

먹이종류에 따른 Rotifer, *Brachionus calyciflorus* Pallas의 내구란 생산 및 부화율

박흥기 · 권오남 · 박기영 · 김광양*
강릉대학교 해양생명공학부, *주식회사 제은

Production and Hatching Rate of Resting Egg of Freshwater Rotifer, *Brachionus calyciflorus* Pallas fed the Different Diets

Huem Gi PARK, O Nam KWON, Kie Young PARK and Kwang-Yang KIM*

Faculty of Marine Bioscience & Technology, Kangnung National University, Kangnung 210-702, Korea
*Je Eun Co. LTD., Korea

This study was performed to investigate production and hatching rate of the resting egg of freshwater rotifer, *Brachionus calyciflorus* fed the 5 different diets (ESP, freshwater *Chlorella*, baker's yeast, the mixture of 70% ESP and 30% freshwater *Chlorella*, and the mixture of 30% baker's yeast and 70% freshwater *Chlorella*). The highest productions of resting eggs were 123.3 eggs/ml and 126.7 eggs/ml in the mixture of 70% ESP and 30% freshwater *Chlorella*, and the mixture of 30% baker's yeast and 30% and 70% freshwater *Chlorella*, respectively, which were significantly better than ESP, freshwater *Chlorella* or baker's yeast alone ($P < 0.05$). Hatching rate of the resting eggs from rotifer fed the mixture of 70% ESP and 30% freshwater *Chlorella* was the highest, 71.9% although this value was not significantly different compared with the mixture of 30% baker's yeast and 70% freshwater *Chlorella*, and freshwater *Chlorella* ($P < 0.05$). The results showed that the mixture of baker's yeast or ESP with the freshwater *Chlorella* seemed to be the best feeding regime for the production and hatching rate of resting egg of freshwater rotifer.

Key words: Rotifer, *Brachionus calyciflorus*, Resting egg, Hatching rate

서 론

최근 담수어류 및 갑각류의 종묘생산시 초기 먹이생물로 이용하기 위하여 담수산 rotifer, *Brachionus calyciflorus*의 대량배양을 위한 기초연구가 활발히 수행되고 있다 (Park, 1998; Dahril, 1997; Kang et al., 1997; Awaïss et al., 1992; Rico-Martinez and Dodson, 1992). *B. calyciflorus*는 해수산 rotifer, *Brachionus plicatilis*와 *B. rotundiformis*의 생활사와 같이 male에 관계없이 amictic female이 난을 생산하는 처녀생식과 수컷이 출현하여 미수정 mictic female과 교미에 의해 수정란 (resting egg)을 형성하는 유성생식으로 나누어진다 (Hagiwara, 1996). 유성생식에 의해 형성된 내구란은 두터운 2차 난막으로 싸여져 있어 외부환경이 부화에 적합하지 않으면 강한 내구성을 지니고 있어 휴면상태를 계속 유지한다 (Hagiwara et al. 1988). 한편 rotifer 내구란은 종의 유전적 형질을 효율적으로 보관 할 수 있을 뿐만 아니라 대량배양용 seed와 생태독성학의 실험재료로 이용할 수 있다 (Snell and Janssen, 1995). 또한 *Artemia* cyst처럼 쉽게 부화시켜 자어에 직접 공급할 수 있는 장점이 있다. 따라서 최근에는 해수산 rotifer, *B. plicatilis*와 *B. rotundiformis*의 내구란을 대량생산하여 어류 자어의 먹이생물로 이용되고 있다 (Park et al., 1999; Hagiwara et al., 1993a, b).

Hagiwara (1996)은 해수산 *B. plicatilis*와 *B. rotundiformis*의 경우, 내구란 형성에 대한 정확한 기작은 밝혀져 있지 않지만 rotifer strain과 clone에 관한 유전적인 요인과 수온, 염분, 먹이종류, 배양밀도, 암모니아 농도 등에 관한 환경적인 요인에 따라 많은 영향을 받는다고 보고하였다.

