



Artemia nauplii와 *Mytilus edulis* 유생에 대한 *Candida utilis*의 먹이효율

김해영, 김중균¹, 허성범*
부경대학교 양식학과, ¹생물공학과

Dietary Value of *Candida utilis* for *Artemia* Nauplii and *Mytilus edulis* Larvae

Hae Young Kim, Jung Kyun Kim¹, and Sung Bum Hur*

Department of Aquaculture, ¹Department of Bioengineering, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

Yeast has been widely used as a food organism for mass culture of rotifer and also considered as a partial substitute food for microalga in shellfish culture. But the dietary value of yeast is poorer than that of microalga due to its low nutrition and thick cell wall. This study was carried out to find a nutritious yeast species as a food organism and to investigate the nutritional value of manipulated yeast for shellfish. First of all, three species of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*, *Candida utilis*, *Kluyveromyces fragilis*) and their manipulated yeast were tested on the survival (%) and growth of *Artemia* nauplii and *Mytilus edulis* larvae, which were representative filter feeding animal and easy to control. The survival (%) and growth of *Artemia* nauplii fed *C. utilis* were higher than those fed *S. cerevisiae* or *K. fragilis*. The growth of *Artemia* nauplii and *M. edulis* larvae, which were fed manipulated yeast was higher than that fed non-manipulated one. The manipulated yeast with higher removal rate of cell wall showed better dietary value for *Artemia* nauplii and *M. edulis* larvae. *M. edulis* larvae fed mixed-diet with *Isochrysis galbana* (50%) and manipulated *C. utilis* (50%) showed significantly higher growth than those fed single-diet with *I. galbana*. It means that manipulated *C. utilis* can substitute *I. galbana* at least 50% for *M. edulis* larvae.

Keywords: Yeast, *Candida utilis*, Dietary value, *Artemia* nauplii, *Mytilus edulis*

서론

해양에 널리 분포하는 효모는 미네랄이 풍부하며(Nell, 1985; Hernandez et al., 1992; Brown et al., 1996), generation time이 짧고, 배양배지의 비용도 저렴하다. 따라서 효모는 광합성을 하는 미세조류보다 대량배양이 더 경제적이며 양식 생물의 먹이 생물로 사용될 수 있다(Nell, 1993).

현재 먹이생물로 널리 사용되고 있는 효모는 빵효모 *Saccharomyces cerevisiae*와 *Candida utilis*로 rotifer의 배양에 이용되고 있다. Rotifer의 배양에는 해수산 *Chlorella*가 좋으나, *Chlorella*의 대량배양은 비용이 많이 들고 갑자기 폐사하는 문제점이 있다. 따라서 빵효모 또는 빵효모에 불포화지방산이 풍부한 오징어 기름을 첨가한 유지효모를 *Chlorella*의 대체 먹이 생물로 이용하는 경우가 많다(Kitajima et al., 1980; Hossain et al., 1989; Cho et al., 2001). 그러나 이러한 방법은 수질이 쉽게 악화되고 기름성분에 rotifer가 묻쳐질 수 있어 해수산 *Chlorella*보다 먹이 효율이 떨어지는 단점이 있다(Watanabe et al., 1989).

한편, 효모는 생미세조류 뿐만 아니라 algal paste (Nell and O'Connor, 1991), dried algae (Laing and Verdugo, 1991) 등에 부분적으로 첨가하거나 또는 유화 오일로 코팅(Chu et al., 1982; Chu et al., 1987; Numaguchi and Nell, 1991)하여 조개류의 먹이로도 개발되어왔다. 그러나 효모는 mannoprotein으로 이루어진 외층과 glucan으로 된 내층의 이중의 두꺼운 세포벽 때문에 조개류가 소화를 시키기에 어려운 단점을 가지고 있고(Coutteau et al., 1990), 영양과 수질의 측면에서도 많은 문제점이 있다(Nell et al., 1996). 따라서 효모는 일부 조개류에만 제한적으로 사용 가능한 것으로 알려져 있다(Urban and Langdon, 1984; Coutteau et al., 1994; Southgate et al., 1998)

이러한 소화 문제를 향상시키기 위해 Coutteau et al. (1990)은 sulfhydroxyl 화합물로 효모 *C. utilis*의 세포벽을 제거하여 조개류의 먹이로 활용한 바 있고, Nell et al. (1996)은 효모의 먹이가치는 세포벽의 화학적 제거에 의해서 향상될 수 있다고 보고하였다. 그러나 아직도 식물먹이생물인 미세조류를 전량 대체할 수 있는 효모의 개발은 이루어지고 있지 않다.

