

담수산 농축 *Chlorella*와 빵효모의 혼합 공급 비율에 따른 담수산 Rotifer, *Brachionus calyciflorus* Pallas의 대량배양

이균우 · 박흡기 · 박기영

강릉대학교 해양생명공학부

Different Combinations of Condensed *Chlorella* and Baker's Yeast for Mass Culture of the Freshwater Rotifer, *Brachionus calyciflorus* Pallas

Kyun Woo Lee, Huem Gi Park and Kie Young Park

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

To reduce the production cost of the rotifer, different combinations of *Chlorella* and Baker's yeast were used to mass culture of *Brachionus calyciflorus*. Rotifer density tended to decrease abruptly at 100 % *Chlorella*-feeding, when unionized ammonia level ranged from 14.1 to 29.6 ppm and DO level from 0.2 to 0.3 ppm. Hence DO level > 0.3 ppm and unionized ammonia level < 14 ppm should be maintained. Production cost of the rotifer was the highest, when a combination of 100 % *Chlorella* was chosen as food source, but it was about 1.8 times less, when a combination of 70 % *Chlorella* and 30 % yeast was used as food source. However, the highest rotifer density remained almost at the same level, when either of the combination was chosen as food source. A combination of 70 % *Chlorella* and 30 % yeast is recommended for maximum production of the rotifer at the lowest feed cost.

Key words: Rotifer, *Brachionus calyciflorus*, Freshwater *Chlorella*, Baker's yeast

서 론

해수산 rotifer, *Brachionus plicatilis*와 *B. rotundiformis*가 초기 먹이생물로 해수산 어류 및 갑각류의 종묘생산에 가장 널리 이용되는 것처럼 담수산 rotifer, *Brachionus calyciflorus*도 담수산 어류 자어의 먹이로 이용이 가능하며 (Mitchell, 1986; Mitchell and Joubert, 1986) 특히, 입이 작은 열대 관상어인 Dwarf Gourami와 Discus의 초기 먹이로 이용되고 있다(Lim and Wong, 1997). 따라서 담수산 rotifer를 먹이생물로 이용하기 위해서 *B. calyciflorus*의 대량배양을 위한 수온, 먹이, pH 등 최적 배양환경요인에 관한 연구가 수행되었다(Park, 1998; Kang et al., 1997; Rico-Martinez and Dodson, 1992; Mitchell, 1992; Awaïss et al., 1992; Awaïss and Kestemont, 1992).

현재 담수산 rotifer 대량배양시 먹이로 이용하는 것은 주로 자가 생산된 식물 플랑크톤을 이용한다(Dahril, 1997;

Lim and Wong, 1997 ; Schlüter and Groeneweg, 1985). 이러한 자가 생산 방법은 식물 플랑크톤의 개체밀도가 낮기 때문에(최고 8×10^6 cells/ml 전후) 이를 먹이로 하는 rotifer의 개체밀도도 비교적 낮게 유지된다. 따라서 자어의 먹이로 공급되는 rotifer 필요량을 생산하기 위해서는 많은 식물 플랑크톤 배양수조가 요구되며, 이러한 요구는 종묘의 생산비용을 높게 할 수 있다(Park et al., 1999b). 또한 식물 플랑크톤 배양배지로 여러 종류의 분뇨를 사용하기 때문에 배양환경이 빨리 악화되는 경향이 있으며 rotifer를 포식하는 *Asplanchna* sp., 먹이경쟁자인 *Daphnia*와 *Moina* 등이 rotifer와 함께 혼재되어 있어 rotifer의 성장에 부정적인 영향을 미친다(Gilbert, 1985; Mitchell, 1986; Jung et al. 1997).

