

## Vibrio alginolyticus가 Shewanella sp. SR-14의 미세조류 증식저해 활성에 미치는 영향

김지희 · 박희연 · 이태식 · 김신희\* · 박정흠 · 장동석\*\*  
국립수산진흥원, \*미국 오번대학 식품영양학과, \*\*부경대학교 식품공학과

### Effect of *Vibrio alginolyticus* on the Algicidal Activity of *Shewanella* sp. SR-14

Ji Hoe KIM, Hee Yeon PARK, Tae Seek LEE, \*Shin-Hee KIM,  
Jeong Heum PARK and \*\*Dong Suck CHANG

National Fisheries Research and Development Institute, Pusan 619-902, Korea

\*Dept. of Nutrition and Food Science, 328 Spidle Hall, Auburn University, AL 36849-5605, USA

\*\*Dept. of Food Science and Technology, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

The algicidal activity of *Shewanella* (formerly *Alteromonas*) sp. SR-14 against diatom, *Chaetoceros calcitrans* was reported in our previous papers. In this study, the effect of *Vibrio alginolyticus* on the algicidal activity of *Shewanella* sp. SR-14 was examined under the optimum algicidal conditions, i.e., temperature ( $21 \pm 1^\circ\text{C}$ ), light intensity (4,000 lux), and light:dark cycle (12 hour:12 hour). *Shewanella* sp. SR-14 grew well in the presence or the absence of *V. alginolyticus* in Conwy medium. Algal growth was only inhibited by *Shewanella* sp. SR-14. *V. alginolyticus* did not show the algicidal activity. Growth of *C. calcitrans* increased synergistically with growth of *V. alginolyticus*. When the initial inoculum of *V. alginolyticus* was only 1 log cycle higher than that of *Shewanella* sp. SR-14, the effect of *V. alginolyticus* on the algicidal activity of *Shewanella* sp. SR-14 was insignificant during incubation of mixed culture, i.e., two bacterial species and the alga. However, when *V. alginolyticus* dominated *Shewanella* sp. SR-14 by 3 log cycles of bacterial counts, it was found that the strain SR-14 could not inhibited growth of *C. calcitrans* up to 5 days of incubation.

**Key words:** *Shewanella* sp., Algicidal activity, *Vibrio alginolyticus*, Competition

## 서 론

수계 생태계에서 미세조류와 세균은 수적으로 가장 많은 생물 군을 이루고 있으며 여러 가지 상호작용을 하면서 서식하고 있다. 미세조류의 생육에 미치는 세균의 영향은 영양의 재생, 내부공생, 증식촉진 또는 저해물질의 생성 및 직접적인 먹이제공 등, 직·간접적인 수단으로 미세조류의 증식을 촉진하거나 저해하는 것으로 알려져 있다 (清水, 1991). 세균이 미세조류의 생육에 미치는 여러 가지 영향 중 증식저해에 관한 연구로 담수의 남조류 저해균에 대해서는 비교적 오래 전부터 진행되어 왔고 (山本, 1986), 최근에는 적조방제를 목적으로 해양 미세조류 증식 저해균에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다 (石田, 1994; Kim et al., 1999a; b).

그런데 지금까지 보고된 대부분의 미세조류 증식 저해균에 대한 연구는 순수 분리한 세균을 사용하여 무균 배양된 미세조류의 증식에 미치는 영향을 시험한 것이며, 전보 (Kim et al., 1999a; b; c; 2001)에서 저자들도 해양에서 분리한 미세조류 증식 저해균인 *Shewanella* sp. (舊名 *Alteromonas* sp.) SR-14의 세균학적 특성, 배양 조건별 조류증식 저해활성 및 이 균이 생산하는 조류증식 저해물질의 특성 등에 대하여 보고한 바 있다.

