

## 환수 및 공기공급에 따른 담수산 rotifer, *Brachionus calyciflorus*의 내구란 대량생산

권오남\*, 박흠기  
강릉대학교 해양생명공학부

### Mass Production of Resting Eggs by the Freshwater Rotifer, *Brachionus calyciflorus* Pallas with Exchange of Culture Water and Supplemental Aeration

O-Nam Kwon\* and Heum-Gi Park

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

This study was performed to investigate the formation and mass production of resting eggs by freshwater rotifer, *Brachionus calyciflorus* as influenced by different aeration supplements and exchange intervals of culture water in 15-L culture vessels and 500 L culture tanks. The maximum densities and mixing rates of the rotifers were not different between experimental group exposed to air or oxygen supplements. However, the fertilization rate and formation of resting eggs of the rotifers in the air-supplemented group were significantly higher than those in the oxygen supplemented group. In the experiment concerning exchange interval of culture water, the maximum density of the rotifers and formation of resting eggs in the batch culture were significantly higher than those in the semi-continuous culture with exchange of water every day. The formation of resting eggs per *Chlorella* dry weight was highest in the semi-continuous culture with exchange of water every day. The resting eggs of rotifers were produced at a density of  $51.8\sim 57.9\times 10^6$  eggs in 500-L culture tanks. In this study, the batch culture with air is an effective method for mass production of resting eggs by the freshwater rotifer, *B. calyciflorus*, and the efficiency of mass production of resting eggs by this rotifer was similar to that of the seawater rotifers, *B. plicatilis* and *B. rotundiformis*.

**Keywords:** Freshwater rotifer, *Brachionus calyciflorus*, Resting egg, Mass production, Oxygen supplement

#### 서 론

담수산 rotifer, *Brachionus calyciflorus*는 드워프 구라미, 브라운 디스커스, 모래무지, 농어, 메기, 틸라피아 및 은어 등의 담수산 관상어나 식용어의 초기 먹이생물로 많이 이용되고 있다 (Awaïss et al., 1996; Lim and Wong, 1997; Awaïss and Kestemont, 1998; İşik et al., 1999; Lee et al., 2004).

Rotifer, *Brachionus*속의 생활사는 male에 관계없이 amictic female이 난을 생산하는 처녀생식과 male이 출현하여 미수정 mictic female과 교미에 의해서 수정란(resting egg)을 형성하는 유성생식으로 나뉘어진다. 유성생식에 의해 형성된 내구란은 두터운 2차 난막으로 싸여져 있어 부화에 부적합한 환경에서 강한 내구성으로 휴면상태를 계속 유지한다(Gilbert, 1967; Pourriot and Snell, 1983). 이와 같은 특징을 가진 rotifer 내구란은 종의

유전적 형질을 효율적으로 보관 할 수 있을 뿐만 아니라 대량 배양용 seed와 생태 독성학의 실험재료로 이용할 수 있다(Hagiwara and Hirayama, 1993; Hagiwara et al., 1993a; Hagiwara et al., 1993b; Snell and Janssen, 1995; Hur and Park, 1996a; Hur and Park, 1996b). 그리고 *Artemia* cyst처럼 쉽게 부화시켜 자어에 직접 공급할 수 있는 장점이 있다(Hagiwara et al., 1993b; Park et al., 1999a). 따라서 해산 어류의 초기 먹이생물로 많이 이용되는 해수산 *B. plicatilis*와 *B. rotundiformis* 내구란 생산에 대한 기초적인 연구 및 대량생산과 이것의 이용성에 대한 연구가 많이 수행되었다(Hagiwara et al., 1988; Hagiwara and Hirayama, 1993; Hagiwara et al., 1993a; Hagiwara et al., 1993b; Snell and Janssen, 1995; Hur and Park, 1996a; Hur and Park, 1996b). 그러나 담수산 *B. calyciflorus*의 경우, 내구란 생산을 위한 먹이의 종류(Park et al., 2000), 수온(Park, 1998), vitamin B<sub>12</sub>의 첨가(Kwon et al., 2001) 등에 대한 기초적인 연구는 진행되었

\*Corresponding author: quiz@kangnung.ac.kr

지만 이들의 내구란 대량 생산에 관한 연구는 수행되지 않고 있는 실정이다.