따라서 본 연구는 효모를 먹이생물로 활용하기 위하여, 대표적인 여과섭식 생물인 *Artemia* nauplii와 진주 담치 *Mytilus edulis*

*Corresponding author: hurs@pknu.ac.kr

유생을 대상으로 유용효모균주의 탐색과 효모의 세포벽제거에 의한 먹이효율을 파악하고자 수행되었다.

재료 및 방법

Artemia nauplii에 대한 3종류 효모의 먹이효율

S. cerevisiae, *C. utilis*, *Kluyveromyces fragilis*를 *Artemia nauplii*를 대상으로 먹이효율을 조사하였다. 세포벽을 제거하지 않은 효모와 세포벽을 제거한 효모를 *Artemia nauplii*에 공급하여 효모종류와 세포벽 제거에 따른 *Artemia nauplii*의 성장과 생존율을 측정하였다. 이 실험에 사용된 효모는 American Type Culture Collection (ATCC)의 *C. utilis* (ATCC 9950)와 *K. fragilis* (ATCC 36354), 그리고 서울대학교 분자세포생물학실로부터의 *S. cerevisiae* (DBY 747)를 fructose 배지를 사용한 fermenter (Moon et al., 1996)로 대량 배양한 후 실험에 사용하였다. 또 각 효모의 세포벽 제거는 화학적 제거방법(Moon and Kim, 1998)으로 세포벽의 약 75%를 제거하여 실험에 이용하였다.

*Artemia*는 Great Salt Lake산 cyst를 이용하였다. 부화된 *Artemia nauplii*를 250 mL 삼각플라스크에 33 psu 여과해수 100 mL를 넣고 25°C의 shaking incubator에서 배양하였다. Nauplii의 최초 집종밀도는 20 개체/mL로 하였고 먹이는 각 효모별로 *Artemia nauplius* 1개체당 1일 20만 세포의 효모를 공급하며 6일간 정체 배양하였다.

매일 같은 시간에 각 실험구에서 mL당 nauplii 밀도를 조사하여 생존율을 구하였고 실험 종료시 각 실험구에서 생존 nauplii의 체장을 조사하였다.

M. edulis 유생에 대한 C. utilis의 먹이효율

위 실험에서 먹이효율이 좋은 것으로 판단된 효모 *C. utilis*를 *M. edulis* 유생에 공급하여 그 먹이효율을 조사하였다. 실험시 사용된 유생은 간출 및 온도자극법으로 인공방란 수정된 난을 사용하였다.

먹이에 따른 실험구는 *C. utilis*를 그대로 공급한 구(CU), 세포벽의 75%를 제거한 구(MC), 한국해양미세조류은행으로부터 받은 *Isochrysis galbana* (KMMCC H-2)를 공급한 구(ISO), ISO (50%)와 CU (50%)의 혼합구, ISO (50%)와 MC (50%)의 혼합구, 먹이를 공급하지 않은 대조구 등 모두 6개의 실험구로 하였다.

실험은 3 L용기에 33 psu 여과해수 2 L를 넣고 부화 후 3일 된 D상 유생을 mL당 10 개체로 집종한 후 각정기까지 10일간 사육하였다. 실험기간 중 먹이 공급량은 유생 1 개체당 1일 20만 세포를 공급하였고, 수온은 13±0.5°C를 유지하였으며 약하게 공기를 공급하였다. 사육수는 2일마다 한번씩 전량 환수하였고 환수시 실험구 유생의 생존율과 각장 및 각고의 성장을 조사하였다.

C. utilis의 세포벽 제거 정도에 따른 먹이효율

1) Artemia nauplii에 대한 먹이효율

*Artemia nauplii*를 대상으로 *C. utilis*의 세포벽 제거 정도에 따른 먹이 효율을 조사하였다. *C. utilis*의 세포벽 제거는 Moon and Kim (1998)의 방법을 적용하였다. 화학적 처리에 따라 세포벽을 약 25% 제거한 실험구(25%MC), 50% 제거한 실험구(50%MC), 75% 제거한 실험구(75%MC)로 구분하였고 세포벽을 제거하지 않은 실험구 (CU)를 대조구로 하였다. 세포벽을 100% 제거하는 것은 현재 기술상 불가능하기 때문에 제외하였다. *Artemia nauplii*의 배양은 앞의 실험과 동일한 방법으로 하였다.