한편, 해양 생태계에서의 세균상은 시기와 장소에 따라 다소 차이가 있지만 우리 나라 연안해역에서는 *Acinetobacter* sp., *Flavobacterium* sp., *Pseudomonas* sp. 및 *Vibrio* sp. 등이 우점종을 차지하고 있으며 (Kim and Lee, 1993; Lee et al., 1986; Park et al., 1991), 적조가 발생한 해역에서는 *Vibrio alginolyticus*가 주위의

해수보다 훨씬 높게 검출되기도 한다 (Romalde et al., 1990). 또한 수계에 서식하는 세균 중에는 *Shewanella* sp. SR-14와 같은 미세조류 증식 저해균 뿐만 아니라 다른 기능의 세균이 동시에 분포하고 있으나, 공존하는 세균이 미세조류 증식 저해균의 생육과 조류 증식저해 활성에 미치는 영향에 대한 연구는 거의 없는 실정이다.

본 연구에서는 해양환경에서 적조방제를 위한 조류증식 저해균의 이용시 공존하는 다른 세균의 영향을 알아보기 위하여 연안에서 우점종으로 분포하는 것으로 알려진 *V. alginolyticus*가 조류증식 저해균 *Shewanella* sp. SR-14의 *Chaetoceros calcitrans* 저해 활성에 미치는 영향을 이들 두 시험균주와 *C. calcitrans*를 혼합 배양하여 측정하였다.

## 재료 및 방법

### 시험 미세조류 및 균주

실험에 사용한 조류증식 저해균, *Shewanella* sp. SR-14와 균주, *Chaetoceros calcitrans* CCMP 1315는 전보 (Kim et al., 1999a)와 같은 것을 사용하였다. *V. alginolyticus*는 1997년 8월에 전남 여수시 남산동 연안의 수심 2 m 층에서 채취한 해수를 0.8  $\mu\text{m}$  membrane filter로 여과하고 멸균해수로 적절히 희석하여 thiosulfate citrate bile sucrose (TCBS, Difco) agar에 도말하고, 35 $^\circ\text{C}$ 에서 24시간 배양하여 나타난 황색 colony를 순수 분리한 다음 여러 가지 생화학 시험을 거쳐 동정하였다 (Kelly et al., 1991).

생균수의 측정

Conwy 배지 (Walne, 1979) 혹은 조류 배양액에 각각 따로 또는 혼합 접종된 *Shewanella* sp. SR-14와 *V. alginolyticus*의 생균수는 도말법으로 측정하였다 (Buck and Cleverdon, 1960). 즉, 시험액에 두 시험균이 각각 따로 접종된 경우 *V. alginolyticus* 생균수는 TCBS agar 평판을 사용하여 35°C, 24시간 배양하여 측정하였으며, *Shewanella* sp. SR-14의 생균수는 peptone agar (peptone, 0.5 g; yeast extract, 0.05 g; agar, 12 g; 해수, 900 mL; 증류수, 100 mL) 평판을 사용하여 25°C, 3일간 배양하여 측정하였다. 한편, 시험액에 두 시험균이 동시에 접종된 경우 *Shewanella* sp. SR-14 생균수는 peptone agar에서 구하여진 생균수에서 TCBS agar 상에서 나타난 *V. alginolyticus*의 균수를 제하고 colony forming unit (CFU)/mL로 나타내었다.

시험균과 미세조류의 혼합배양

*Shewanella* sp. SR-14의 *C. calcitrans* 증식 저해활성에 미치는 *V. alginolyticus*의 영향은 혼합배양법으로 측정하였다. 즉, Conwy 배지에 대수 증식기의 미세조류를 일정농도 되도록 접종한 다음, 대조구에는 peptone broth만을, 시험구에는 peptone broth에서 20°C, 3일간 배양한 *Shewanella* sp. SR-14 및/혹은 *V. alginolyticus* 배양액을 첨가하여 혼합배양하였다. 각 혼합 배양액 및 대조구는 온도 21 ± 1°C, 조도 약 4,000 lux, 광주기 12시간 Light: 12시간 Dark로 정치배양하였으며, 조류의 증식은 전보 (Kim et al., 1999a)에서 나타낸 바와 같이 spectrophotometer (Milton Roy, model spectronic GENESYS 5)로 750 nm에서 흡광도를 측정하여 나타내었다.

결과 및 고찰

*Vibrio alginolyticus*의 분리 및 동정

해수를 희석하여 TCBS agar 평판에 도말 배양한 후 황색을 나타내는 균주 4종을 순수 분리하여 동정한 결과 3개의 균주가 *V.*

*alginolyticus*로 동정되었으며, 시험에 사용한 균주의 생화학적 특성을 Table 1에 나타내었다.