따라서 본 연구는 환경 독성학의 실험 재료 및 자어의 먹이로 이용 가능한 담수산 rotifer, *B. calyciflorus*의 내구란을 대량 생산하기 위해서 통기 및 환수 방법에 따른 내구란 생산 및 0.5톤 수조에서 내구란을 대량 생산한 실험을 보고하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험에 이용된 *B. calyciflorus*

실험에 이용된 담수산 rotifer, *B. calyciflorus*는 군산시 옥구군에서 분리한 strain (O-C)이었다(Hur and Park, 1996b). 내구란 대량생산 실험을 하기 전 이 strain의 내구란 100여개를 수온 27°C, 조도 3,000 lx하에서 부화시킨 후 갓 부화한 rotifer 30마리를 10 ml test-tube에서 각각 1마리를 접종하여 30 clone을 만들어 농축 *Chlorella*를 먹이로 공급하면서 수온 27°C에서 배양하였다. 배양 15일 후, 각 test-tube에서 내구란 생산이 가장 높은 clone을 선택하여 내구란 생산 실험의 seed로 사용하였다.

### 2. 통기방법에 따른 내구란 생산 실험

통기방법에 따른 내구란 생산 실험은 20 L 용기(배양수 15 L)를 이용하였다. 실험구는 공기 단독 공급구, 산소 단독 공급구 및 혼합 공급구 (공기:산소=1:1)로 나누었고 통기량은 각 실험구마다 100 ml/min를 공급하였다. 실험은 배양 12일째 종료하였고 2회 반복 실험하였다.

### 3. 환수 간격에 따른 내구란 생산 실험

배양수의 환수 간격에 따른 내구란 생산 실험은 20 L 용기(배양수 15 L)를 이용하였다. 실험구는 rotifer가 100 개체/ml에 도달한 후, 배양수를 환수하지 않는 실험구(batch culture)와 100 개체 이후 1일과 2일 마다 배양수 내 rotifer female의 밀도를 100 개체/ml로 유지한 실험구(semi-continuous cultures)로 나누었다. 통기량은 각 실험구마다 100 ml/min를 공급하였다. 실험은 배양 12일째 종료하였고 3회 반복 실험하였다.

### 4. 내구란 대량생산

내구란 대량생산은 600 L 수조(배양수 500 L)를 이용하였고 통기량은 1 L/min로 유지하였다. 실험은 배양 10일째 종료하였

고 2회 반복 실험하였다.

위의 모든 실험에서 rotifer 먹이는 담수산 농축 *Chlorella* (대상 주식회사) 20 L에 vitamin B<sub>12</sub>를 6 ppm으로 조정하여 rotifer 1,000 개체당 *Chlorella* 건조중량 2.0 mg을 1일 3회로 나누어서 공급하였고 rotifer의 초기 접종밀도는 1 개체/ml로 하였으며 수온 27°C를 유지하였다. 또한, 유성생식물, 수정물, 10,000 rotifer 당 내구란 생산 및 *Chlorella* 건조중량(g)당 내구란 생산은 Hagiwara et al. (1988)의 방법에 따라 계산하였다.

실험 결과는 One-way ANOVA test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 처리한 후 평균간의 유의성(P<0.05)을 SPSS program (Ver. 10)으로 검정하였다.

## 결 과

통기방법에 따른 *B. calyciflorus*의 최고밀도, 유성생식물, 수정물 및 내구란 생산은 Table 1과 같다. Rotifer의 최고밀도는 산소 공급구에서 276.3 개체/ml로 가장 높게 나타났으나 공기 및 혼합 공급구와 유의적인 차이는 보이지 않았으며(P>0.05) 유성생식물에 있어서도 모든 실험구에서 53.3~59.6%로 뚜렷한 차이는 없었다(P>0.05). 그러나 수정물에 있어서는 공기 공급구에서 49.9%로 산소 공급구의 30.1%로 보다 높게 나타났다(P<0.05). 통기방법에 따른 총 내구란 생산은 공기 공급구에서 18.5×10<sup>5</sup> 개로 산소 공급구의 4.4×10<sup>5</sup> 개보다 약 4 배 정도 높게 나타났으며 *Chlorella* 건조중량(g)당 내구란 생산은 공기 공급구에서 81.6×10<sup>3</sup> 개로 가장 높게 나타났다(P<0.05).

통기 방법에 따른 배양환경을 보면(Fig. 1), 이온화되지 않은 암모니아는 배양 경과일에 따라서 점차적으로 증가하다가 배양 10일째 모든 실험구에서 급격히 증가하는 경향을 보였다. 또한 용존산소는 산소 공급구에서 배양기간 동안 15 ppm 이상을 유지하였지만 다른 실험구에서는 배양시간이 경과할수록 감소하였고 배양 12일째 공기 공급구에서 무산소 상태로 나타났으며 공기와 산소 혼합 공급구는 3 ppm 이상을 유지하였다.