따라서 담수산 rotifer의 안정적인 대량배양을 위해서는 적절한 먹이확보가 필요할 것으로 판단된다. 최근 해수산 rotifer, *B. plicatilis*와 *B. rotundiformis*의 대량배양을

위한 간편한 먹이로 담수산 농축 *Chlorella*와 빵효모를 많이 이용하고 있다(Park and Hur, 1996; Hamda et al., 1993; 平田, 1989). 특히, 담수산 농축 *Chlorella*는 rotifer의 성장에 많은 영향을 미치는 것으로 보고된 vitamin B₁₂가 함유되어 있어 rotifer의 빠른 성장을 유도할 수 있지만 (Maruyama et al., 1997) 경제적 측면에 있어서는 빵효모보다 rotifer생산비가 비교적 높다. 따라서 본 연구는 담수산 rotifer, *B. calyciflorus*를 경제적으로 대량배양하기 위한 먹이로 담수산 농축 *Chlorella*와 빵효모 혼합 공급 비율에 따른 rotifer의 배양 환경수 변화와 경제성을 분석 조사하였다.

재료 및 방법

실험에 이용한 rotifer는 *B. calyciflorus* 옥구 strain으로 600 ℓ-원형수조(배양수 500 ℓ)에 최초 접종밀도 30 개체/ml로 하였고, 배양수온은 자동온도조절기를 이용하여 28 ℃로 유지하였다. 공기공급은 소형 공기 공급장치를 이용하여 각 수조에 0.014 VVM(통기량/배양수량/분)를 공급하였다. 실험에 이용된 먹이는 담수산 농축 *Chlorella* (주식회사, 하나)와 빵효모(주식회사, 제니코)를 이용하였다. 실험구는 담수산 농축 *Chlorella* 100% 단독구, *Chlorella* 70%와 빵효모 30% 혼합구, *Chlorella* 50%와 빵효모 50% 혼합구, *Chlorella* 30%와 빵효모 70% 혼합구, 빵효모 100% 단독구로 하였다. 먹이 공급량은 rotifer 1,000개체당 각 먹이의 건조중량 0.7842 mg(*Chlorella* 1.92×10^8 cells)으로 하여 1일 3회 나누어서 공급하였다. Rotifer의 계수는 입체현미경 하에서 3회 계수하였고, 계수는 1일 1회 실시하였다. 또한 배양수의 용존산소, pH, NH₃-N을 측정하기 위해 용존산소측정기(YSI, Model 57)와 pH 및 NH₃-N 측정기

(Orion, Model 920A)를 사용하였다.

Rotifer의 성장률(Specific growth rate, r)은 Roberto and Stanley(1992)의 식에 의해 계산되었다. [$r = (1/T) \ln(N_T/N_0)$ ($T =$ 접종이후 rotifer가 최고밀도에 도달하기까지의 배양일수; $N_T = T$ days의 rotifer 최고 밀도; $N_0 =$ rotifer 접종밀도)]. 또한 실험기간은 각 실험구에서 rotifer가 최고밀도에 도달한 후 감소하는 날에 실험을 종료하였다.

담수산 농축 *Chlorella*와 빵효모 혼합공급비율에 대한 *B. calyciflorus*의 최고밀도, 성장률 및 rotifer 1억개체를 생산하는데 소요된 먹이비용에 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

농축 *Chlorella*와 빵효모 혼합 공급비율에 따른 담수산 rotifer의 성장은 Fig. 1과 Table 1에 나타내었다. Rotifer의 최고밀도는 *Chlorella* 100%를 공급한 실험구에서 899 ± 46 개체/ml로 가장 높게 나타났지만 *Chlorella* 70%와 빵효모 30%로 혼합 공급한 실험구 669 ± 156 개체/ml와는 유의적인 차이가 없었다($P > 0.05$). 또한 *Chlorella*와 빵효모를 혼합공급한 실험구에서 *Chlorella* 공급비율이 높을수록 최고 밀도는 높게 나타났지만 이들 실험구간의 유의적인 차이는 보이지 않았다($P > 0.05$). 빵효모 100%를 공급한 실험구에서 rotifer의 최고밀도는 가장 낮은 161 ± 51 개체/ml로 나타났다. 그러나 농축 *Chlorella*와 빵효모 혼합 공급비율에 따른 rotifer의 성장률 r 은 *Chlorella* 100% 단독구에서 0.456으로 높게 나타났지만 다른 실험구와의 유의적인 차

Table 1. Productivity of the freshwater rotifer, *Barchionus calyciflorus* fed on the different combinations of *Chlorella* and Baker's yeast in batch culture.