시험에 사용된 균은 Gram 음성의 간균으로 sucrose를 분해하였고, NaCl이 함유되지 않은 배지에서는 증식하지 않았으나 10% 함유된 배지에서는 증식하였고, 또 marine agar에서 swarming을 나타내는 등 전형적인 *V. alginolyticus*의 특성을 나타내었다.

우리 나라 연안 해수의 세균상은 시기와 장소에 따라 다소 차이가 있으나 일반적으로 *Acinetobacter* sp., *Flavobacterium* sp., *Pseudomonas* sp. 및 *Vibrio* sp. 등이 우점종을 차지하고 있으며 (Kim and Lee, 1993; Lee et al., 1986; Park et al., 1991), *Vibrio* sp. 중에서 특히 *V. alginolyticus*는 다른 종에 비하여 우리 나라 연안에서 우세하게 연중 검출되는 것으로 보고되고 있다 (Lee and Ahn, 1976). 또한 적조가 발생한 해역에서는 *Vibrio* sp.가 주위의 해수보다 3 log 이상 높게 검출되고 있으며 이 중에는 *V. alginolyticus*가 우점종으로 검출되는 것으로 보고된 바 있다 (Romalde et al., 1990).

한편, *Vibrio* sp.의 선택배지로 사용되는 TCBS agar에서는 장내 세균 등의 다른 세균은 증식이 저해되거나 증식하여도 *Vibrio* sp.와 쉽게 구분할 수 있고 (Difco, 1985), 또한 실험에 사용한 *Shewanella* sp. SR-14도 TCBS agar에서 증식하지 못하였다.

따라서 본 시험에서는 우리 나라 연안에서 일반적으로 분포하고 있고, 적조 발생시 많이 분포하며, 선택배지가 있어 *Shewanella* sp. SR-14와 혼합 배양하여도 쉽게 구분할 수 있는 점 등을 고려하여 *V. alginolyticus*를 시험균주로 선정 사용하였다.

Conwy 배지에서 시험균의 증식

*V. alginolyticus*가 *Shewanella* sp. SR-14의 조류 증식저해 활성화에 미치는 영향을 시험하기 전에 먼저 이 균이 조류 배양용 무기 배지인 Conwy 배지에서 증식력과 *Shewanella* sp. SR-14와 혼합 배양하였을 때 상호 영향에 대하여 살펴보았다. *V. alginolyticus*와 *Shewanella* sp. SR-14를 조류 배양용 Conwy 배지에 각각 단독

Table 1. Comparison of biochemical characteristics between the isolated strain and the reference *Vibrio alginolyticus*

Test items	Isolated strain	<i>V. alginolyticus</i> *	Test items	Isolated strain	<i>V. alginolyticus</i> *
Gram stain	-	-	Arginine	-	0
Shape	rod	rod	Lysine	+	99
Oxidase	+	+	Ornithine	-	50
Catalase	+	+	Gelatin hydrolysis	+	90
Motility	+	99	Acid production from		
O/F test	+/+	+/+	Arabinose	-	1
TSI	acid/acid	acid/acid	Cellobiose	-	3
H <sub>2</sub> S on TSI	-	0	Dulcitol	-	0
Growth in nutrient broth with			Galactose	-	20
0% NaCl	-	0	Lactose	-	0
1% NaCl	+	99	Mannitol	+	100
6% NaCl	+	100	Salicine	-	4
8% NaCl	+	94	Sucrose	+	99
10% NaCl	+	69	Trehalose	+	100
			Swarming in marine agar	+	+

\*The data on reference *V. alginolyticus* was derived from Kelly et al. (1991) and the numbers are % of positive.

또는 비슷한 균수로 혼합접종하고 조류 배양조건에서 배양하였을 때 배양기간에 따른 생균수의 변화를 Fig. 1에 나타내었다.