배양수의 환수 간격에 따른 *B. calyciflorus*의 최고밀도, 유성생식물, 수정물 및 내구란 생산은 Table 2와 같다. Rotifer의 최고밀도는 환수를 하지 않은 실험구에서 771.3 개체/ml로 가장 높게 나타났으며 매일 환수를 해준 실험구의 325.3 개체/ml와 유의적인 차이를 보였다(P<0.05). 그러나 유성생식물에 있어서는 1일과 2일 마다 환수를 해준 실험구에서 각각 38.2와 31.6%

**Table 1.** Production of resting eggs of freshwater rotifer, *Brachionus calyciflorus* cultured with the different aeration methods in 15 L culture tank

Aeration	Maximum rotifer density (ind./ml)	Mixis rate (%)	Fertilization rate (%)	No. of resting eggs formed (×10 <sup>5</sup> )	No. of resting eggs per <i>Chlorella</i> dry weight (g) (×10 <sup>3</sup> )
Air	251.3±30.05 <sup>a</sup>	59.6±9.01 <sup>a</sup>	49.9±11.99 <sup>b</sup>	18.5±10.11 <sup>b</sup>	81.6±38.18 <sup>b</sup>
Air+O <sub>2</sub>	245.0±45.96 <sup>a</sup>	53.3±10.44 <sup>a</sup>	34.4±11.80 <sup>ab</sup>	11.6±4.95 <sup>ab</sup>	52.9±23.63 <sup>ab</sup>
O <sub>2</sub>	276.3±1.77 <sup>a</sup>	59.3±0.16 <sup>a</sup>	30.1±10.71 <sup>a</sup>	4.4±0.52 <sup>a</sup>	16.2±2.85 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Values (mean±SD of replication) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

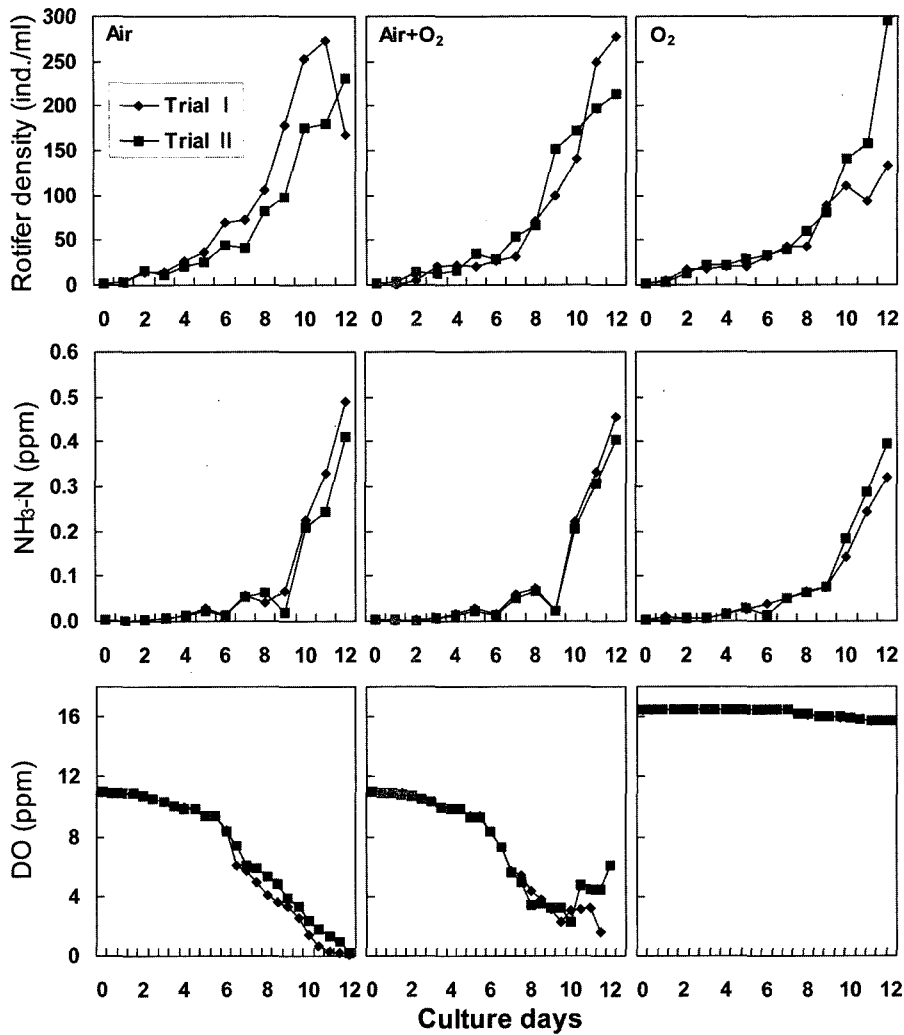


Fig. 1. Variation of rotifer density, NH<sub>3</sub>-N and dissolved oxygen concentration during the culture period of freshwater rotifer, *Brachionus calyciflorus* on the different aeration supplement.

