

빵 이스트를 먹이로 이용한 부유성 코페포다 *Apocyclops* sp. (Copepod: Cyclopoida)의 배양

정민민 · 김형신* · 노 섬** · Inneke F. M. Rumengan*** · Hagiwara Atsushi****

제주대학교 해양연구소 먹이생물연구실, *일본 나가사키대학 해양생산과학연구과,
제주대학교 해양과학대학 증식학과, *인도네시아 삼 라투랑기대학교 수산학부,
****일본 나가사키대학 수산학부

The Culture of Free-swimming Copepod Species *Apocyclops* sp. (Copepod: Cyclopoida) by Baking Yeast

Min-Min Jung, Hyeung-Sin Kim*, Sum Rho**, Inneke F. M. Rumengan***
and Atsushi Hagiwara****

Food Organism Culture Lab., Marine Research Institute of Cheju National University, Cheju-do, 695-810, Korea

*Graduate School of Marine Science and Engineering, Nagasaki University, Bunkyo, Nagasaki 852, Japan

**Department of Aquaculture, Cheju National University, Cheju 690-756, Korea

***Laboratory of Marine Science, Faculty of Fisheries, Sam Ratulangi University,
Kampus Unsrat-Bahu, Manado 95115, Indonesia

****Faculty of Fisheries, Nagasaki University, Bunkyo, Nagasaki 852, Japan

Copepod is useful live food organism in the larval rearing. However of fin fish, cultures of copepod species (specially calanoida and cyclopoida) were very difficult under artificial management conditions. In this study, we report successful culture of a free swimming cyclopoida copepod species (*Apocyclops* sp.) by easily baker's yeast as food.

The maximum culture density of *Apocyclops* sp. was observed $11,200 \pm 2,660$ ind./ℓ during the 30 days culture periods in the 1.5 ℓ culture tanks. The nauplii were growth up maximum density $8,266.7 \pm 2,041.8$ ind./ℓ on day 12th. The copepodites were observed maximum density $6,400 \pm 432$ ind./ℓ on day 16th. The number of egg carrying female was observed maximum density (666.7 ind./ℓ) of two times after 6 days and 28 days of initial culture.

Key words : *Apocyclops* sp., Baker's yeast, Copepod, Cyclopoida, Live food

서 론

전세계적으로 종묘 생산 현장에서 대량배양, 이용되고 있는 로티퍼가 유용 양식 어류 자치어의 먹이생물로서 본격적으로 이용되기 전에는 자연 수계에 널리 분포하는 코페포다를 채집하여 먹이 생물로 이용하였다 (Hirano, 1966). 그러나, 1960 년경 먹이생물로서 로티퍼의 이용에 관한 보고서

가 발표된 이후 로티퍼는 먹이생물로서 급속도로 연구 발전되었다 (Ito, 1960). 이러한 로티퍼의 대량배양법의 개발은 지금까지 불안정적인 자연의 채집량에 의존하면서 사용해온 코페포다의 먹이 생물로서의 임지를 바꾸어 놓았다. 그러나, 코페포다는 높은 영양 가치를 갖고 있는 먹이생물로 사육중인 자치어에 대한 영양적인 가치는 탁월하지만 (Fukusho et al., 1980; Kuroshima et al.,

1987), 거의 대부분의 코페포다류는 로티퍼와 같이 인위적인 관리하에서의 배양이 불가능하다.

이 연구에서는 이러한 코페포다의 배양에 있어서 최대의 단점인 인위적인 배양이 불가능하다는 문제점을 해결하기 위해 배양이 쉽게 이루어질 수 있는 코페포다류의 검색에 관한 연구를 진행하던 중 코페포다목 사이크로포이다과 *Apocyclops* 속의 한 종이 가장 손쉽게 입수 가능한 먹이인 빵 이스트만으로도 간단하게 배양이 가능하였기에 그 결과를 보고한다.

재료 및 방법

이 실험에 사용한 코페포다는 다양한 종류의 동물성 플랑크톤과 함께 자연 수역에서 채집하였다. 채집된 여러 종류의 동물성 플랑크톤을 실험실내에서 유지배양 중 코페포다의 *Apocyclops* sp.가 안정적으로 배양 유지 가능한 것을 관찰하였다.