Diet ratios	Maximum rotifer density (no./ml)	Specific growth rate (r)	Production cost* (won/ 1×10^8 rotifers)
Freshwater <i>Chlorella</i> 100%	899 ± 46^c	0.456 ± 0.0526^a	$9,187 \pm 148^c$
Freshwater <i>Chlorella</i> 70% + Baker's yeast 30%	669 ± 156.0^{bc}	0.443 ± 0.0169^a	$5,067 \pm 502^b$
Freshwater <i>Chlorella</i> 50% + Baker's yeast 50%	447 ± 102.5^b	0.411 ± 0.0042^a	$4,651 \pm 49^b$
Freshwater <i>Chlorella</i> 30% + Baker's yeast 70%	427 ± 72.5^b	0.355 ± 0.0465^a	$4,012 \pm 415^b$
Baker's yeast 100%	161 ± 51.8^a	0.379 ± 0.0525^a	$1,137 \pm 359^a$

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

*Cost for *Chlorella* and Baker's yeast was 6.5 won/dry weight (g) and 2.4 won/dry weight (g), respectively.

담수산 농축 *Chlorella*와 빵효모의 혼합 공급 비율에 따른 담수산 Rotifer, *Brachionus calyciflorus* Pallas의 대량배양

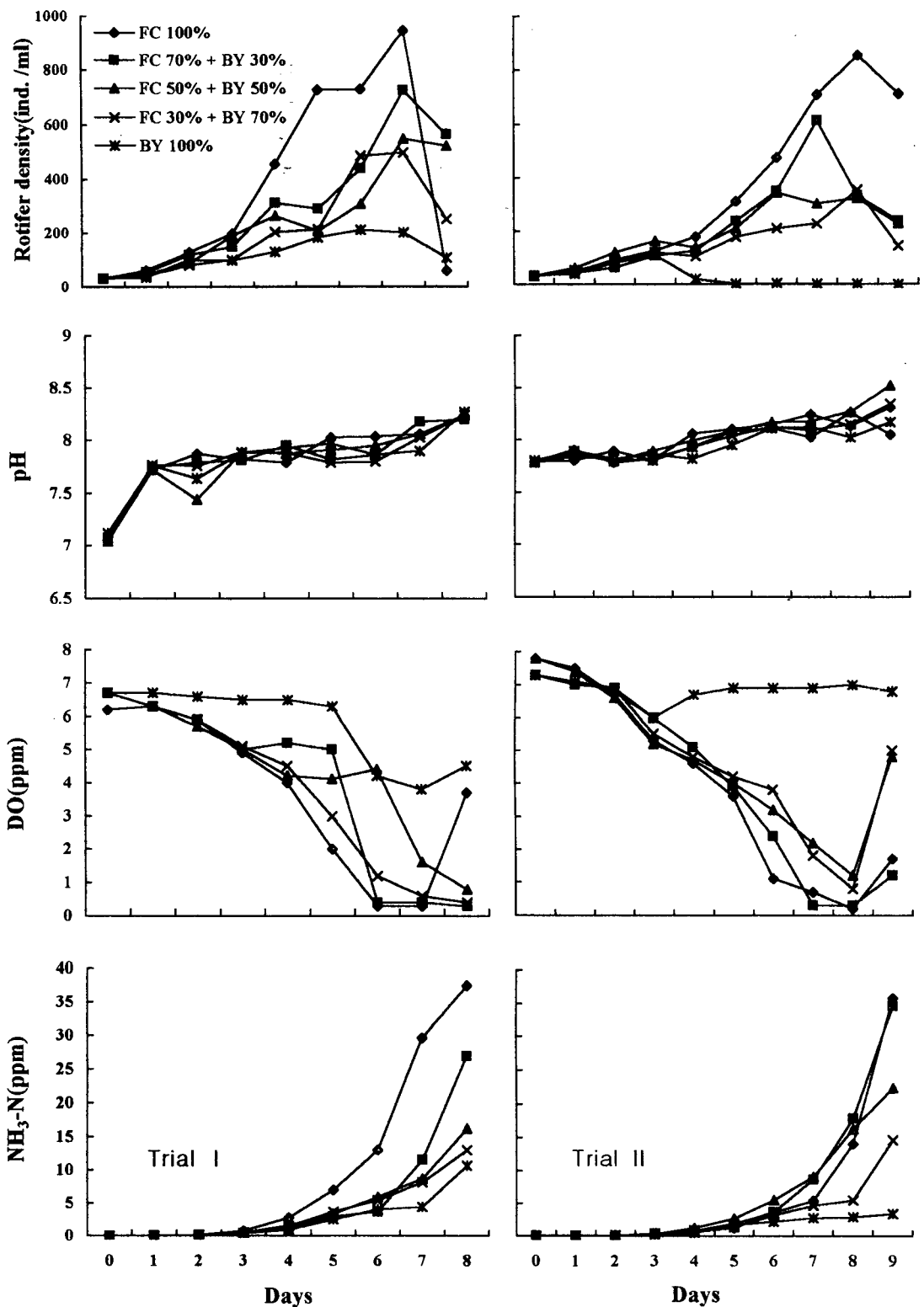


Fig. 1. Growth of *Brachionus calyciflorus* fed on the different combinations *Chlorella* (FC) and Baker's yeast (BY) combinations in 500 l tank.

이는 보이지 않았다($P>0.05$).

농축 *Chlorella*와 빵효모 혼합 공급비율에 따른 pH, 용존산소 및 $\text{NH}_3\text{-N}$ 의 변화는 Fig. 1과 같다. 각 실험구의 pH 변화를 보면 배양시간이 경과함에 따라 서서히 증가하는 경향을 보였고 실험종료시는 모든 실험구에서 8.20~8.52 범위까지 증가하였다.