2) M. edulis 유생에 대한 먹이효율

앞에서와 동일한 방법으로 확보한 *M. edulis* 유생을 대상으로 *C. utilis*의 세포벽 제거 정도에 따른 먹이 효율을 조사하였다. 단독 먹이 공급 실험에서는 ISO, 25%MC, 50%MC, 75%MC와 먹이를 공급하지 않은 대조구의 실험구로 구분하였다. 혼합 먹이 공급 실험에서는 ISO + 25%MC, ISO + 50%MC, ISO + 75%MC 그리고 먹이를 공급하지 않은 대조구와 ISO 단독구 등 5개 실험구로 하였다. *I. galbana*와 *C. utilis*를 섞은 구는 각각 50%씩 혼합하였다. 유생은 15±0.5°C에서 14일간 사육하였으며 그 외 실험방법은 앞에서와 동일하였다.

통계처리

모든 실험은 3반복으로 하였고 생존율과 성장은 Statix 4.0 (analytical software, St. Paul, MN, USA)를 이용하여 ANOVA test 및 최소유의차 검정(LSD)으로 실험구 간의 유의성을 조사하였다.

결 과

Artemia nauplii에 대한 3종류 효모의 먹이효율

빵효모, *C. utilis*, *K. fragilis* 3종류의 효모를 그대로 먹이거나 또는 세포벽을 75% 제거해서 *Artemia nauplii*에 6일간 먹인 결과 nauplii의 생존율과 성장결과는 Table 1과 같다. 6일간 배양한 *Artemia nauplius*의 생존율은 *C. utilis*의 세포벽을 제거한 MC구에서 97%로 가장 높았고 빵효모는 73%로 가장 저조하였다. *C. utilis*와 *K. fragilis*는 빵효모보다 더 높은 생존율을 보였다. *C. utilis*의 세포벽을 제거한 MC구는 제거하지 않은 CU구보다 유의적으로 높은 생존율을 보였으나, 세포벽을 제거한 *K. fragilis*의 MK구와는 유의성이 없었다($P < 0.05$). 세포벽을 제거한 실험구는 제거하지 않은 것보다 높은 생존율의 경향을 보였다.

*Artemia nauplii*의 최종성장과 1일 성장 결과를 보면 세포벽을 제거한 *C. utilis*에서 1,782 μm 와 203 μm 로 가장 높았고 빵효모는 1,268 μm 와 117 μm 로 가장 낮았다. 세포벽을 제거하지 않은 *K. fragilis* 실험구의 성장은 세포벽을 제거한 *K. fragilis*나 *C. utilis* 실험구의 성장보다 유의적으로 낮았다. 반

Table 1. Survival and growth of *Artemia nauplii* fed different yeasts for six days (initial body length: 566±85.3 µm)

	BY	MB	CU	MC	KF	MK
Survival (%)	73±1.6 ^c	74±2.7 ^c	83±4.2 ^b	97±0.8 ^a	85±4.7 ^b	90±3.8 ^{ab}
Final body length (µm)	1,268±142.4 ^{bc}	1,300±101.4 ^c	1,775±100.9 ^a	1,782±89.8 ^a	1,533±110.0 ^b	1,725±111.8 ^a
Daily gain in body length (µm)	117±23.7 ^c	122±16.9 ^c	202±16.8 ^a	203±16.9 ^a	161±18.4 ^b	194±18.6 ^a

Values in the same rank having the different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

BY: baker's yeast, MB: manipulated baker's yeast, CU: *Candida utilis*, MC: manipulated *C. utilis*, KF: *Kluyveromyces fragilis*, MK: manipulated *K. fragilis*.

면 세포벽을 제거하지 않은 *C. utilis*는 빵효모나 세포벽을 제거하지 않은 *K. fragilis*보다 유의적으로 높은 성장을 보였으나, 세포벽을 제거한 *C. utilis*와는 유의적인 차이가 없었다 ($P<0.05$).