인위적인 배양 환경 관리하에서 배양이 가능했던 *Apocyclops* sp.를 분리한 후 2ℓ의 유리 비이커에 배양수 1.5ℓ를 채우고 실험실내에서 3 반복 실시하였다. 실험 개시시의 접종 개체수는 노플리우스가 880개체/ℓ, 코페포디드가 1,760개체/ℓ 그리고 포란 암컷 성체가 220개체/ℓ였다. 배양은 수온 25℃에서 염분 22ppt의 여과멸균해수를 사용하였다. 먹이로서는 안정적으로 대량 공급이 가능한 시판중인 건조 빵 이스트(日本, 小倉食品化工株式会社)를 급이하였다. 빵 이스트의 급이량은 총 0.407g로 실험 개시 후 0일째에 0.11g, 4일째에 0.165g, 10일째에 0.22g, 12일째에 0.44g, 14일째에 0.44g, 18일째에 0.33g, 22일째에 0.44g, 24일째에 0.44g을 30일간의 실험기간 동안에 걸쳐서 8회 급이하였다. 부유성 코페포다 *Apocyclops* sp.의 계수는 30일간의 실험기간 중 2일 간격으로 무작위 채집한 배양수 10ml중의 전 개체를 각 발생단계별(노플리우스기, 코페포디드기 그리고 포란 암컷)로 분리 계수 후 배양 용기에 되돌렸다. 통기는 먹이로 급이한 빵 이스트가 가라앉아 먹이로서 이용되기 전에 부패되는 것을 방지하기

위하여 강하게 통기했다.

결 과

1.5ℓ의 배양 용기에서 30일간의 실험기간 중 *Apocyclops* sp.는 두 차례의 증식 양상이 관찰되었는데, 배양 개시 후 6일째에는 10,666.7±5,919.6 개체/ℓ 그리고 12일째에는 최고 밀도인 11,200±2,660개체/ℓ로 증식하였다 (Fig. 1).

실험 개시시 880개체/ℓ였던 노플리우스는 30일간의 배양 기간 중 배양 개시 후 6일째에 실험 개시시의 8.3배인 7,333.3±2,357개체/ℓ로 증식하였고, 12일째에는 최고 밀도인 8,266.7±2,041.8 개체/ℓ로 증식하였다. 이 밀도는 실험 개시시의 노플리우스 접종 밀도에 비교하면 9.39배 증식한 것이다. 그러나, 배양 개시 후 14일 이후에는 그 밀도가 급속히 감소하였고, 배양 개시 후 26일 이후에는 노플리우스 유생을 관찰할 수 없었다 (Fig. 2).

그리고 실험 개시시 1,760개체/ℓ였던 *Apocyclops* sp.의 코페포디드 유생은 실험 개시 후 14일째 이후부터 높은 증식이 관찰되어, 16일째에는 실험 개시시 코페포디드 유생 밀도의 3.64배인 6,400±432개체/ℓ로 30일간의 실험 기간중에서 최고 밀도가 관찰되었다 (Fig. 3). 한편, Fig. 2에서 노플리우스 유생은 14일 이후에는 급속히 그 배양

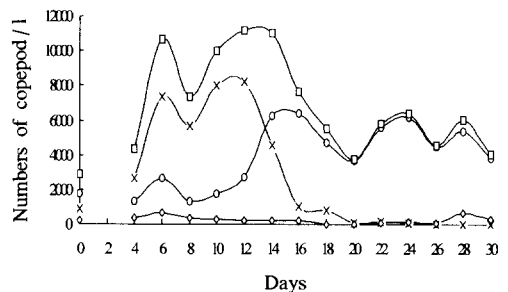


Fig. 1. Compare with growth patterns of each stages (□; total number of all stages, ×; number of nauplii, ○; number of copepodites, ◇; number of egg carrying females) in the copepod *Apocyclops* sp. cultures.

빵 이스트를 먹이로 이용한 부유성 코페포다 *Apocyclops* sp. (Copepod: Cyclopoida)의 배양

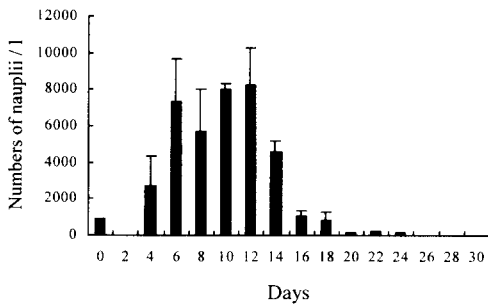


Fig. 2. Number of nauplii *Apocyclops* sp. with fed to baker's yeast in the 1,500ml cultures.