배양시간에 따른 용존산소의 변화를 보면 모든 실험구에서 개체수가 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였고, *Chlorella* 100% 단독구 및 *Chlorella*와 빵효모 혼합구에서 rotifer가 최고밀도에 도달하였을 때 용존산소가 0.2~1.6 ppm으로 나타났다. 그러나 빵효모 100% 공급구에서는 rotifer가 최고밀도에 도달하였을 때 용존산소는 4.2~6 ppm으로 다른 실험구보다 높게 나타났다.

또한 각 실험구의 $\text{NH}_3\text{-N}$ 의 변화는 배양시간이 경과함에 따라 $\text{NH}_3\text{-N}$ 농도가 증가하는 경향을 보였고, 실험 I 과 II에서 rotifer 최고밀도를 기준으로 *Chlorella* 100% 단독구의 $\text{NH}_3\text{-N}$ 농도는 29.6 ppm과 14.1 ppm으로 다른 실험구보다 높게 나타났다.

농축 *Chlorella*와 빵효모의 먹이공급 비율에 따른 rotifer 1×10^8 개체 생산 시 먹이비용은 Table 1과 같다. *Chlorella* 100% 단독구에서의 먹이비용은 9,187원으로 다른 실험구보다 높게 나타났고($P<0.05$), *Chlorella*와 빵효모 혼합구에 있어서는 4,012~5,067원으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다($P>0.05$). 또한 빵효모 단독구는 rotifer 1×10^8 개체 생산시 먹이비용이 1,137원으로 가장 낮게 나타났다.

고 찰

해수산 rotifer는 무산소 상태에 강하지만 12시간이 지나면 모두 폐사한다고 보고하였다(今田, 1983). 또한 Yoshimura et al. (1994)와 Park et al. (1999a)은 안정적인 rotifer 성장을 위해서는 용존산소가 2 ppm 이상을 유지하여야 하며, 中尾·萩原(1995)은 4 ppm 이상을 유지하여야 한다고 보고하였다. 본 연구에서도 빵효모 100% 단독구를 제외하고 *Chlorella* 100% 단독구 및 *Chlorella*와 빵효모 혼합구에서 rotifer가 최고밀도에 도달하였을 때 용존산소가 0.2~1.6 ppm으로 낮게 나타났고, 이후 rotifer의 개체수는 감소하는 경향을 보였다. 이러한 감소원인은 낮은 용존산소 때문인 것으로 판단된다.