M. edulis 유생에 대한 *C. utilis*의 먹이효율

조개류 유생사육에서 가장 널리 이용되는 미세조류 *I. galbana*를 대조구로 하여 *M. edulis* 유생의 생존율과 성장에 대한 *C. utilis*의 먹이효율은 Table 2와 같다. 실험 종료시의 생존율은 대조구인 *I. galbana*가 47%로 가장 높았으며, 세포벽을 제거한 *C. utilis*가 45%, ISO+MC는 44%였다. 이들 3 실험구 사이에 유의성은 없었지만 다른 실험구보다는 유의적으로 높은 생존율을 보였다($P<0.05$). 또 먹이를 공급하지 않은 실험구에서는 16%로 가장 낮은 생존율을 보였다. 세포벽을 제거하지 않은 *C. utilis*만을 공급한 실험구(CU)는 35%, *I. galbana*와 혼합하여 공급한 실험구(ISO+CU)는 33%로 낮은 생존율을 보였다.

실험 종료시 최대의 성장을 보인 ISO+MC구는 각각 157 µm, 각고 127 µm였고, 다음으로 ISO, ISO+CU, MC, CU의 순이었으며 먹이를 공급하지 않은 실험구는 각각 131 µm, 각고 103 µm로 가장 낮았다. 성장이 가장 좋았던 ISO+MC구는 MC구 보다는 유의적으로 높은 성장의 차이를 보였으나 다른 실험구와는 유의적인 차이를 보이지는 않았다.

Table 2. Survival and growth of *Mytilus edulis* D-shaped larvae fed different feed for ten days (initial shell length; 109±6.0 µm, initial shell height 77±4.4 µm)

Food	Survival (%)	Shell length (µm)	Shell height (µm)
ISO	47±2.3 ^a	154±7.7 ^a	125±6.7 ^a
CU	35±6.1 ^b	146±7.4 ^{ab}	117±4.0 ^{ab}
MC	45±4.6 ^a	138±4.3 ^b	111±6.1 ^b
ISO+CU	33±6.1 ^b	148±5.5 ^a	119±6.0 ^{ab}
ISO+MC	44±2.0 ^a	157±6.2 ^a	127±7.8 ^a
Unfed	16±6.9 ^c	131±4.4 ^c	103±3.2 ^c

Values in the same column having the different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

ISO : *Isochrysis galbana*, CU : *Candida utilis*, MC : manipulated *C. utilis*.

Table 3. Survival and growth of *Artemia nauplii* fed manipulated *Candida utilis* with different removal rates of cell wall (initial body length 565±85.3 µm)

Yeast	Survival (%)	Body length (µm)
CU	49±8.9 ^c	1,115±86.5 ^a
25%MC	59±5.6 ^b	1,113±67.2 ^a
50%MC	64±6.9 ^{ab}	1,152±68.2 ^a
75%MC	69±6.8 ^a	1,200±149.4 ^a

Values in the same column having the different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

CU: *Candida utilis*, MC: manipulated *C. utilis*.

*C. utilis*의 세포벽 제거 정도에 따른 먹이효율

1) *Artemia nauplii*에 대한 먹이효율

*C. utilis*의 세포벽을 25%, 50%, 75%를 제거하여 *Artemia nauplii*에 6일간 공급한 결과 생존율과 성장은 Table 3과 같다. 세포벽의 75%를 제거한 실험구의 생존율은 69%로 가장 높았고 제거하지 않은 대조구는 49%로 유의적으로 가장 낮았다. 25%를 제거한 실험구의 생존율은 대조구보다 유의적으로 높았으나 75%를 제거한 실험구보다는 유의적으로 낮았다. 50%를 제거한 경우는 25% 또는 75% 실험구와 유의적인 차이가 없었다($P<0.05$).

성장의 경우 전체적으로 세포벽을 많이 제거할수록 체장의 성장은 높은 경향이었으나 유의적인 차이는 없었다($P<0.05$).

2) *M. edulis* 유생에 대한 먹이효율

세포벽을 25%, 50% 및 75%를 제거한 *C. utilis*와 *I. galbana*를 대조구로 단독 먹이로 12일간 공급한 유생의 생존율과 성장은 Table 4와 같다. 생존율은 *I. galbana*를 먹이로 공급한 구에서 34%였고 그 다음으로 75%MC를 공급한 실험구에서 31%로 다른 실험구에 비해 유의적으로 높았으나 두 실험구 사이의 유의적인 차이는 없었다($P<0.05$). 25%MC를 먹인 실험구의 생존율은 19%로 다른 효모실험구보다 유의적으로 낮았다. 먹이를 공급하지 않은 실험구에서는 10일까지는 17%가 생존하였으나 실험종료시에는 2%의 가장 낮은 생존율을 보였다.