로 나타나 환수를 해주지 않은 실험구의 16.7%와 유의적인 차이를 보였다( $P < 0.05$ ). 반면 수정률은 모든 실험구에서 40.3~55.5%로 유의적인 차이를 보이지 않았다( $P > 0.05$ ). 배양수의 환수 간격에 따른 총 내구란 생산량은 환수를 하지 않은 실험구에서  $20.5 \times 10^5$  개로 가장 높게 나타났으며 반면에 *Chlorella* 건조중

량(g)당 내구란 생산량은 1일 마다 환수 해준 실험구에서  $74.1 \times 10^3$  개로 환수를 해주지 않은 실험구의  $38.1 \times 10^3$  개 보다 높게 나타났다( $P < 0.05$ ).

배양수 환수 간격에 따른 배양환경을 보면(Fig. 2), 이온화되지 않은 암모니아는 배양 경과일에 따라서 모든 실험구에서 서

Table 2. Production of resting eggs of freshwater rotifer, *Brachionus calyciflorus* cultured with the different water exchange intervals in 15 L culture tank

Culture type	Maximum rotifer density (ind./ml)	Mixis rate (%)	Fertilization rate (%)	No. of resting eggs formed ( $\times 10^5$ )	No. of resting eggs per <i>Chlorella</i> dry weight (g) ( $\times 10^3$ )
Batch	$771.3 \pm 219.48^b$	$16.7 \pm 2.29^a$	$40.3 \pm 11.05^a$	$20.5 \pm 1.76^c$	$38.1 \pm 9.80^a$
Semi-continuous (every day interval)	$325.3 \pm 44.74^a$	$38.2 \pm 6.08^b$	$55.5 \pm 8.16^a$	$14.7 \pm 1.58^b$	$74.1 \pm 9.70^b$
Semi-continuous (every two day interval)	$536.7 \pm 139.85^{ab}$	$31.6 \pm 3.05^b$	$45.2 \pm 5.13^a$	$10.7 \pm 1.77^a$	$44.2 \pm 11.62^a$

<sup>1</sup>Values (mean $\pm$ SD of three replication) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ( $P < 0.05$ ).