그러나 담수산 rotifer, *B. calyciflorus*의 경우, 먹이농도에 따른

수정하지 않은 mictic female의 생리학적 특성에 관한 연구 (Galindo and Guisande, 1993)와 수온에 따른 내구란 생산 (Park, 1998)으로 내구란 생산에 미치는 환경적인 요인에 관한 연구는 미진한 실정이다. 특히, rotifer의 효율적인 내구란 생산을 위해서는 내구란 형성에 영향을 미치는 먹이종류는 매우 중요하며 (Hamada et al., 1993; Park and Hur, 1996; Hur and Park, 1996b), 내구란 형성시 먹이종류에 따른 내구란의 부화율에도 많은 영향을 미친다고 보고하였다 (Park and Hur, 1996).

따라서 본 연구는 먹이종류에 따른 담수산 *B. calyciflorus*의 성장과 내구란 생산 및 내구란의 부화율을 조사하였다.

재료 및 방법

본 실험에 이용한 담수산 rotifer, *B. calyciflorus*는 전라남도 옥구군 메기양식장 (O-C strain)에서 순수분리 (Hur and Park, 1996a)한 strain으로 28°C에서 생산된 내구란을 6개월간 냉장 보관한 후 실험에 이용하였다.

내구란은 27°C, 3,000 lux조건에서 부화시켰으며 갓 부화한 rotifer를 250 ml 삼각플라스크 (배양수 200 ml)에 초기 접종밀도를 5 개체/ml로 하였다. 실험구로는 ESP (주식회사, 제은) 100% 단독구, 담수산 농축 *Chlorella* (주식회사, 하나) 100% 단독구, 팽효모 (주식회사, 체니코) 100% 단독구, ESP 70%와 담수산 농축 *Chlorella* 30% 혼합구, 팽효모 30%와 담수산 농축 *Chlorella* 70% 혼합구로 모두 5개 실험구로 하였다. 먹이공급량은 rotifer 10 개체/ml를 기준으로 먹이 1.4 mg (건조중량)을 1회/일로 공급하였고,

1일 2회 배양용기를 흔들어 주고 실험은 3반복으로 하였다.

Rotifer의 유성생식율, 수정률, rotifer 10⁴개체 당 내구란 생산 및 먹이 건조중량 당 내구란 생산은 Hagiwara et al. (1988)의 방법에 따라 계산하였다. 그리고 배양기간 중 rotifer의 최고밀도 (개체수/ml)와 성장률 (specific growth rate, r)을 조사하였다. ($r = (1/T) \ln (N_T/N_0)$ (T=접종이후 rotifer가 최고밀도에 도달하기까지의 배양일수; N_T =T days의 rotifer 최고 밀도; N_0 =rotifer 접종밀도). 또한 각 실험구에서 rotifer가 최고밀도에 도달한 후 감소되는 날에 실험을 종료하였다.

각 먹이에 따라 형성된 내구란의 부화를 실험은 내구란을 수은 4°C에서 3개월 동안 보관 후 2 ml (배양액 1 ml) multi culture plate에 내구란 100개를 수용하였다. 내구란의 부화조건은 수은 28°C, 3,000 lux로 하였고 36시간 후 내구란에서 부화한 rotifer를 조사하였다. 실험은 3회 반복하였다.

먹이종류에 대한 *B. calyciflorus*의 최고밀도, 성장률, 유성생식율, 내구란 생산 및 부화율에 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) program으로 검정하였다.

결 과

먹이종류에 따른 담수산 *B. calyciflorus*의 최고밀도, 성장률, 유성생식 및 수정률은 Table 1과 같다. 최고밀도와 성장률은 ESP 70%와 담수산 농축 *Chlorella* 30% 혼합구가 각각 1,250 개체/ml, 0.661로 가장 높게 나타났지만 ESP 100% 단독구와 빵효모 30%와 담수산 농축 *Chlorella* 70% 혼합구와는 유의적인 차이는 없었다 ($P > 0.05$). 그러나 빵효모 100% 단독구에서 rotifer의 최고밀도와 성장률이 각각 129 개체/ml, 0.381로 다른 실험구보다 낮게 나타났다.