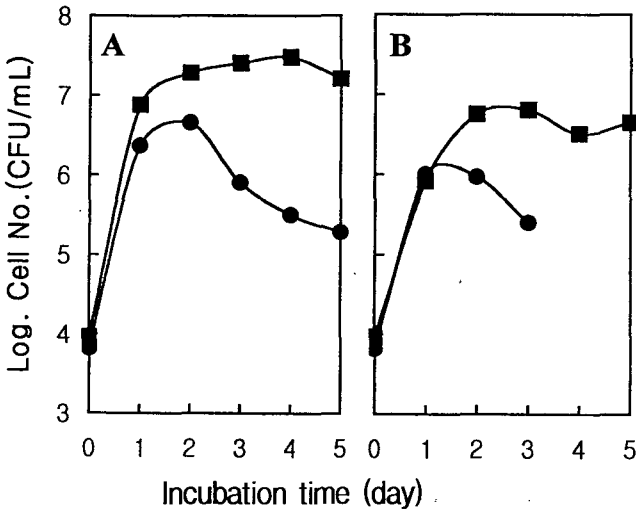


Fig. 1. Changes of aerobic plate counts of *Shewanella* sp. SR-14 (●) and *Vibrio alginolyticus* (■) in Conwy medium by pure culture (A) or mixed culture (B). Incubation was carried out at 21°C with a Light: Dark cycle of 12 hour: 12 hour under 4,000 lux.

*Shewanella* sp. SR-14와 *V. alginolyticus*를 Conwy 배지에서 단독 배양하였을 때 이들 균은 조류 배양조건에서 잘 증식하여 모두 최초균수 약 10<sup>4</sup> CFU/mL에서 배양 1일 후 약 10<sup>6</sup> CFU/mL 이상 증식하였다. 그런데 최대 균수에 도달 후 *Shewanella* sp. SR-14는 완만히 균수가 감소하는 경향을 나타낸 반면 *V. alginolyticus*는 큰 변화가 없었다 (Fig. 1A).

한편, *Shewanella* sp. SR-14와 *V. alginolyticus*를 Conwy 배지에서 혼합 배양하였을 경우에도 배양기간에 따른 균수의 변화는 단독배양에서의 유사한 경향을 나타내었다 (Fig. 1B). 그러나 혼합 배양 4일 이후의 *Shewanella* sp. SR-14 생균수는 *V. alginolyticus*와 2 log 이상 차이를 보여 agar 평판을 사용한 생균수의 측정이 불가능하였다.

菅原 (1994)은 *Gymnodinium* sp.의 저해균인 *Alteromonas* sp.를 미세조류 저해활성이 없는 *Pseudomonas* sp., *Moraxella* sp., *Vibrio* sp. 등과 혼합 배양하면 *Alteromonas* sp.의 균수가 격감하여 다른 미생물과 경합에서 저해 당하였으며, 이러한 점은 적조방제를 위하여 현장에서 사용시 천연해수에서 소멸됨을 의미하므로 오히려 장점이 될 수 있다고 지적하였다.

본 실험에서도 *Shewanella* sp. SR-14를 *V. alginolyticus*와 혼합 또는 단독배양하였을 때 배양초기에는 균수가 증가하였으나 최대 균수에 달한 후에는 배양기간의 연장에 따라 균수가 감소한 반면, *V. alginolyticus*는 큰 변화가 없어 菅原 (1994)이 지적한 바와 같이 현장에서 사용시 이점이 될 것으로 생각되었다. 그러나 혼합배양시 4일 이후에는 *Shewanella* sp. SR-14가 *V. alginolyticus*와 경합에서 저해되어 단독 배양한 경우보다 균수가 더 감소하였는지 혹은 비슷한 경향이었는지에 대해서는 확인할 수 없었다.

*Shewanella* sp. SR-14 혹은 *V. alginolyticus*가 *C. calcitrans*의 증식에 미치는 영향

두 시험균이 *C. calcitrans*의 증식에 미치는 영향은 조류가 첨가된 배지에 *Shewanella* sp. SR-14 또는 *V. alginolyticus*를 접종하고 각각 혼합 배양하면서 단독 배양한 대조구 조류의 증식과 비교하여 Fig. 2에 나타내었다.