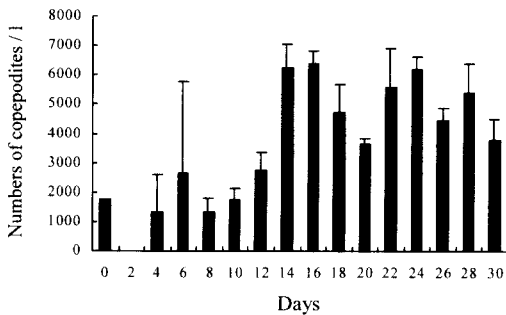


Fig. 3. Number of copepodites *Apocyclops* sp. with fed to baker's yeast in the 1,500ml cultures.

밀도가 감소하였으나, 코페포디드 유생은 최고 밀도가 관찰된 16일째 이후부터 실험 종료일인 30일째까지 $3,666.7 \pm 188.6$ 개체/ℓ에서 $6,200 \pm 432$ 개체/ℓ 범위의 배양 밀도가 유지되었다 (Fig. 3).

난낭을 포란하고 있는 개체수 (포란 성체)를 계수한 결과에서는 실험 개시시 220개체/ℓ였던 포란 성체의 개체수는 30일간의 배양 기간 중 두 차례의 최고 밀도가 관찰되었는데, 배양 개시 후 6일째와 28일째에 각각 666.7 ± 471.4 개체/ℓ와 666.7 ± 94.3 개체/ℓ로 증식하였다 (Fig. 4).

Apocyclops sp.의 배양 과정에서 전 코페포다 개체중에서 각 성장 단계 (노플리우스, 코페포디드 그리고 포란 성체)의 개체수가 차지하는 비율은 전 배양 기간 중 다양한 변화를 보이는 것을 알 수 있었다 (Fig. 1). 즉, Fig. 1에 의하면 코페포다의 전체 배양 밀도를 결정하는 것은 14일 이전까

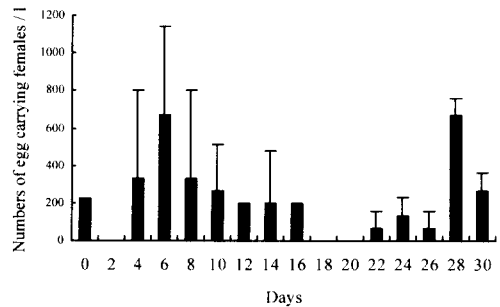


Fig. 4. Number of egg carrying females *Apocyclops* sp. with fed to baker's yeast in the 1,500ml cultures.

지는 노플리우스 유생의 개체수가 14일 이후에는 코페포디드 유생의 개체수가 전 코페포다의 배양 밀도를 결정하는데 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있다 (Fig. 1). 그리고 배양 개시 후 14일 이후에는 노플리우스 유생의 개체수가 감소하면서 코페포디드 유생의 개체수가 증식하는 것을 알 수 있다 (Fig. 1).

고 찰

로티퍼 *Brachionus rotundiformis*와 부유성 코페포다 *Apocyclops* sp.와의 혼합 배양에서 로티퍼는 먹이로 급이한 식물 먹이생물인 *Tetraselmis suecica*를 적극적으로 이용하여 정상적인 증식 양상을 보였지만, 같은 배양 환경에서 코페포다 *Apocyclops* sp.는 먹이로 급이한 *T. suecica*를 거의 이용하지 않았음에도 불구하고 높은 증식이 관찰되었다 (Jung and Rho, 1998). 이것으로 *Apocyclops* sp.는 일반적으로 동물 먹이 생물의 먹이로서 이용되는 식물 먹이생물 이외의 먹이로도 배양이 가능함을 시사한다. 이와같은 배경을 바탕으로 이 연구에서는 동물 먹이생물을 배양시 간편하게 사용 가능한 먹이의 하나인 빵 이스트를 사용하여 부유성 코페포다인 *Apocyclops* sp.가 배양 가능함을 검토한 결과, 다른 부유성 코페포다에서는 관찰할 수 없는 $11,200 \pm 2,660$ 개체/ℓ 밀도의 높은 증식이 관찰되었다.