먹이종류에 따른 유성생식율과 수정률은 빵효모 30%와 담수산 농축 *Chlorella* 70% 혼합구가 각각 13.56%, 61.2%로 높게 나타났고 담수산 농축 *Chlorella* 단독구와는 유의적인 차이는 보이지 않았다 ($P > 0.05$). 또한 빵효모 100% 단독구는 유성생식율은

5.30%로 낮게 나타났지만 수정률은 55.1%로 빵효모 30%와 담수산 농축 *Chlorella* 70% 혼합구와는 차이가 없었다 ($P > 0.05$).

먹이종류에 따른 rotifer 내구란 생산과 내구란의 부화율은 Table 2와 같다. rotifer의 일일내구란 생산과 ml당 내구란 생산은 빵효모 30%와 담수산 농축 *Chlorella* 70% 혼합구가 각각 14.1개, 126.7개로 높게 나타났고 ESP 70%와 담수산 농축 *Chlorella* 30% 혼합구와는 유의적인 차이는 보이지 않았다 ($P > 0.05$). 또한 rotifer 10,000개체 당 내구란 생산 및 건조먹이 1 g당 내구란 생산은 빵효모 30%와 담수산 농축 *Chlorella* 70% 혼합구가 각각 1,140.5개, 276.4개로 가장 높게 나타났고 ESP 70%와 담수산 농축 *Chlorella* 30% 혼합구와 담수산 농축 단독구와는 유의적인 차이는 나타나지 않았다 ($P > 0.05$). 먹이에 따른 rotifer 내구란의 부화율은 ESP 70%와 담수산 농축 *Chlorella* 30% 혼합구가 71.9%로 가장 높게 나타났지만 빵효모 30%와 담수산 농축 *Chlorella* 70% 혼합구와 담수산 농축 *Chlorella* 단독구에서 각각 67.5%와 61.9%로 나타나 이들 실험구간에는 유의적인 차이는 보이지 않았다.

고 찰

해수산 어류 및 갑각류의 먹이생물로 많이 이용되는 rotifer, *B. plicatilis*와 *B. rotundiformis*의 먹이로 *Nannochloropsis*, *Chlorella*, *Tetraselmis*, *Phaeodactylum* 등 식물먹이생물과 효모류 등이 널리 이용되고 있다 (Hur, 1991). 또한 비타민 A, C, D, E의 첨가 (Satuito and Hirayama, 1986), 지방산의 첨가 (Hirayama and Satuito, 1991), B₁₂를 생산하는 *Chlorella* (Maruyama and Hirayama, 1993)와 bacteria (Hagiwara et al., 1994; Yu et al., 1989) 등이 rotifer의 증식을 향상시킨다는 보고가 있다. Rotifer의 내구란 생산은 이들의 유성생식율, 수정률 및 수정한 mictic female의 산란수에 많은 영향을 받으며 특히, rotifer 배양 환경상태가 양호할 때 높은 개체수 증가로 많은 내구란을 생산한다 (Lubzens et al., 1985; Hagiwara et al., 1988; Snell, 1986; Snell and Boyer, 1988). 따라서 많은 내구란을 생산하기 위해서는 rotifer의 성장이 양호한 먹이를 선택하여야 한다.