성장의 경우 *I. galbana*를 먹인 대조구의 유생은 각각 165 µm, 각고 134 µm로 성장이 가장 빨랐고 75%MC는 각각, 각고 각각 154 µm, 123 µm으로 *I. galbana*를 먹인 실험구와 각각은

Table 4. Survival and growth of *Mytilus edulis* D-shaped larvae fed manipulated *Candida utilis* with different removal rates of cell wall for twelve days (initial shell length $108 \pm 6.1 \mu\text{m}$, shell height $76 \pm 4.3 \mu\text{m}$)

	ISO	25% MC	50% MC	75% MC	Unfed
Survival (%)	34 \pm 1.7 ^a	19 \pm 3.4 ^c	26 \pm 1.2 ^b	31 \pm 1.4 ^a	2 \pm 0.9 ^d
Shell length (μm)	165 \pm 5.4 ^a	153 \pm 7.4 ^b	154 \pm 4.3 ^b	154 \pm 8.9 ^{ab}	142 \pm 5.1 ^c
Shell height (μm)	134 \pm 4.7 ^a	123 \pm 6.2 ^b	123 \pm 5.8 ^b	123 \pm 6.4 ^b	113 \pm 3.5 ^c

Values in the same rank having the different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

ISO: *Isochrysis galbana*, MC : manipulated *C. utilis*.

Table 5. Survival and growth of *Mytilus edulis* D-shaped larvae fed mixed feed with *Isochrysis galbana* and manipulated *Candida utilis* for fourteen days (initial shell length $106 \pm 5.8 \mu\text{m}$, shell height $75 \pm 4.3 \mu\text{m}$)

	ISO	ISO + 25% MC	ISO + 50% MC	ISO + 75% MC	Unfed
Survival (%)	34 \pm 1.7 ^a	26 \pm 0.7 ^b	36 \pm 4.8 ^a	39 \pm 3.9 ^a	5 \pm 2.3 ^c
Shell length (μm)	163 \pm 4.8 ^b	165 \pm 6.3 ^b	175 \pm 9.5 ^{ab}	179 \pm 6.2 ^a	144 \pm 9.4 ^c
Shell height (μm)	142 \pm 3.3 ^b	143 \pm 4.3 ^b	146 \pm 6.4 ^{ab}	150 \pm 4.3 ^a	115 \pm 8.5 ^c

Values in the same rank having the different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

ISO: *Isochrysis galbana*, MC : manipulated *C. utilis* with different removal rates of cell wall.

차이가 없었으나 각고는 유의적으로 낮았다. 25%와 50%를 제거한 실험구는 서로 유의적인 차이는 없었다. 세포벽을 많이 제거한 실험구에서 높은 생존율과 성장의 경향을 보였다.

세포벽을 제거한 정도가 다른 *C. utilis*와 *I. galbana*를 50%씩 혼합하여 유생에 공급한 결과 생존율과 성장은 Table 5와 같다. 생존율이 가장 높은 실험구는 ISO + 75%MC에서 39%였고 그 다음은 ISO + 50%MC, ISO 단독 공급 실험구에서 각각 36%, 34%였으나, 세 실험구간의 유의적인 차이는 없었다. ISO + 25%MC 실험구의 생존율은 26%로 앞의 실험구에 비해 유의적으로 낮은 생존율을 보였다($P < 0.05$).

유생의 성장은 ISO + 75%MC 실험구가 각각 179 μm , 각고 150 μm 를 보여 *I. galbana* 단독 공급 실험구보다도 유의적으로 빠른 성장 결과를 보였고, 나머지 *I. galbana*와 *C. utilis*의 혼합 먹이 공급구들은 대조구인 *I. galbana*를 공급한 실험구와 유의적인 성장 차이를 보이지 않았다($P < 0.05$).

고 찰

*C. utilis*는 효모중에서 단백질과 지방산의 함량이 높고 대합 유생의 먹이로도 좋은 먹이효율을 보이고 있어(Brown et al., 1996) 미세조류를 대체할 수 있는 가장 좋은 효모로 간주되어 왔다(Coutteau et al., 1994). 따라서 *C. utilis*의 소화율을 증진하기 위하여 화학적인 방법으로 세포벽을 제거하는 연구도 시도된바 있다(Coutteau et al., 1990, 1994; Moon and Kim, 1998).