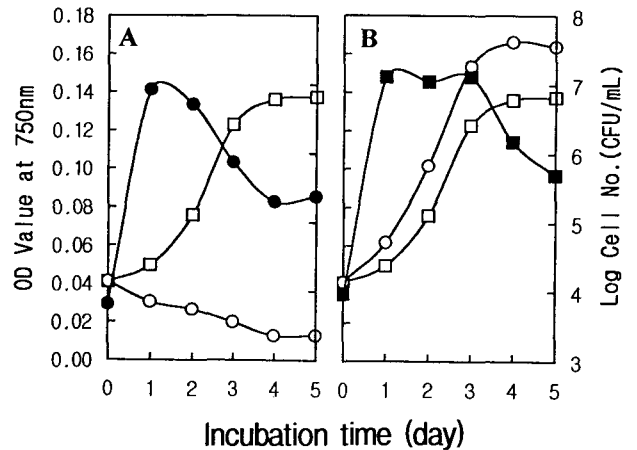


Fig. 2. Effects of *Shewanella* sp. SR-14 (A) or *Vibrio alginolyticus* (B) on the growth of *Chaetoceros calcitrans*. □, control (algae only); ○, algae growth mixed with bacterium; ●, aerobic plate counts of *Shewanella* sp. SR-14 mixed with algae; ■, aerobic plate counts of *V. alginolyticus* mixed with algae.

대조구의 조류는 배양기간의 연장에 따라 잘 증식하여 배양 4일 후 정지기에 도달하였으며 이때 OD<sub>750</sub> 값은 약 0.14이었다. 세균을 접종한 시험구의 조류는 *Shewanella* sp. SR-14를 접종한 경우 생균수가 10<sup>6</sup> CFU/mL 이상 증가한 1일째부터 조류 배양액의 OD<sub>750</sub> 값은 감소하여 조류에 대한 증식저해 효과를 나타내었다. 그러나 *V. alginolyticus*를 접종한 혼합배양액에서 세균은 잘 증식하였고, 시험구의 조류도 대조구보다 잘 증식하여 정지기에 도달하였을 때 OD<sub>750</sub> 값은 약 0.16으로 대조구 (OD<sub>750</sub>=0.14)보다 오히려 높아 *Shewanella* sp. SR-14를 접종한 경우와는 대조적이었다. 따라서 *Shewanella* sp. SR-14는 *C. calcitrans*의 증식을 저해하였지만 *V. alginolyticus*는 그 증식을 촉진하는 것으로 나타났다.

수계 생태계에 서식하는 세균 중에는 미세조류 증식 저해균 뿐만 아니라 증식 촉진 세균도 동시에 분포한다는 것은 이미 알려져 있다 (清水, 1991). 또한 Hino (1984)는 환경수에서 분리한 몇 종의 세균을 *Chlorella pyrenoidosa*와 혼합 배양하면 조류만 단독 배양하였을 때 보다 조류의 증식도 촉진되고 또 최고 밀도도 높았다고 보고하여 본 실험의 *V. alginolyticus*를 접종한 경우와 유사하였다.

*V. alginolyticus*가 *Shewanella* sp. SR-14의 조류증식 저해활성에 미치는 영향

*V. alginolyticus*가 *Shewanella* sp. SR-14의 조류증식 저해활성

에 미치는 영향은 조류가 첨가된 배지에 두 시험균을 비슷한 균수 (*V. alginolyticus*,  $9.1 \times 10^3$  CFU/mL; *Shewanella* sp. SR-14,  $6.5 \times 10^3$  CFU/mL)로, 혹은 *V. alginolyticus* 균수가 *Shewanella* sp. SR-14보다 약 1 log 정도 높게 각각 혼합 접종하였을 때 배양기간에 따른 균수 및 조류 배양액의 OD<sub>750</sub> 값의 변화를 Fig. 3에 나타내었다.