현재 해산어의 중요 생산 과정에서 먹이생물로 널리 이용되는 코페포다는 *T. japonicus*인데, 그것은 다른 종에 비하여 비교적 배양이 용이하다는 장점을 갖고 있다 (Fukusho et al., 1976). 그러나, *T. japonicus*는 수조 벽면등과 같은 부착기질에 부착, 포복 (또는 파악성이라고도 한다)하는 성질이 강하므로 해산어의 어린 시기의 자어가 포식하기 어렵다. 이러한 이유로 부유성 코페포다의 인공 배양에 관한 연구가 진행되고는 있으나, 아직 고 밀도 배양이 용이한 종은 드물다 (Kitajima, 1973). 한편, Kahan et al. (1981/1982)은 수조의 수면에 부상식 바스켓을 띄워서 배양수를 유수시키는 방법으로 코페포다 배양을 성공하였으나, 이들 코페포다 *Schizopera elatensis*, *Tisbe holothuriae*, *Tisbe* sp.도 *T. japonicus*와 같은 부착 포복성이 강한 아르파티코이다목의 코페포다이다. 그러나, 이 연구에서의 *Apocyclops* sp.는 전형적인 부유성 코페포다로서 전 생활사를 수중에서 부유하는 성질을 갖고 있다. 특히, *Apocyclops* sp.는 실험 기간 중 수면을 기준으로 중상층에서 부유하는 것이 관찰되었는데, 이러한 습성은 *T. japonicus*나 *Tisbe*류가 바닥이나 벽면에 부착, 포복하여 사육 수조내에서 부유생활을 하는 자치어가 먹이로서 이용하기 힘든 것에 비교하면 이 실험에서 인공 배양이 가능한 것으로 밝혀진 *Apocyclops* sp.는 사육중인 어린 자어가 유영하는 층과 같은 수층에 어린 노플리우스 유생을 비롯한 *Apocyclops* sp.가 부유하는 것은 먹이생물로서 코페포다가 갖추어야하는 한 조건을 *Apocyclops* sp.가 만족시킬 수 있다고 판단된다.

한편, *Apocyclops* sp.를 배양하는데 먹이로서 사용한 빵 이스트는 기존의 배양 방법에서 널리 이용되는 *Isochrysis galbana*, *Monochrysis lutheri*, *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros simplex*, *Nitzschia seriata*와 같은 미세조류 (Iwasaki and Kamiya, 1977)에 비하여 언제든지 입수 가능한 먹이원으로서 먹이의 공급 부족 또는 불안정적인 먹이 확보의 면에서 야기되는 코페포다의 배양 실패는 없앨 수 있다.

비교적 인위적인 배양이 용이한 것으로 알려진 *T. japonicus*의 최고 밀도는 5,000개체/ℓ (Kitajima, 1973)이며, 그 외에 인위적인 배양이 시도된 코페포다류중에서 *Pseudodiaptomus marinus*가 2,000-3,000개체/ℓ (Iwasaki and Kamiya, 1977)의 밀도로 배양이 가능하다. 이 연구에서 *Apocyclops* sp.는 1.5 ℓ의 배양 용기로 30일간 배양하면서 최고 밀도는 11,200개체/ℓ였고, 최고 밀도에 도달한 이후에도 3,733개체/ℓ에서 6,400개체/ℓ의 비교적 높은 배양 밀도를 유지 가능하였다.

한편, 해산 유용 생물 (주로 어류)의 먹이생물로서 코페포다의 배양을 시도하고자 대상종을 선택할때에는 배양 적정 온도, 세대교번에 소요되는 시간외에도 인위적인 배양 환경하에서 손쉽게 그리고 효율적으로 배양이 되는지의 여부를 검토하는 것은 물론 그 코페포다를 대량 배양하고자 할 때 필요한 그들의 먹이를 확보하는 것도 중요한 과제중의 하나이다 (Ikeda, 1973). 이 연구에서 부유성 코페포다 중 인위적인 배양 대상종으로서 선택된 *Apocyclops* sp.는 많은 종을 채집하여 배양하는 과정에서 생존한 코페포다의 종류이므로 다른 종의 코페포다에 비하면 인위적으로 배양이 쉽다는 결론이 된다. 즉, 인간들이 만든 인위적인 배양 환경하에서도 적응 가능한 강한 코페포다류임을 알 수 있다. 뿐만 아니라, *Apocyclops* sp.는 동물 먹이생물 배양시 이용되는 먹이중에서 가장 손쉽게 입수 가능한 빵이스트로도 배양이 용이하므로, 현재 로티퍼 다음 단계 먹이생물로 이용되고 있는 알테미아의 대체 먹이생물로서도 이용 가능할 것으로 판단된다.