본 연구에서도 *S. cerevisiae*, *C. utilis* 및 *K. fragilis*의 먹이 효율을 *Artemia nauplii*를 대상으로 실험한 결과 *C. utilis*는 빵 효모나 *K. fragilis*에 비하여 *nauplii*의 성장과 생존율이 높았다. 또 세포벽을 제거한 효모는 제거하지 않은 효모에 비하여 먹이 효율이 높게 나타났다. Rotifer를 대상으로 세포벽을 제거한 효

모의 먹이효율은 세포벽을 제거하지 않은 것 보다 낮았다는 보고가 있었으나(Kim et al., 2005), 본 실험에서 *Artemia nauplii*의 경우는 세포벽을 제거한 효모가 더 좋은 먹이효율을 보였다. 이러한 차이는 *Artemia*는 rotifer와 달리 먹이에 대한 선택성이 없는 여과섭식동물이며 세포벽이 두꺼운 효모를 부수어 먹을 수 있는 이빨이나 두꺼운 cellulose의 세포벽을 소화시킬 수 있는 체내 효소가 없기 때문에 판단된다(Schrehardt, 1987). 따라서 *Artemia*는 효모의 세포벽 제거에 따른 먹이효율을 조사하기에 적합한 실험 생물로 평가할 수 있다.

Epifanio (1979)는 *M. edulis*와 대합 *Mercenaria mercenaria*의 유생은 미세조류와 효모를 각각 50%씩 공급한 결과 100% 미세조류만을 공급한 실험구와 비슷한 성장 결과를 보이지만, 버지니아굴 *Crassostrea virginica*은 효모를 공급할 경우 오히려 성장이 낮았다고 보고하였다. Urban and Langdon (1984)은 버지니아굴에 있어서 배양시 규산질과 전분을 보충할 경우 효모와 *I. galbana*를 1:1로 공급할 경우 성장은 유의적인 차이를 보이지 않는다고 하였다. Alataro (1980)는 버지니아굴 유생 사육실험에서 *I. galbana*와 효모를 50%씩 공급한 실험구와 *I. galbana*를 100% 공급한 실험구의 건중량 차이는 없었다고 보고하였다. Urban and Pruder (1992)도 대합의 경우 미세조류의 75%를 효모로 대체한 경우 100% 미세조류로 공급한 것의 82%까지 성장을 나타낼 수 있다고 하였다. Southgate et al. (1992)은 흑엽조개 *Pinctada margaritifera*를 효모만으로 먹인 실험구의 생존율은 다른 구와의 유의적인 차이는 없었으나 성장은 유의적으로 매우 낮았다고 하였다. 이와 같이 효모를 미세조류와 혼합하여 조개류를 사육한 결과는 조개 종류에 따라 효율이 다른 하지만 효모가 미세조류를 부분적으로 대체할 수 있음을 알 수 있었다.

본 실험에서도 *I. galbana*를 효모로 대체하기 위하여 진주담치 유생을 대상으로 빵효모보다 영양 가치가 높은 *C. utilis*를

이용하여 먹이효율을 연구한 결과, 위의 저자들이 지적한 바와 같이 효모만을 공급한 경우는 성장과 생존율이 *I. galbana*를 공급한 경우보다 유의적으로 낮아 먹이로서의 가치가 부족하였다. 이러한 결과는 효모의 낮은 소화율과 영양가의 불균형에서 비롯된다는 Epifanio (1979)와 Urban and Landon (1984)의 결과를 뒷받침하였다. 본 실험에서 *C. utilis*의 세포벽을 제거한 경우 *Artemia nauplii*와 진주담치 유생의 성장과 생존율이 향상되는 것을 알 수가 있었다. 이러한 이유는 세포벽 제거에 따른 소화율의 향상 때문으로 해석될 수 있다.

Coutteau et al. (1990, 1994)은 *Artemia*의 소화율을 높이기 위해 빵효모의 세포벽을 화학적인 방법으로 제거하였고, 대합의 유생을 대상으로 세포벽이 제거된 *C. utilis*와 규조류 (*Thalassiosira pseudonana*)의 혼합비율에 따른 성장을 조사한 결과 *C. utilis*와 *T. pseudonana*를 50%씩 공급한 구와 *C. utilis* 25% + *T. pseudonana* 75%를 공급한 구의 일간 성장률은 유의적으로 차이를 보이지 않았다고 하였다.