한편 Yoshimura et al. (1995)은 담수 *Chlorella*를 먹이로 공급할 때 배양시간이 지날수록 pH값이 상승하여 8이

상에서는 이온화되지 않은 암모니아($\text{NH}_3\text{-N}$) 증가로 독성을 유발하는 농도 20 ppm에 달하기 때문에 rotifer의 대량배양을 수행하는데 증식저해요인이 된다고 보고하였다. 또한 Park et al. (1999b)의 실험에서 해수산 rotifer의 경우 이온화되지 않은 암모니아의 농도가 16.6~22.6 ppm 일 때 rotifer 밀도는 감소하는 경향을 보였다.

본 연구에서도 배양일이 경과할수록 $\text{NH}_3\text{-N}$ 의 농도는 증가하는 경향을 보였다. 특히 *Chlorella* 100% 단독구에서 각각 7일째와 8일째 $\text{NH}_3\text{-N}$ 의 농도가 각각 14 ppm와 29 ppm으로 높게 나타났고, 실험 II의 *Chlorella* 70%와 빵효모 30% 혼합구 및 *Chlorella* 50%와 빵효모 50% 혼합구에서 8일째 $\text{NH}_3\text{-N}$ 의 농도가 17.9 ppm과 16.3 ppm으로 나타났는데 이때 rotifer의 감소는 용존산소 부족뿐만 아니라 높은 $\text{NH}_3\text{-N}$ 영향도 복합적으로 작용한 것으로 판단된다. 이처럼 담수산 rotifer도 해수산 rotifer처럼 배양수의 용존산소량 감소와 pH 상승으로 인한 이온화 되지 않은 암모니아($\text{NH}_3\text{-N}$)의 증가로 개체수가 감소한 것으로 판단된다. 그러나 빵효모 100% 단독구에서의 rotifer의 감소원인은 용존산소와 $\text{NH}_3\text{-N}$ 이외의 어떤 다른 요인인 것으로 판단된다.

Rothhaupt (1990)는 rotifer (*Brachionus* 屬)에 있어서 그들의 영양과 번식은 공급한 먹이종류의 크기에 달려있고 *B. calyciflous*는 12 μm 크기의 먹이를 선호한다고 보고하였다. 그러나 본 실험에서 이용한 담수산 농축 *Chlorella*와 빵효모의 크기는 각각 지름이 $3.27 \pm 0.828 \mu\text{m}$, $4.53 \pm 0.999 \mu\text{m}$ 로 서로 비슷하게 나타났기 때문에 먹이크기 차이로 인한 rotifer의 먹이 선택 여과섭취 문제는 *Chlorella*와 빵효모 공급비에 따른 rotifer의 개체밀도 성장에 영향을 미치지 않은 것으로 판단된다. 한편 Snell et al. (1983)은 두 종류의 미세조류를 혼합하여 rotifer에 공급하는 것이 단일종만으로 공급하는 것보다 rotifer의 성장에 양호하다고 보고하였다. 그러나 Awaiss et al. (1992)는 담수산 rotifer인 *B. calyciflous*에게 빵효모와 미세조류를 공급했을 때 빵효모보다 미세조류를 공급한 실험구가 여과율과 먹이섭취율이 높아 rotifer의 성장이 높게 나타났다고 보고하였다. 이처럼 빵효모가 rotifer의 성장을 위한 먹이로서 영양적인 효과가 낮은 것은 mannoprotein으로 이루어진 외층과 glucan으로 된 내층의 두꺼운 이중 세포벽 때문에 소화 잘 되지 않은 것으로 판단되며(Coutteau et al., 1990), 본 실험에 있어서도 빵효모의 첨가 비율이 높을수록 rotifer의 성장은 비교적 낮게 나타났다.