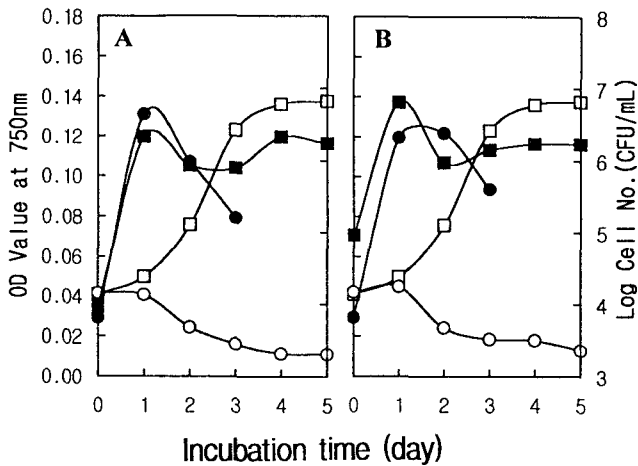


Fig. 3. Effects of bacteria on the growth of *Chaetoceros calcitrans* by mixed cultures with the alga, *Shewanella* sp. SR-14 and different initial densities of *Vibrio alginolyticus*.

A, after inoculating with  $6.5 \times 10^3$  CFU/mL of *Shewanella* sp. SR-14 and  $9.1 \times 10^3$  CFU/mL of *V. alginolyticus*; B, after inoculating with  $6.5 \times 10^3$  CFU/mL of *Shewanella* sp. SR-14 and  $9.1 \times 10^4$  CFU/mL of *V. alginolyticus*.

□—, control (algae only); ○—, algae growth mixed with bacteria; ●—, aerobic plate counts of *Shewanella* sp. SR-14 mixed with alga and *V. alginolyticus*; ■—, aerobic plate counts of *V. alginolyticus* mixed with alga and *Shewanella* sp. SR-14.

*Shewanella* sp. SR-14와 *V. alginolyticus*를 조류가 첨가된 배지에서 혼합 배양하였을 때 두 균은 양호하게 증식하여 최초 균수의 차이에 관계없이 1일 후 생균수가 모두  $10^6$  CFU/mL 이상 증식하였다. 그리고 조류 배양액의 OD<sub>750</sub> 값은 *V. alginolyticus*가 *Shewanella* sp. SR-14와 비슷한 균수로 접종된 경우나 약 1 log 높게 접종된 경우에 관계없이 배양기간이 연장됨에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. 그러나 *Shewanella* sp. SR-14만 접종한 조류 배양액의 OD<sub>750</sub> 값이 최초 0.04에서 1일 후에 약 0.03으로 감소한 것에 비하면 (Fig. 2A) *V. alginolyticus*를 혼합 접종하였을 때는 배양 1일 후에도 OD<sub>750</sub> 값은 거의 변함이 없어 (Fig. 3) *Shewanella* sp. SR-14의 조류증식 저해활성은 *V. alginolyticus*에 의해서 다소 약화되는 것으로 추측되었다.

그래서 *V. alginolyticus*의 최초균수를 *Shewanella* sp. SR-14보다 3 log 정도 높게 접종하여 배양하였을 때 배양기간에 따른 조류의 OD<sub>750</sub> 값의 변화를 Fig. 4에 나타내었다.