본 실험에서 진주담치 유생의 경우, 세포벽을 75% 제거한 *C. utilis*를 공급한 실험구는 *I. galbana* 100% 실험구와 생존율과 각장 성장에서 유의적인 차이가 없었고, 세포벽을 제거한 *C. utilis*와 *I. galbana*를 50%씩 혼합하여 공급한 실험구는 *I. galbana* 100%를 공급한 실험구보다 유생의 성장이 유의적으로 높게 나타났다.

이와 같은 결과를 종합적으로 볼 때, 현재 양식 먹이로 널리 사용되고 있는 빵효모보다는 *C. utilis*가 먹이효율이 더 우수하며, 세포벽을 많이 제거할수록 먹이효율은 향상됨을 알 수 있었다. 진주담치 유생의 경우 75% 세포벽이 제거된 *C. utilis*는 대표적인 식물먹이생물인 *I. galbana*를 최소 50% 이상 대체할 수 있을 것으로 판단된다.

요 약

식물먹이생물인 미세조류를 대체할 수 있는 효모를 개발하기 위하여 빵효모 (*S. cerevisiae*), *C. utilis* 및 *K. fragilis*의 먹이효율을 조사하였다. 이들 3종류 효모의 세포벽을 제거한 것과 제거하지 않은 것을 *Artemia nauplii*를 대상으로 조사하였고, 그 중 가장 좋은 먹이효율을 보인 *C. utilis*를 택하여 진주담치 유생을 대상으로 그 먹이효율을 조사하였다. 또 효모의 먹이효율을 향상시키기 위하여 *C. utilis*의 세포벽을 약 25%, 50%, 75% 제거하여, 그에 따른 진주담치 유생의 먹이효율을 조사하였다.

*Artemia nauplii*의 실험결과 *C. utilis*는 빵효모나 *K. fragilis*보다 높은 생존율과 성장을 보였다. *Artemia nauplii*와 진주담치 유생 실험 모두에서 *C. utilis*의 세포벽을 제거하여 공급한 실험구는 제거하지 않은 실험구보다 유의적으로 높은 생존율과 성장을 보였다. 또 세포벽을 많이 제거할수록 성장과 생존율은 높은 경향이였다.

세포벽을 75% 제거한 *C. utilis*를 공급한 진주담치 유생의 생

존율과 성장은 대조구인 *I. galbana*를 공급한 실험구와 유의성이 없었다. 또 세포벽을 75% 제거한 *C. utilis*를 *I. galbana*와 50%씩 혼합하여 공급한 진주담치 유생은 *I. galbana*만을 100% 공급한 대조구에 비하여 유의적으로 높은 성장을 보였다($P < 0.05$). 따라서 세포벽을 75% 제거한 *C. utilis*는 조개류의 대표적 먹이생물로 알려진 *I. galbana*를 최소 50% 이상 대체할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

- Alataro, P., 1980. Yeast utilization in oysters and clams. M. Sc. thesis, University of Delaware, Newark, Delaware, USA, 49 pp.
- Brown, M.R., S.M. Barrett, J.K. Volkman, S.P. Nearhos, J.A. Nell and G.L. Allan, 1996. Biochemical composition of new yeasts and bacteria evaluated as food for bivalve aquaculture. *Aquaculture*, 143, 341-360.
- Cho, S.H., S.B. Hur, and J.Y. Cho, 2001. Effects of enriched live feed on survival and growth rates in larval Korean rockfish, *Sebastes schlegeli* Hilgendorf. *Aquaculture Research*, 32, 199-208.
- Chu, F.L.E., K.L. Webb, D. Hepworth and B.B. Casey, 1987. Metamorphosis of larvae of *Crassostrea virginica* fed microencapsulated diets. *Aquaculture*, 64, 185-197.
- Chu, F.L.E., K.L. Webb, D. Hepworth and M. Roberts, 1982. The acceptability and digestibility of microencapsulates by larvae of *Crassostrea virginica*. *J. Shellfish Res.*, 2, 29-34.
- 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.
- Coutteau, P., N.H. Hadley, J.J. Manzi and P. Sorgeloos, 1994. Effect of algal ration and substitution of algae by manipulated yeast diets on the growth of juvenile *Mercenaria mercenaria*. *Aquaculture*, 120, 135-150.
- Epifanio, C.E., 1979. Comparison of yeast and algal diets for bivalve molluscus. *Aquaculture*, 16, 187-192.
- Hernandez, S.N.Y., S.D. Hernandez and J.L. Ochoa, 1992. Distribution of *Sporobolomyces* (Kluyver et van Niel) genus in the western coast of Baja California Sur, Mexico. *Syst. Appl. Microbiol.*, 15, 319-322.
- Hossain, M.A., M. Furuichi and Y. Yone, 1989. Propagation, proximate and fatty acid compositions of rotifer *Brachionus plicatilis* fed on yeast cultured in sea water containing liquid from mackerel waste juice. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 55(1), 87-89.
- Kim, H.Y., J.K. Kim, K.J. Park, J.H. Bae and S.B. Hur, 2005. Nutritional value of *Candida utilis* and larval flounder, *Paralichthys olivaceus*. *J. Fish. Sci. Technol.*, 8(4), 235-242.
- Kitajima, C., T. Arakawa, F. Oowa, S. Fujita, O. Imada, T. Watanabe and Y. Yone, 1980. Dietary value for red sea bream larvae of rotifer *Brachionus plicatilis* cultured with a new type of yeast. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 46(1), 43-46.
- Laing, I. and C.G. Verdugo, 1991. Nutritional value of spary-dried *Tetraselmis suecica* for juvenile bivalves. *Aquaculture*, 92,