또한 Yu et al. (1988, 1989)은 rotifer (*Brachionus plicatilis*)

성장에 필요한 vitamin B₁₂를 생산하는 박테리아를 먹이로 공급했을 때 공급하지 않은 것 보다 성장이 높았다고 보고하였다. 따라서 본 연구에서도 vitamin B₁₂가 첨가된 담수산 농축 *Chlorella*를 실험에 사용하였으므로 *Chlorella* 공급비율이 높을수록 rotifer의 성장은 높게 나타나는 경향을 보였던 것으로 판단된다.

본 연구를 종합하여 볼 때 먹이의 공급 비율에 따른 rotifer의 최고밀도는 *Chlorella* 100% 단독구에서 가장 높게 나타났지만 *Chlorella* 70%와 빵효모 30% 혼합구와는 유의적인 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 따라서 담수산 rotifer 1억 개체 당 생산비를 고려할 때 *Chlorella* 100% 단독구보다 *Chlorella* 70%와 빵효모 30% 혼합구가 1.8배 낮게 나타났기 때문에 가장 경제적이고 안정적인 먹이 공급 비율인 것으로 판단된다.

요 약

본 연구는 담수산 rotifer, *Brachionus calyciflorus*의 경제적인 대량배양을 위해서 담수산 농축 *Chlorella*와 빵효모 혼합 공급 비율에 따른 효과를 조사하였다.

담수산 rotifer의 최고밀도와 성장은 *Chlorella* 공급 비율이 높을수록 빠르게 나타났다. Rotifer 밀도가 증가할수록 배양수의 용존산소량은 감소하였고 이온화 되지 않은 암모니아량도 증가하였다. 특히, *Chlorella* 100% 단독구에서 용존산소량이 0.2~0.3 ppm으로 낮아지고 이온화 되지 않은 암모니아가 14.1~29.6 ppm으로 급격히 증가함에 따라 rotifer 밀도는 급격히 감소하는 경향을 보였다. 따라서 담수산 rotifer를 안정적으로 대량배양하기 위해서는 용존산소가 0.3 ppm 이상, 이온화되지 않은 암모니아가 14 ppm 이하로 유지하여야 할 것으로 판단된다. 먹이의 공급 비율에 따른 rotifer의 생산비는 *Chlorella* 단독구에서 가장 높았다. 그러나 *Chlorella* 70%와 빵효모 30%를 혼합 공급하면 rotifer 최고밀도에 있어서 *Chlorella* 단독구와 유의적인 차이가 나타나지 않으면서 *Chlorella* 100% 단독구보다 생산비가 1.8배 낮기 때문에 *Chlorella* 70%와 빵효모 30%를 혼합 공급하는 것이 가장 경제적이고 안정적인 먹이비율인 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 해양수산부에서 시행한 1998년도 수산특정 연구개발사업과제에 의해 수행된 연구결과이며 연구비를

지원해 주신 해양수산부에 심심한 사의를 표합니다.

