *B. plicatilis*와 *B. rotundiformis*의 성장률과 크기의 상관관계를 분석해 보았으나 뚜렷한 유의적인 상관성을 보이지 않았다. 온도와 염분이 rotifer의 크기에 미치는 영향은 strain에 따른 성숙, 성장, 밀도 등의 관점에서 구체적으로 조사되어야 할 것이다.

본 실험에서 *B. rotundiformis* CCUMP 56 strain은 32℃와 35 psu에서 피갑장과 피갑폭은 각각 166 μm와 117 μm로 다른 strain에 비하여 가장 작았다. 또 배양 10일만에 1 개체/mL에서 1,246 개체/mL로 성장하여 성장률(0.99)도 가장 높았다. 따라서 CCUMP 56은 입이 작은 자어의 종묘 생산을 위한 먹이생물로 가장 적합한 small-type rotifer strain으로 판단된다. 앞으로 이 strain을 대량으로 양산할 필요가 있으며 더욱 작은 크기의 rotifer 개발 연구도 함께 요구된다.

## 사 사

이 논문은 2011년 국토해양부의 재원으로 한국해양과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(해양생명공학기술개발사업)

## 참고문헌

- Cabrera T, Hur SB and Kim HJ. 1993. Lifespan and fecundity of three types of rotifer, *Brachionus plicatilis* by an individual culture. Bull Korean Fish Soc 26, 511-518.
- Duncan DB. 1955. Multiple-range and multiple F test. Biometrics 11, 1-42.
- Fielder DS, Purser GJ and Battaglione SC. 2000. Effect of rapid changes in temperature and salinity on availability of the rotifers *Brachionus rotundiformis* and *Brachionus plicatilis*. Aquaculture 189, 85-99.
- Guillard RRL and Ryther JH. 1962. Studies of marine planktonic diatoms. I. *Cyclotella nana* Hustedt and *Detonula confervacea* Cleve. Can J Microbiol 8, 229-239.
- Hayashi M, Yukino T, Watanabe F, Miyamoto E and Nakano Y. 2007. Effect of vitamin B12-enriched Thraustochytrids on the population growth of rotifers. Biosci Biotechnol Biochem 71, 222-225.
- Hirayama K and Kusano T. 1972. Fundamental studies on physiology of rotifer for its mass culture. II. Influence of water temperature on population growth of rotifer. Bull Jpn Soc Sci Fish 38, 1357-1363.
- Hur SB and Park HG. 1996. Mass production of resting egg of Korean rotifer, *Brachionus plicatilis* (L and S-type). Journal of Aquaculture 9, 345-351.
- Kang YJ, Lee SM, Yang SG and Bai SC. 1999. Effects of meat meal, blood meal or soybean meal as a dietary protein source replacing fish meal in parrot fish, *Oplegnathus fasciatus*. J Aquaculture 12, 205-212.
- Kayano Y. 1988. Development of mouth parts and feeding in the larval and juvenile stages of red spotted grouper *Epinephelus akaara*. Bull Okayama Pref Fish Exp Stat 3, 55-60.
- Kayano Y and Mito T. 1995. Mass production of seedlings of the red spotted grouper *Epinephelus akaara*. Bull Okayama Pref Fish Exp Stat 10, 209-212.
- Kim HJ, K JD, Choi YG and Woo YB. 1997. Growth and size variation of (*Brachionus plicatilis*) reared at different conditions. J Aquaculture 10, 219-225.
- Kobayashi T, Nagase T, Hino A and Takeuchi T. 2009. Influence of photoperiod on the eicosapentaenoic acid concentration of *Nannochloropsis*, and fatty acid composition of s-type rotifer *Brachionus* in a continuous culture system. Aquaculture Sci. 57, 133-139.
- Lubzens E, Minkoff G and Marom S. 1985. Salinity dependence of sexual and asexual reproduction in the rotifer *Brachionus plicatilis*. Mar Biol 85, 123-126.
- Lubzens E. 1987. Raising rotifers for use in aquaculture. Hydrobiologia 147, 245-255.
- Lubzens E and Minkoff G. 1988. Influence of the age of algae fed to rotifers (*Brachionus plicatilis* O.F. Müller) on the expression of mixis in their progenies. Oecologia (Berlin) 75, 430-435.
- Minkoff G, Lubzens E and Kahan D. 1983. Environmental factors affecting hatching of rotifer (*Brachionus plicatilis*) resting eggs. Hydrobiologia 104, 61-69.
- Park HG and Hur SB. 1996a. Production and hatching rate of resting egg of Korean rotifer, *Brachionus plicatilis* (S-type) with different diets. Aquaculture 9, 329-337.
- Park HG and Hur SB. 1996b. Effect of temperature, salinity and preservation method on hatching rate of resting egg of Korean rotifer, *Brachionus plicatilis* (S-type). Aquaculture 9, 339-344.
- Pascual E and Yúfera M. 1983. Crecimiento en cultivo de unacepa de *Brachionus plicatilis* O. F. Müller en función de la temperatura y la salinidad. Invest Pesq 47, 151-159.
- Snell TW, Bieberich CJ and Fuerst R. 1983. The effects of green and blue-green algal diets on the reproductive rate of the rotifer *Brachionus plicatilis*. Aquaculture 31, 21-30.
- Snell TW and Carrillo K. 1984. Body size variation among strains of the rotifer, *Brachionus plicatilis*. Aquaculture 37, 359-367.
- Stelzer CP. 2002. Phenotypic plasticity of body size at different temperatures in a planktonic rotifer: mechanism and adaptive significance. Funct Ecol 16, 835-841.
- Tomoda T, Dan S, Ashidate M, Koiso M and Sakae. 2011. Di-

- etary value of marine rotifer *Brachionus plicatilis* cultured at different salinities for larval Japanese Flounder *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture Sci.* 59, 41-50.
- Walker KF. 1981. A synopsis of ecological information on the saline lake rotifer *Brachionus plicatilis* Müller 1786. *Hydrobiologia* 81, 159-167.
- Yoseda K, Asami K, Fukumoto M, Takaira S, Kurokawa Y and Kawai S. 2003. Effects of two types of rotifer on first-feeding success and early survival in coral trout. *Suisanzoshoku* 51, 101-108.
- Yoshimatsu T, Higuchi T, Zhang D, Fortes NR, Tanaka K and Yoshimura K. 2006. Effect of dietary cobalt supplementa-  
tion on the population growth of rotifer *Brachionus rotundiformis*. *Fish Sci* 72, 214-216.
- Yukino T, Hayashi M, Yoshimatsu T, Maruyama I and Murata H., 2004. Nutritional enrichment and cultivation of rotifers by feeding of docosahexaenoic acid-enriched *Chlorella vulgaris* K-22. *Suisanzoshoku* 52, 381-386.

---

2011년 8월 30일 접수

2011년 12월 6일 수정

2011년 12월 8일 수리