Table 1. Growth and sexual reproduction of the freshwater rotifer, *Brachionus calyciflorus* cultured with the different diets

Diets	Culture days	Maximum density (inds./ml)	Specific growth rate(r)**	Mixis rate (%)	Fertilization rate(%)
ESP*	8.7 ± 0.58	1,186.7 ± 99.39 ^c	0.633 ± 0.0033 ^{bc}	3.80 ± 0.0938 ^a	20.8 ± 6.63 ^a
Freshwater <i>Chlorella</i>	9.0 ± 0.00	740.0 ± 85.05 ^b	0.554 ± 0.0013 ^b	10.75 ± 1.693 ^{bc}	53.4 ± 9.68 ^{bc}
Baker's yeast	8.3 ± 0.58	129.0 ± 31.53 ^a	0.381 ± 0.0034 ^a	5.30 ± 0.317 ^{ab}	55.1 ± 14.35 ^{bc}
ESP* 70% + Freshwater <i>Chlorella</i> 30%	8.3 ± 0.58	1,250.0 ± 180.83 ^c	0.661 ± 0.0025 ^c	9.83 ± 1.138 ^{bc}	33.5 ± 7.92 ^b
Baker's yeast 30% + Freshwater <i>Chlorella</i> 70%	9.0 ± 0.00	1,123.3 ± 40.55 ^c	0.601 ± 0.0004 ^{bc}	13.56 ± 1.148 ^c	61.2 ± 2.99 ^{ab}

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

*ESP (Je Eun Co., Korea) is a commercial product for rotifer culture.

**Specific growth rate (r); $r = 1/T \ln(N_T/N_0)$, where, T is culture days that rotifer density was the highest, and N_0 and N_T are the initial and rotifer density, respectively.

Table 2. Production and hatching rate of resting egg of the freshwater rotifer, *Brachionus calyciflorus* cultured with the different diets

Diets	No. of resting eggs/mL/day	No. of resting eggs/mL	No. of resting eggs/10 ⁴ rotifers	No. of resting eggs/dry diet (g)	Hatching rate (%)
ESP*	7.4 ± 2.80 ^b	66.7 ± 14.53 ^b	570.5 ± 1.27 ^{ab}	165.5 ± 44.24 ^b	53.7 ± 9.98 ^b
Freshwater <i>Chlorella</i>	7.4 ± 1.70 ^b	66.7 ± 8.82 ^b	901.9 ± 0.71 ^{bc}	218.7 ± 14.35 ^{bc}	61.9 ± 8.37 ^{bc}
Baker's yeast	0.4 ± 0.64 ^a	3.3 ± 3.33 ^a	222.2 ± 2.22 ^a	45.1 ± 45.05 ^a	37.3 ± 13.31 ^a
ESP* 70% + Freshwater <i>Chlorella</i> 30%	13.7 ± 1.28 ^c	123.3 ± 6.67 ^c	1,018.3 ± 1.09 ^{bc}	232.6 ± 21.09 ^{bc}	71.9 ± 5.98 ^c
Baker's yeast 30% + Freshwater <i>Chlorella</i> 70%	14.1 ± 3.21 ^c	126.7 ± 16.67 ^c	1,140.5 ± 1.92 ^c	276.4 ± 23.80 ^c	67.5 ± 10.35 ^{bc}

Values (mean ± s.d. of three replication) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05). *ESP (Je Eun Co., Korea) is a commercial product for rotifer culture.

본 실험에서 rotifer의 성장은 ESP 70%와 담수산 농축 *Chlorella* 30% 혼합구와 빵효모 30%와 담수산 농축 *Chlorella* 70% 혼합구가 최대밀도와 성장률이 높게 나타났기 때문에 내구란 생산도 이들 혼합구가 비교적 담수산 농축 *Chlorella*, ESP 및 빵효모 단독구보다 높게 나타났다.