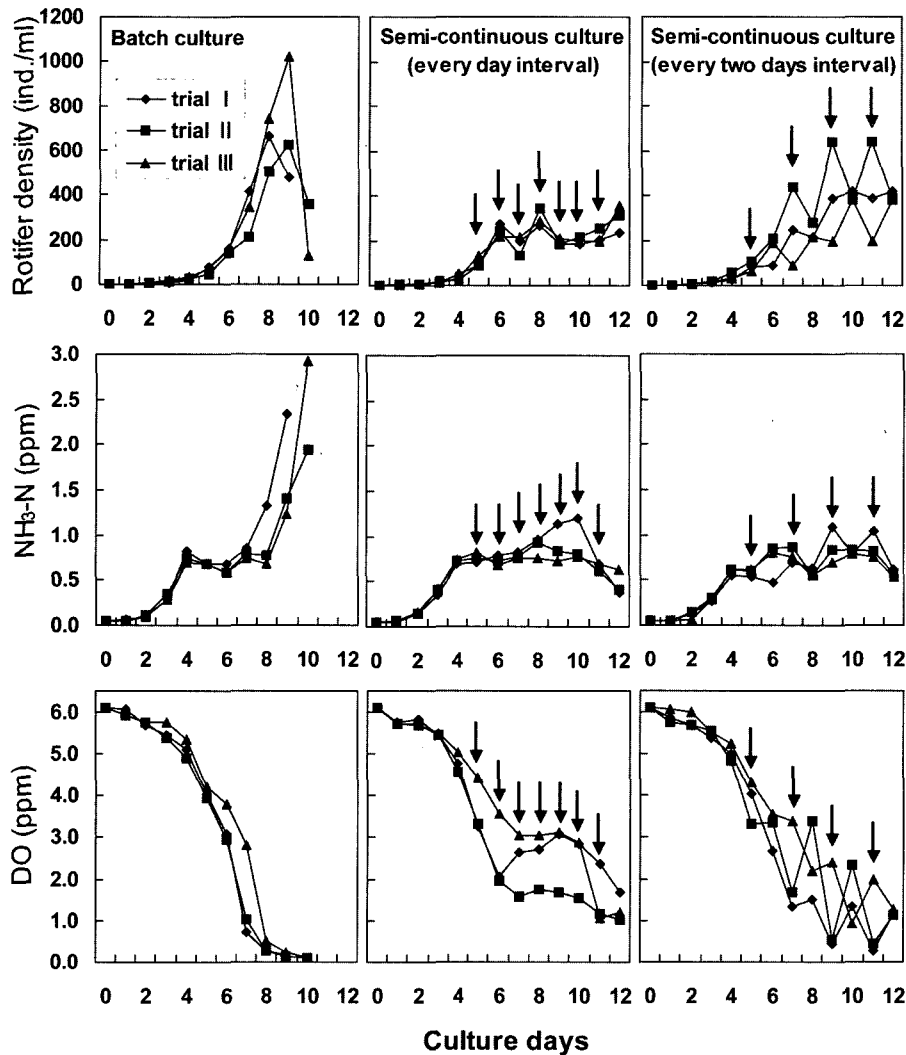


Fig. 2. Variation of rotifer density, NH<sub>3</sub>-N and dissolved oxygen concentration during the culture period of freshwater rotifer, *Brachionus calyciflorus* with the different exchange intervals of culture water. Arrows indicate the time of water exchange.

서히 증가하다가 배양 4일째 이후 1일과 2일 환수 실험구에서 일정하게 유지되었지만 환수를 하지 않은 실험구에서는 배양 8일째 급격히 증가하는 경향을 보였다. 또한 용존산소는 모든 실험구에서 배양시간이 경과할수록 감소하는 경향을 보였다.

0.5 톤 수조에서의 *B. calyciflorus* 내구란 대량생산은 Table 3에 나타내었다. Rotifer의 최고밀도는 Tank I과 II에서 각각 240 개체/ml, 208 개체/ml로 나타났으며 유성생식률은 Tank II에서 Tank I보다 다소 높은 55.9%로 나타났다. 수정률은 오히려 Tank I이 88.9%로 Tank II 보다 높게 나타났다. 그리고 총 내

구란 생산량은 Tank I과 II에서 각각  $57.9 \times 10^6$  개와  $51.8 \times 10^6$  개로 나타났고, *Chlorella* 건조중량(g)당 내구란 생산량은 Tank I과 II에서 각각  $20.5 \times 10^3$  개와  $13.4 \times 10^3$  개의 내구란을 생산하였다.

### 고 찰

Rotifer, *Brachionus* 속의 내구란 형성은 유전적인 요인과 다양한 환경적인 요인에 의해서 영향을 받으며 특히 배양수를 환

Table 3. Mass production of resting eggs of freshwater rotifer, *Brachionus calyciflorus* in 500 L culture tank

Tank No.	Maximum rotifer density (ind./ml)	Mixis rate (%)	Fertilization rate (%)	No. of resting eggs formed ( $\times 10^6$ )	No. of resting eggs per <i>Chlorella</i> dry weight (g) ( $\times 10^3$ )
Tank I	240	51.1	88.9	57.9	20.5
Tank II	208	55.9	76.9	51.8	13.4
Mean $\pm$ SD	224 $\pm$ 22.6	53.5 $\pm$ 3.38	88.0 $\pm$ 1.44	54.9 $\pm$ 4.31	17.0 $\pm$ 5.02

수하면 rotifer의 유성생식률이 저하되므로 내구란을 형성할 수 없는 것으로 보고되고 있다(Hino and Hirano, 1976). 이러한 원인은 rotifer를 배양하고 있는 배양수에 어떤 화학적 물질이 mictic female의 생산을 유도하는 것으로 보고하였다(Carmona et al., 1993). 따라서 rotifer의 내구란 생산은 배양수 환수가 없는 batch 배양 방법으로 하여야 많은 내구란을 생산할 수 있다(Hagiwara et al., 1997). 그러나 일반적으로 내구란 생산을 위한 batch 배양은 배양시간이 경과할수록 배양수의 이온화되지 않은 암모니아 농도의 증가나 용존산소 감소로 rotifer의 성장을 저해하여 개체밀도가 급격히 감소한다(Park et al., 1999). 하지만 내구란 생산의 효율적인 측면에 있어서 높은 개체 밀도 유지하는 많은 내구란을 대량으로 생산하는데 매우 중요한 요인이 될 수 있다(Hagiwara et al., 1993a; 1997).