- 207-218.
- Moon, J.H. and J.K. Kim, 1998. The disruption of yeast cell wall by chemical treatment. *Kor. J. Life Sci.*, 8(2), 197-202.
- Moon J.H., K.T. Tac and J.K. Kim, 1996. Development of yeast strains as feeds for aquaculture: Possible yeast strains. *Kor. J. Life Sci.*, 6(2), 135-141.
- Nell, J.A., 1985. Comparison of some single cell proteins in the diet of the Sydney rock oyster (*Saccostrea commercialis*). *Prog. Fish.-Cult.*, 47, 110-113.
- Nell, J.A. and W.A. O'connor, 1991. The evaluation of fresh algae and stored algal concentrates as a food source for Sydney rock oyster *Saccostrea commercialis* (Iredale and Roughley) larvae. *Aquaculture*, 99, 277-284.
- Nell, J.A., 1993. The development of oyster diets. *Aust. J. Agric. Res.*, 44, 557-566.
- Nell, J.A., J.A. Diemar and M.P. Heasman, 1996. Food value of live yeast and dry yeast-based diets fed to Sydney rock oyster *Saccostrea commercialis* spat. *Aquaculture*, 145, 235-243.
- Numaguchi, K. and J.A. Nell, 1991. Effects of gelatin-acacia microcapsule and algal meal supplementation of algal diet on growth rates of Sydney rock oyster *Saccostrea commercialis* (Iredale and Roughley) larvae. *Aquaculture*, 94, 65-78.
- Schrehardt, A., 1987. Ultrastructure investigations of the filter-feeding apparatus and the alimentary canal of *Artemia*. (in) P. Sorgeloos, D.A. Bengtson, W. Decler and E. Jaspers (eds.), *Artemia Research and its Applications*, Vol. 1, Universa Press, Wetteren, Belgium, pp. 33-52.
- Southgate, P.C., A.C. Beer, P.F. Duncan and R. Tamburri, 1998. Assessment of nutritional value of three species of tropical microalgae, dried *Tetraselmis* and a yeast-based diet for larvae of the blacklip pearl oyster, *Pinctada margaritifera* (L.). *Aquaculture*, 162, 247-257.
- Southgate, P.C., P.S. Lee and J.A. Nell, 1992. Preliminary assessment of a microencapsulated diet for larval culture of the Sydney rock oyster *Saccostrea commercialis* (Iredale and Roughley). *Aquaculture*, 105, 345-352.
- Urban, E.R. and G.D. Pruder, 1992. A method of economic comparisons for aquaculture diet development. *Aquaculture*, 99, 127-142.
- Urban, Jr. E.R. and C.J. Langdon, 1984. Reduction in costs of diets for the American oyster, *Crassostrea virginica* (Gmelin), by the use of non-algal supplements. *Aquaculture*, 38, 277-291.
- Watanabe, T., M.S. Izuquierdo, T. Takeuchi, S. Satoh and C. Kitajima, 1989. Comparison between eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acids in terms of essential fatty acid efficiency in larval red sea bream. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 55(9), 1635-1640.

원고접수 : 2009년 1월 9일

심사완료 : 2009년 2월 9일

수정본수리 : 2009년 2월 13일