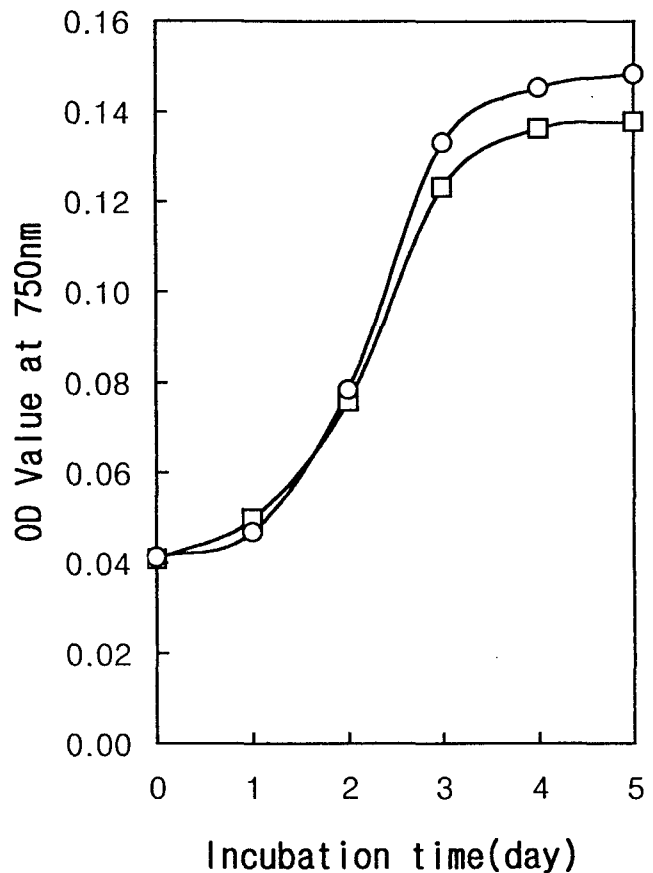


Fig. 4. Effects of bacteria on the growth of *Chaetoceros calcitrans* after inoculating with both  $5.6 \times 10^3$  CFU/mL of *Shewanella* sp. SR-14 and  $7.4 \times 10^4$  CFU/mL of *Vibrio alginolyticus*.

□—, control (algae only); ○—, algae growth mixed with bacteria.

*C. calcitrans*가 첨가된 배지에 *Shewanella* sp. SR-14와 *V. alginolyticus*의 최초균수를 각각  $5.6 \times 10^3$  CFU/mL 및  $7.4 \times 10^4$  CFU/mL로 접종하고 배양하였을 때 시험구 조류의 증식은 대조구와 같은 경향이었고 정지기에 달하였을 때 최고밀도는 시험구가 약간 높았다. 전보 (Kim et al., 1999b)에서 *Shewanella* sp. SR-14는 무균 조류 배양액에서는 mL당 수 cell 만 접종하여도 조류의 증식이 저지되는 것으로 보고하였으나, 본 시험결과 *V. alginolyticus*가 3 log 이상 많게 공존할 시에는 조류증식 저해활성이 나타나지 않았다.

이러한 결과는 石田 (1994)이 조류 배양액에 시료를 접종하여 조류 증식 저해균을 분리할 때 증식을 촉진하는 세균이 공존할 경우 조류 증식 저해능이 상쇄되어 분리가 어렵다고 언급한 바와 같은 경향이었고, 해양 생태계에서도 *Shewanella* sp. SR-14와 공존하는 미세조류 증식촉진 세균과 수적인 차이가 적을 때에는 조류의 증식을 저해할 수 있지만 그 차이가 클 때는 조류증식 저해능을 나타내지 못할 것으로 사료되었다.

## 요 약

미세조류 증식 저해균 *Shewanella* sp. SR-14와 연안해역에서 우점종으로 분포하는 세균인 *Vibrio alginolyticus*가 규조, *Chaetoceros calcitrans*의 증식에 미치는 영향 그리고 *V. alginolyticus*가 *Shewanella* sp. SR-14의 *C. calcitrans* 증식저해 활성에 미치는 영향을 혼합배양으로 측정하였다.

*Shewanella* sp. SR-14와 해수에서 분리한 *V. alginolyticus*는 미세조류 배양용 무기배지에서 단독 또는 혼합 배양하여도 잘 증식하였으며, *C. calcitrans*와 혼합배양시 *Shewanella* sp. SR-14는 조류증식을 저해한 반면 *V. alginolyticus*는 이 조류의 증식을 촉진하였다.

조류가 첨가된 배지에 *Shewanella* sp. SR-14의 최초 접종균수가 *V. alginolyticus*와 거의 같거나 1log 정도 적게 접종되었을 때에는 *C. calcitrans*에 대한 *Shewanella* sp. SR-14의 증식 저해활성이 유지되었으나 *V. alginolyticus*의 최초균수가 *Shewanella* sp. SR-14보다 3log 이상 많았을 때에는 조류증식 저해활성이 나타나지 않았다.