이러한 관점에서 본 실험의 batch 배양 상태에서 산소를 공급하여 rotifer의 높은 개체 밀도를 유지하려고 하였지만 공기를 공급한 실험구와는 차이가 나타나지 않았다. 이러한 원인은 배양수 내 암모니아의 농도 증가가 rotifer의 성장을 방해한 것으로 판단될 수 있지만 환수 실험(Fig. 2)에서 batch 배양의 암모니아 농도가 통기방법의 모든 실험구보다 높은 1.5 ppm에서도 rotifer 개체밀도가 600 개체/ml 이상으로 나타났기 때문에 암모니아의 영향은 아닌 것으로 판단된다. 따라서 근본적인 원인은 모든 통기 배양 실험구에서 유성생식률이 54~59%로 매우 높게 나타난 것이 rotifer 개체 밀도를 높이는데 방해한 것으로 판단된다. 한편, 통기 공급 방법에 따른 내구란 생산을 보면 공기를 공급한 실험구가 산소를 공급한 실험구보다 높게 나타났다. 이러한 원인은 유성생식률에 있어서는 모든 실험구에서 유의적인 차이는 없지만 산소를 많이 공급할수록 수정률이 낮아 용존산소가 수정률에 영향을 미친 것으로 판단된다. 일반적으로 낮은 용존산소 농도에서 rotifer의 활력은 감소되며(Park et al., 1999b) 이러한 활력은 내구란 형성시 mictic female과 male의 수정률에 영향을 미치는 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 높은 용존 산소를 유지함으로써 mictic female과 male의 활력을 높여 이들의 수정률을 증가시켜 내구란 생산을 증가시킬 목적으로 산소를 공급하였지만 오히려 이들의 수정률은 공기를 공급한 것보다 낮았다. 이러한 결과는 높은 용존 산소가 오히려 mictic female과 male의 수정률을 낮추는 원인이 된 것으로 사료되며 앞으로 이에 대한 구체적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

한편, Hagiwara et al. (1997)은 batch 배양에 있어서 해수산 rotifer, *B. plicatilis*의 밀도가 150 개체/ml 이상이면 유성생식률은 급격히 감소하는 경향을 보고하였다. 이러한 이유는 배양 시간이 경과할수록 이온화되지 않은 암모니아의 축적으로 amictic female의 활력 저하에 의한 mictic female의 형성을 낮게 하는 원인으로 판단되어진다(Snell et al., 1987). 이와 같은 문제점을 해결하기 위해서 Balompapung et al. (1997)은 150 개체/ml를 기준으로 배양수의 일부분을 환수하는 semi-continuous로 배양

하였을 경우, 이온화되지 않은 암모니아의 농도가 본 실험의 경우와 같이 batch 배양보다 낮게 유지되었다. 그러나 그들의 실험에서는 총 내구란 생산에 있어서 batch 배양과 차이가 없지만 내구란 생산의 효율적인 측면인 *Chlorella* 건조중량당 내구란 생산은 semi-continuous 배양이 높게 나타났다. 본 실험에서도 *Chlorella* 건조중량당 내구란 생산은 이들의 연구 결과와 일치하였지만 총 내구란 생산은 오히려 batch 배양에서 가장 높게 나타났다. 이것은 batch 배양에서의 rotifer의 최고 밀도가 높아 생산한 내구란의 수가 많았던 것으로 판단된다. 또한 *B. calyciflorus*의 효율적인 내구란의 생산 측면에서 볼 때 semi-continuous 배양시 매일 배양수 내 rotifer 밀도가 100 개체/ml가 되도록 환수하는 것이 좋을 것으로 판단된다. 이러한 결과로 볼 때 먹이로 이용되는 *Chlorella*의 가격과 환수에 필요한 노동력 등의 경제성 평가를 통해 batch와 semi-continuous 중 효과적인 방법을 찾을 필요성이 있을 것으로 판단된다.