Lee et al. (1997)은 ESP를 해수산 rotifer에 먹이로 공급할 경우 해산 *Chlorella*보다 성장이 양호하다고 보고하였다. 본 실험에서도 ESP를 100%로 공급한 rotifer는 성장과 최고밀도는 높게 나타났지만 내구란 생산은 낮게 나타났다. 이러한 이유는 rotifer의 많은 내구란을 생산할 때 먼저 유성생식을 높여야 하는데 ESP의 경우 유성생식율이 매우 낮게 나타났다. Rotifer의 유성생식은 먹이의 영양에 따라서 차이 있으며, 특히 rotifer가 유성생식을 할 때에는 무성생식을 할 때보다 많은 에너지를 요구한다고 보고하였다 (Snell and Boyer, 1988). 이처럼 유성생식율에 많은 영향을 미치는 먹이의 질적인 요인으로는 먹이에 포함된 B₁₂로 보고 (Hagiwara et al., 1994)되고 있는데 본 실험에서 ESP는 제조과정에서 해양세균인 *Erythrobactor sp.*와 효모 등을 혼합하여 만든 미립자 사료로 rotifer의 유성생식을 유도하기 위해서 B₁₂가 부족한 것으로 판단된다. 그러나 해수산 rotifer의 내구란 생산 실험 (Park and Hur, 1996)에 있어서 B₁₂가 포함된 제품인 담수산 농축 *Chlorella*가 효모류나 해산 *Chlorella*보다 내구란 생산이 높게 나타난 것처럼 본 실험에서도 담수산 *Chlorella*를 공급하였을 때 내구란 생산은 ESP와 빵효모 보다는 높게 나타났기 때문에 rotifer 내구란 생산이 높았던 것으로 판단된다. 앞으로 B₁₂ 량에 따른 rotifer의 유성생식을 및 내구란 생산에 관한 구체적인 연구가 수행되어야 할 것으로 판단된다.

Hagiwara et al. (1993a)은 경제적인 내구란 생산을 위해서 먹이생물에 가격이 싼 빵효모를 혼합 공급하였을 때 먹이생물만 공급한 것보다 내구란 생산이 높게 나타났으며 Park and Hur (1996)의 연구결과에서도 먹이를 혼합 공급할 경우 내구란 생산이 높게 나타났고 *Chlorella* 혼합 비율에 따른 차이는 나타나지 않았다고 보고하였다. 따라서 본 실험에서도 ESP나 빵효모에 담수산 농축 *Chlorella*를 첨가하였을 경우, 내구란 생산은 해수산 rotifer처럼 단일 먹이로 공급한 것보다 높게 나타났다.

또한 내구란 생산에 영향을 미치는 B₁₂가 포함된 담수산 농축 *Chlorella*를 단독으로 공급할 경우, 유성생식율은 높게 나타났지만 실질적인 일일 내구란 생산과 총 내구란 생산은 혼합구보다 낮게 나타났는데 이러한 이유는 rotifer의 최고밀도가 낮게 나타난 것으로 판단된다. 이러한 최고밀도는 해수산 rotifer와 비교할 때 비슷한 경향을 보였다 (Park and Hur, 1996) 먹이종류에 따른 배양수의 pH, 암모니아, 용존산소 등 배양환경에 대한 것 (Hamada et al., 1993; Hagiwara et al., 1993a)으로 판단되기 때문에 앞으로 담수산 rotifer의 배양환경에 대한 구체적인 연구가 수행되어야 할 것으로 판단된다.

한편 Hamada et al. (1993)는 먹이에 따라서 해수산 rotifer 내구란의 부화율에는 차이가 나지 않는다고 보고하였지만 Hagiwara et al. (1997)와 Park and Hur (1996)에 의하면 내구란 형성시 이들에게 공급한 먹이의 영양이 내구란의 부화율에 많은 영향을 미친다고 보고하였다. 본 실험에 있어서도 먹이 종류에 따라서 혼합구와 담수산 농축 *Chlorella* 단독구에서 부화율이 높게 나타났다. 따라서 내구란을 비교적 높게 생산한 담수산 농축 *Chlorella*의 공급이 부화율에도 영향을 미친 것으로 판단된다.