참 고 문 헌

- Awaïss A., Kestemont P., Micha J. C., 1992. An investigation into the mass production of the freshwater rotifer *Brachionus calyciflorus* Pallas. 1. An eco-physiological approach to nutrition. *Aquaculture*, 105 : 325-336.
- Awaïss A., Kestemont P., 1992. An investigation into the mass production of the freshwater rotifer *Brachionus calyciflorus* Pallas. 2. Influence of temperature on the population dynamics. *Aquaculture*, 105 : 337-344.
- Coutteau, P., K. Cure and P. Sorgeloos. 1990. Baker's yeast as a potential substitute for live algae in aquaculture diets : *Artemia* as a case study. *J. World Aquacult. Soc.*, 21 : 1-9.
- Dahril, T., 1997. A study of the freshwater rotifer *Brachionus calyciflorus* in Pekanbaru, Riau, Indonesia. *Hydrobiologia* 358 : 211-215.
- Duncan, D. B., 1955. Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics*, 11 : 1-42.
- 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.
- Jung, M.M., A. Hagiwara & K. Hirayama, 1997. Interspecific interactions in the marine rotifer microcosm. *Hydrobiologia* 358 : 121-126.
- 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 : 449-456.
- Lim, L. C. & C. C. Wong, 1997. Use of the rotifer, *Brachionus calyciflorus* Pallas, in freshwater ornamental fish larviculture. *Hydrobiologia*, 358 : 269-273.
- Maruyama, Nakao, Shigeno, Audo, Hirayama, 1997. Application of unicellular algae *Chlorella vulgaris* for the mass-culture of marine rotifer *Brachionus*. *Hydrobiologia*, 358 : 133-138.
- Mitchell, S. A., 1986. Experiences with outdoor semi-continuous mass culture of *Brachionus calyciflorus* Pallas (Rotifera). *Aquaculture*, 55 : 289-297.
- Mitchell, S. A., 1992. The effect of pH on *Brachionus calyciflorus* Pallas (Rotifera). *Hydrobiologia*, 245 : 87-93.
- Mitchell, S. A. and J. H. B. Joubert, 1986. The effect of elevated pH on the survival and reproduction of *Brachionus calyciflorus*. *Aquaculture*, 55 : 215-220.

- Park, H. G., 1998. Growth and production of resting eggs of freshwater rotifer, *Brachionus calyciflorus* Pallas at the different temperatures. J. Korean Fish. Soc. 31 : 779-784.
- Park, H. G., K. W. Lee, S. M. Lee, S. K. Kim, H. S. Kim, 1999a. Change of fatty acid compositions of rotifer according to enrichment diets and methods in the high density culture. J. Korean Fish. Soc., 32 : 748-752.
- Park, H. G., K. W. Lee, S. K. Kim. 1999b. Growth of rotifer by the air, oxygen gas-supplied and the pH-adjusted productivity of the high density culture. J. Korean Fish. Soc., 32 : 757-283.
- Park, H. G. and S. B. Hur, 1996. Effect of temperature and salinity on production of resting egg in Korean rotifer, *Brachionus plicatilis* (L and S-type). J. Aqua. 9(4) : 321-327.
- 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 : 280-283.
- Rico-Martinez, R. and Dodson S. I., 1992. Culture of the rotifer, *Brachionus calyciflorus* Pallas. Aquaculture, 105 : 191-199.
- Rothhaupt K. O., 1990. Differences in particle size-dependent feeding efficiencies of closely related rotifer species. Limnol. Oceanogr., 35 : 16-23.
- Schlüter M. and Groeneweg J., 1985. The inhibition by ammonia of population growth of the rotifer, *Brachionus rubens*, in continuous culture. Aquaculture, 46 : 215-220.
- Snell, T. W., Bieberich J., 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.
- SPSS Inc., 1997. SPSS Base 7.5 for Window, SPSS Inc., 444N. Michigan Avenue, Chicago, IL, 60611.
- 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 : 207-213.
- Yu, J. and K. Hirayama, 1986. The effect of un-ionized ammonia on the population growth the rotifer in mass culture. Nippon Suisan Gakkashi, 52 : 1509-1513.
- Yu J., Hino A., Hirano R., 1988. Vitamin B₁₂-producing bacteria as a nutritive complement for a culture of the rotifer *Brachionus plicatilis*. Nippon Suisan Gakkaishi, 54 : 1873-1880.
- Yu J., Hino A., Ushiro M., 1989. Function of bacteria as vitamin B₁₂ producers during mass culture of the rotifer *Brachionus plicatilis*. 55 : 1799-1806.
- 平田都夫, 1989. 飼料の種類と給餌法, p. 73-84. 初期餌料生物-シオミズツボワムシ (福所邦彦・平山和次). 恒星社厚生閣, 東京, 日本.
- 今田 克, 1983. 大量培養における飼料および環境. シオミズツボワムシ-生物学と大量培養. 恒星社厚生閣, 東京, pp. 129~155.
- 中尾 崇・萩原篤志, 1995. 空気通気によるワムシの高密度培養と短時間營養強化. 水産の研究, 14 : 64-70.