해수산 rotifer, *B. plicatilis*의 내구란 대량생산에 있어서 Hagiwara et al. (1993a)은 50 m<sup>3</sup> 수조에서 *Nannochloropsis oculata* 단독구 및 빵효모와 *N. oculata* 혼합구에서 각각 m<sup>3</sup> 당 26.2×10<sup>6</sup> 개, 88.2×10<sup>6</sup> 개로 혼합구에서 생산량이 많았다. Hur and Park (1996a)은 해산 *Chlorella*와 빵효모를 혼합한 먹이를 이용하여 *B. plicatilis*와 *B. rotundiformis*의 내구란을 각각 1 m<sup>3</sup> 및 4 m<sup>3</sup> 수조에서 m<sup>3</sup>당 47~62×10<sup>6</sup> 개와 37.2~141.7×10<sup>6</sup> 개를 생산하였는데 이들의 실험 결과도 혼합된 먹이가 단독 먹이보다 높게 나타났다. 한편 단독 먹이(*N. oculata*)로 Balompapung et al. (1997)은 0.5 m<sup>3</sup> 수조에서 47.5~53.6×10<sup>6</sup> 개를 생산하였다. 본 실험에서도 먹이 종류가 다르지만 같은 용량의 수조에 담수산 rotifer *B. calyciflorus*의 총 내구란은 51.8~57.9×10<sup>6</sup> 개로 Balompapung et al. (1997)의 생산량과 비슷한 결과를 보였다. 이러한 결과로 볼 때 담수산 *B. calyciflorus*은 해수산 *B. plicatilis*와 *B. rotundiformis* 비슷한 생산량을 보이며 앞으로 0.5 m<sup>3</sup> 수조 이상에서의 내구란 대량 생산도 가능할 것으로 판단된다.

따라서 본 연구를 종합하여 볼 때 담수산 rotifer *B. calyciflorus*의 내구란 대량생산을 위한 배양환경은 공기만을 공급해 주고 내구란 생산량 및 경제성을 고려하여 배양수의 환수 간격을 조절해야 할 것으로 판단된다. 또한 담수산 rotifer *B. calyciflorus*의 내구란 대량 생산은 해수산 rotifer *B. plicatilis*와 *B. rotundiformis*와 비슷한 생산 효율을 보인 것으로 판단되어 먹이생물 및 환경 독성학의 실험 재료로 충분히 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

## 요 약

본 연구는 통기방법과 배양수의 환수에 따른 담수산 rotifer *B. calyciflorus*의 내구란 형성을 조사하였고 0.5 톤 수조에서 내구란 대량 생산을 수행하였다.

산소와 공기를 공급한 실험구에 있어서 rotifer의 최고밀도와 유성생식률은 차이는 없으나 수정률과 내구란 형성은 공기를 공급한 실험구가 산소를 공급한 실험구보다 높게 나타났다. 배양수의 환수간격에 따른 실험에서 환수를 하지 않은 실험구가 rotifer 최고밀도와 내구란 형성은 환수를 한 실험구(매일 환수한 실험구)보다 높게 나타났지만 내구란 생산의 효율적인 측면에서 *Chlorella* 건조중량당 내구란 형성은 환수를 한 실험구(매일 환수한 실험구)에서 가장 높게 나타났다. 또한 0.5 톤 수조에서 내구란의 총 생산량은  $51.8\sim 57.9 \times 10^6$  개로 나타났다.

본 연구의 결과를 종합하여 볼 때, 공기를 공급한 batch 배양이 담수산 rotifer, *B. calyciflorus*의 내구란을 대량생산하는데 효과적인 방법인 것으로 판단된다. 또한 이종의 내구란 대량생산은 해수산 rotifer *B. plicatilis*와 *B. rotundiformis*와 비슷한 생산 효율을 보인 것으로 판단된다.

## 사 사

이 연구는 강릉대학교 동해안해양생물자원연구센터(RRC)의 지원에 의하여 수행된 결과로 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