요 약

영양적으로는 가치가 높은 먹이생물로 평가받고 있으나, 인위적인 관리하에서는 배양이 손쉽게 이루어지지 않는다는 이유로 코페포다 (특히, 사이크로포이다와 칼라노이다)는 먹이생물로서 그다지 널리 이용되고 있지는 않다. 이 연구에서는 인위적인 배양 환경하에서도 배양이 가능한 부유성 코페포다를 검색하는 과정에서 사이크로

포이다의 *Apocyclops* sp.가 먹이 중에서도 가장 입수가 간편한 빵 이스트만으로도 배양이 가능하였기에 보고한다.

1.5 ℓ의 배양 용기에서 30일간의 배양 기간 중 *Apocyclops* sp.는 최고 밀도 $11,200 \pm 2,660$ 개체/ℓ 까지 증식하였다. 그 중에서 노플리우스 유생단계는 배양 개시 후 12일째에 최고 밀도인 $8,266.7 \pm 2,041.8$ 개체/ℓ 로 증식하였다. 그리고 코페포디드 유생은 실험 개시 후 16일째에 $6,400 \pm 432$ 개체/ℓ 로 30일간의 실험 기간중에서 최고 밀도가 관찰되었으며, 포란 성체의 개체수는 30일간의 배양 기간 중 두 차례의 최고 밀도가 관찰되어 배양 개시 후 6일째와 28일째에 각각 666.7 개체/ℓ 로 증식하였다.

이 연구에서는 해산어의 종묘 생산 과정에서 부유중인 어린 자치어가 포식하기 쉬운 부착, 포복성이 없는 중상층 부유성의 코페포다로서 *Apocyclops* sp.가 손쉽게 입수 가능한 빵 이스트로도 배양이 가능함을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

Fukusho, K., O. Hara and J. Yoshio, 1976. Records on collection of the copepod *Tigriopus japonicus* appeared in large-scale outdoor tanks for mass culture of the rotifer *Brachionus plicatilis* by yeast. Bull. Nagasaki Prefec. Ins. Fish. 2 : 117-121.

Fukusho, K., T. Arakawa and T. Watanabe, 1980. Food value of a copepod, *Tigriopus japonicus*, cultured with ω -yeast for larvae and juveniles of mud dab *Limanda yokohamae*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 46 : 499-503.

Hirano, R., 1966. Plankton culture and aquatic animal's seedling production. Inform. Bull. Plankton Soc. Japan 13 : 72-75.

Ikeda, T., 1973. On the criteria to select copepod species for mass culture. Bull. Plankton Soc. Japan 20 : 41-48.

Ito, T., 1960. On the culture of mixohaline rotifer *Brachionus plicatilis* O. F. Muller in the sea water. Rep. Fac. Fish. Pref. Univ. Mie. 3 : 178-192.

Iwasaki, H. and S. Kamiya, 1977. Cultivation of marine copepod, *Pseudodiaptomus marinus* Sato. Bull. Plankton Soc. Japan 24 : 44-54.

Jung, M.-M. and S. Rho, 1998. Combination culture rotifer *Brachionus rotundiformis* and copepod *Apocyclops* sp. J. Aquat. 11 : 449-455.

Kahan, D., G. Uhlig, D. Schwenzer and L. Horowitz, 1981/1982. A simple method for culturing harpacticoid copepods and offering them to fish larvae. Aquaculture 26 : 303-310.

Kitajima, C., 1973. Experimental trials on mass culture of copepods. Bull. Plankton Soc. Japan 20 : 54-60.

Kuroshima, R., M. Sato, R. Yoshinaka and S. Ikeda, 1987. Nutritional quality of the wild zooplankton as a living feed for fish larvae. Suisanzoshoku 35 : 113-117.