본 실험을 종합하여 볼 때 담수산 농축 *Chlorella*를 다른 먹이와 적절하게 혼합하다면 단일 먹이로 배양하는 것보다 내구란 생산 및 부화율을 향상시킬 것으로 판단되며 앞으로 경제적인 내구란 생산 및 높은 부화율을 얻기 위해서는 적절한 혼합비율과 먹이 공급량이 조사되어야 할 것으로 판단된다.

요 약

담수산 rotifer, *B. calyciflorus*를 대상으로 5 종류의 먹이 (ESP, 담수산 농축 *Chlorella*, 빵효모 단독구와 ESP 70%와 담수산 농축 *Chlorella* 30% 혼합구 및 빵효모 30%와 담수산 농축 *Chlorella* 70% 혼합구)에 대한 내구란 생산과 먹이종류에 따라 생산된 내구란의 부화율을 조사하였다.

먹이 종류에 따른 내구란 생산은 ESP 70%와 담수산 농축 *Chlorella* 30% 혼합구와 빵효모 30%와 담수산 농축 *Chlorella* 70%

혼합구에서 각각 123.3 개/ml와 126.7 개/ml로 가장 높게 나타났고, 단독구보다 혼합구에서 높게 나타났다. 또한 먹이에 따른 내구란의 부화율은 ESP 70%와 담수산 농축 *Chlorella* 30% 혼합구에서 71.9%로 가장 높았지만 빵효모 30%와 담수산 농축 *Chlorella* 70% 혼합구 및 담수산 농축 *Chlorella* 단독구와는 유의적인 차이는 보이지 않았다.

본 연구 결과, 담수산 rotifer의 내구란 생산 및 부화율을 높이기 위한 먹이로 담수산 농축 *Chlorella*에 빵효모와 ESP를 혼합하여 공급하는 것이 가장 효과적인 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 해양수산부에서 시행한 1998년도 수산특정연구개발 사업과제에 의해 수행된 연구결과이며 연구비를 지원해 주신 해양수산부에 심심한 사의를 표합니다.