- Awaiss, A., P. Kestemont and J. C. Micha, 1996. Fatty acid profiles of two freshwater fish larvae (gudgeon and perch) reared with *Brachionus calyciflorus* Pallas (Rotifer). *Aquaculture Research*, 27, 651-658.
- Awaiss, A. and Kestemont P., 1998. Feeding sequences (rotifer and dry diet), survival, growth and biochemical composition of African catfish, *Clarias gariepinus* Burchell (Pisces: Clariidae) larvae. *Aquaculture Research*, 29, 731-741.
- Balompapueng, M. D., A. Hagiwara, A. Nishi, K. Imaizumi and K. Hirayama, 1997. Resting egg formation of the rotifer *Brachionus plicatilis* using a semi-continuous culture method. *Fish. Scie.*, 63, 236-241.
- Carmona, M. J., M. Serra and M. R. Miracle, 1993. Relationships between mixis in *Brachionus plicatilis* and preconditioning of culture medium by crowding. *Hydrobiologia*, 255/256, 145-152.
- Duncan, D. B., 1955. Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics*, 11, 1-42.
- Gilbert, J. J., 1967. Mictic female production in the rotifer, *Brachionus calyciflorus*. *J. Exp. Zool.*, 153, 113-124.
- Hagiwara, A., M. D. Balompapueng, N. Munuswamy and K. Hirayama, 1997. Mass production and preservation of the resting eggs of the euryhaline rotifer, *Brachionus plicatilis* and *B. rotundiformis*. *Aquaculture*, 155, 223-230.
- Hagiwara, A., K. Hamada, A. Nishi, T. Imaizumi and K. Hirayama, 1993a. Mass production of rotifer (*Brachionus plicatilis*) resting eggs in 50 m<sup>3</sup> tanks. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59, 93-98.
- Hagiwara, A., K. Hamada, A. Nishi, T. Imaizumi and K. Hirayama, 1993b. Dietary value of neonates from rotifer *Brachionus plicatilis* resting eggs for red sea bream larvae. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59, 99-104.
- Hagiwara, A., A. Hino and R. Hirano, 1988. Effects of temperature and chlorinity on resting egg formation in the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 54, 569-575.
- Hagiwara, A. and K. Hirayama, 1993. Preservation of rotifers and its application in the finfish hatchery. (in) C.S. Lee, M.S. Su and I.C. Liao (ed.), *Proceedings of Finfish Hatchery in Asia '91*. TML Conference Proceedings, 3, Tungking Marine Laboratory, Taiwan Fisheries Research Institute, Tungking, Pingtung, Taiwan, pp. 61-71.
- Hino, A. and R. Hirano, 1976. Ecological studies on the mechanism of bisexual reproduction in the rotifer *Brachionus plicatilis*. General aspects of bisexual reproduction inducing factors. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 42, 1093-1099.
- Hur, S. B. and H. G. Park, 1996a. Mass production of resting egg of Korean rotifer, *Brachionus plicatilis* (L and S-type). *J. Aquacult.*, 9, 345-351.
- Hur, S. B. and H. G. Park, 1996b. Size and resting egg formation of Korean rotifer *Brachionus plicatilis* and *B. calyciflorus*. *J. Aquacult.*, 9, 187-194.
- Işik, O., E. Sarihan, E. Kuşvuan, 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.
- Kwon, O.-N., S. G. Jo and H. G. Park, 2001. Effect of vitamin B<sub>12</sub> addition on the hatching rate and production of resting eggs of freshwater rotifer, *Brachionus calyciflorus* Pallas. *J. Kor. Fish. Soc.*, 34, 160-163.
- Lee, K. W., H. G. Park, S.-M. Lee, H., Han and Y. S., Lim, 2004. Food value of freshwater rotifer (*Brachionus calyciflorus*) for culture of sweetfish (*Plecoglossus altivelis*) larvae. *J. Kor. Fish. Soc.*, 37, 7-12.
- Lim, L. C. and C. C. Wong, 1997. Use of the rotifer, *Brachionus calyciflorus* Pallas, in freshwater ornamental fish larviculture. *Hydrobiologia*, 358, 269-273.
- Park, H. G., 1998. Growth and production of resting eggs of freshwater rotifer, *Brachionus calyciflorus* Pallas at the different temperatures. *J. Kor. Fish. Soc.*, 31, 779-784.
- Park, H. G., S. Lee and S. B. Hur, 1999a. Dietary value of neonate from rotifer, *Brachionus plicatilis* and *B. rotundiformis* resting eggs for flounder and parrot fish larvae. *J. Aquaculture*, 12, 31-39.
- Park, H. G., K. W. Lee and S. K. Kim, 1999b. Growth of rotifer by the air, oxygen gas-supplied and the pH-adjusted and productivity of the high density culture. *J. Kor. Fish. Soc.*, 32, 753-757.
- Park, H. G., O.-N. Kwon, K. Y. Park and K. Y. Kim, 2000. Production and hatching rate of resting egg of freshwater rotifer, *Brachionus calyciflorus* Pallas fed the different diets. *J. Kor. Fish. Soc.*, 33, 225-229.

Pourriot, R. and T. W. Snell, 1983. Resting eggs in rotifers. *Hydrobiologia*, 104, 213-224.

Snell, T. W., M. C. Childress, F. H. Boyer and F. H. Hoff, 1987. Assessing the status of rotifer mass cultures. *J. World Aquacult. Soc.*, 18, 270-277.

Snell, T. W. and C. R. Janssen, 1995. Rotifers in ecotoxicology: review. *Hydrobiologia*, 313/314, 231-247.

---

원고접수 : 2005년 3월 8일

수정본 수리 : 2005년 4월 13일