참 고 문 헌

- Awais, A., and P. Kestemont. 1992. An investigation into mass production of the freshwater rotifer, *Brachionus calyciflorus* Pallas. 2. Influence of temperature on the population dynamics. *Aquaculture*, 105, 337~344.
- Dahril, T. 1997. A study of the freshwater rotifer *B. calyciflorus* in Pekanbaru, Riau, Indonesia. *Hydrobiologia*, 358, 211~215.
- Duncan, D.B. 1955. Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics*, 11, 1~42.
- Galindo, M.D. and C. Guisande. 1993. The reproductive biology of mictic females in *Brachionus calyciflorus* Pallas. *J. Plankton Res.*, 15, 803~808.
- Hagiwara, A. 1996. Use of resting eggs for mass preservation of marine rotifers. *Saibai Giken*, 24(2), 109~120 (in Japanese).
- 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., K. Hamada, A. Nishi, T. Imaizumi and K. Hirayama. 1993a. Mass production of rotifer (*Brachionus plicatilis*) resting eggs in 50 m³ 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., K. Hamada, S. Hori and K. Hirayama. 1994. Increased sexual reproduction in *Brachionus plicatilis* (Rotifera) with the addition of bacteria and rotifer extracts. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 181, 1~8.
- 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.
- Hamada, K., A. Hagiwara and K. Hirayama. 1993. Use of preserved diet for rotifer (*Brachionus plicatilis*) resting egg formation. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59, 85~91.
- Hirayama, K. and C.G. Satuito. 1991. The nutritional improvement of baker's yeast for the growth of the rotifer, *Brachionus plicatilis*. In *Rotifer and Microalgae Culture Systems*, Fulks W. and K. L. Main, ed. Honolulu, Hawaii, pp. 151~162.
- Hur, S.B. 1991. The selection of optimum phytoplankton species for rotifer culture during cold and warm seasons and their nutritional value for marine finfish larvae. In *Rotifer and Microalgae Culture Systems*, Fulks W. and K.L. Main, ed. Honolulu, Hawaii, pp. 163~173.
- Hur, S.B. and H.G. Park. 1996a. Size and resting egg formation of Korean rotifer, *Brachionus plicatilis* and *B. calyciflorus*. *J. Aquacult.*, 9(3), 187~194 (in Korean).
- Hur, S.B. and H.G. Park. 1996b. Mass production of resting egg of Korean rotifer, *Brachionus plicatilis* (L and S-type). *J. Aquacult.*, 9(4), 345~351 (in Korean).
- Kang, E.J., B.I. Lee and E.O. Kim. 1997. Biological characteristics and growth of the Korean freshwater rotifer, *Brachionus calyciflorus* at various temperatures. *J. Aquacult.*, 10(4), 449~456 (in Korean).
- Lee, W.J., Y.S. Park, Y.T. Park, S.J. Kim and K.Y. Kim. 1997. Studies on the availability of marine bacteria and the environmental factors for the mass culture of the high quality of rotifer and *Artemia*. 1. Change of fatty acid and amino acid composition during cultivation of rotifer, *Brachionus plicatilis* by marine bacteria *Erythrobacter sp. S π-1*. *J. Korean Fish. Soc.*, 30(3), 319~328 (in Korean).
- Lubzens, E., G. Minkoff and S. Marom, 1985. Salinity dependence of sexual and asexual reproduction in the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Mar. Biol.*, 92 : 123~126.
- Maruyama, I. and K. Hirayama, 1993. The culture of the rotifer *Brachionus plicatilis* with *Chlorella vulgaris* containing vitamin B12 in its cells. *J. World Aquacult. Soc.*, 24(2), 194~198.
- Park, H.G. 1998. Growth and production of resting eggs of freshwater rotifer, *Brachionus calyciflorus* Pallas at the different temperature. *J. Korean Fish. Soc.*, 31(5), 779~784 (in Korean).
- Park, H.G. and S.B. Hur. 1996. Production and hatching rate of resting egg of Korean rotifer, *Brachionus plicatilis* (S-type) with different diets. *J. Aquacult.*, 9(4), 329~337 (in Korean).
- Park, H.G., S.M. Lee and S.B. Hur. 1999. Dietary value of neonates from rotifer, *Brachionus plicatilis* and *B. rotundiformis* resting eggs for flounder and parrot fish larvae. *J. Aquacult.*, 12(1), 31~38 (in Korean).
- Rico-Martinez, R. and S.I. Dodson. 1992. Culture of the rotifer, *Brachionus calyciflorus* Pallas. *Aquaculture*, 105, 191~199.
- Satuito, C.G. and K. Hirayama, 1986. Fat-soluble vitamin requirements of the rotifer *Brachionus plicatilis*. In *The First Asian Fisheries Forum*, J.L. Maclean, L.B. Dizon and L.V. Hosillos ed. Asian Fisheries Society, Manila, Philippines, pp. 619~622.
- Snell, T.W. 1986. Effect of temperature, salinity and food level on sexual and asexual reproduction in *Brachionus plicatilis* (Rotifera). *Mar. Biol.*, 92, 157~162.
- Snell, T.W. and C.R. Janssen. 1995. Rotifers in ecotoxicology: review. *Hydrobiologia*, 313/314, 231~247.
- Snell, T.W. and E.M. Boyer. 1988. Thresholds for mictic female production in the rotifer *Brachionus plicatilis* (Müller). *J. Exp. Mar.*

Biol. Ecol., 124, 73~85.
SPSS Inc. 1997. SPSS Base 7.5 for Window, SPSS Inc., 444N. Michigan Avenue, Chicago, IL, 60611.
Yu, J., A. Hino, M. Ushio and M. Maeda. 1989. Function of bacteria as B₁₂-producers during mass culture of the rotifer *Brachionus*

plicatilis. Nippon Suisan Gakkaishi, 55, 1799~1806.

2000년 3월 27일 접수

2000년 5월 13일 수리