## 감사의 글

본 연구의 일부는 국립수산물진흥원 경상시험 연구비로 수행된 결과이며 연구비 지원에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- Buck, J.D. and R.C. Cleverdon. 1960. The spread plate as a method for the enumeration of marine bacteria. *Limnol. Ocean.*, 5, 78~80.
- Difco. 1985. *Difco Manual 10th ed.* Difco Laboratories, Michigan, pp. 930~932.
- Hino, S. 1984. Algal growth stimulation by heterotrophic bacteria with lake sediment extract. *Jap. J. Phycol.*, 32, 124~129.
- Kelly, M.T., F.W. Hickman-Brenner and J.J. Farmer III. 1991. *Vibrio*. In *Manual of Clinical Microbiology*. A. Balows, W.J. Hausler, Jr., K.L. Herrmann, H.D. Isenberg and H. Jean Shadomy, eds., American Society for Microbiology, Washington DC, pp. 384~395.
- Kim, D.W. and W.J. Lee. 1993. Studies on relationships between marine bacteria and phytoplankton in Suyeong bay. 1. On relationships of dominant species between marine bacteria and phytoplankton. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 26, 446~457 (in Korean).
- Kim, J.H., J.H. Park, Y.H. Song and D.S. Chang. 1999a. Isolation and characterization of the marine bacterium, *Alteromonas* sp. SR-14 inhibiting the growth of diatom, *Chaetoceros* species. *J. Korean Fish. Soc.*, 32, 155~159 (in Korean).
- Kim, J.H., H.Y. Park, Y.C. Cho, M.H. Cho and D.S. Chang. 1999b. Growth inhibition of the diatom, *Chaetoceros calcitrans* by *Alteromonas* sp. SR-14. *J. Korean. Fish. Soc.*, 32, 160~164 (in Korean).
- Kim, J.H., H.J. Lee, T.S. Lee, H.R. Kim, M.S. Lee and D.S. Chang. 1999c. Characteristics of the algal growth inhibition substances produced by *Alteromonas* sp. SR-14. *J. Food Hyg. Safety*, 14, 270~276 (in Korean).
- Kim, J.H., H.J. Lee, H.Y. Park, H.D. Yoon, Y.C. Cho and D.S. Chang. 2001. Growth inhibition of food-microalgae by the marine bacterium, *Shewanella* sp. SR-14. *Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Inst. Korea*, 59, 177~185 (in Korean).
- Lee, W.J. and C.W. Ahn. 1976. Distribution of *Vibrio parahaemolyticus* and *V. alginolyticus* in the coast of Chung-mu. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 9, 233~237 (in Korean).
- Lee, W.J., H.D. Chung, C.G. Kang and H.Y. Park. 1986. Isolation and physiological properties of marine bacteria in the eutropic coastal waters. 1. Environmental factors and marine bacterial flora in the eutropic coastal waters. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 19, 586~592 (in Korean).
- Park, Y.T., W.J. Lee, J.S. Park, P.Y. Lee and H.G. Kim. 1991. Study on the distribution of marine bacteria and the consumption of oxygen in Wonmun Bay. *Bull. Kor. Fish. Soc.*, 24, 303~314 (in Korean).
- Romalde, J.L., J.L. Barja and A.E. Toranzo. 1990. Vibrios associated with red tides caused by *Mesodinium rubrum*. *Appl. Environ. Microbiol.*, 56, 3615~3619.
- Walne, P.R. 1979. Culture of bivalve molluscs, 50 year's experience at Conwy. The Whitefriars Press Ltd., London, 189 pp.
- 菅原 庸. 1994. 総合討論. In 赤潮と微生物—環境にやさしい微生物農薬を求めて. 石田祐三郎, 菅原 庸 編, 水産学シリーズ No. 99, 恒星社厚生閣, 東京, p. 123.
- 山本 裕子. 1986. 藻のパソジーン. In 藻類の生態. 秋山 優, 有賀祐勝, 坂本 充, 横浜康繼 編, 内田老鶴圃, 東京, pp. 439~504.
- 石田祐三郎. 1994. 赤潮藻の微生物學的防除に關する現狀と將來. In 赤潮と微生物—環境にやさしい微生物農薬を求めて. 石田祐三郎, 菅原 庸 編, 水産学シリーズ No. 99, 恒星社厚生閣, 東京, pp. 9~21.
- 清水潮. 1991. 海洋微生物とバイオテクノロジー. 技報堂出版, 東京, pp. 256~280.

2001년 7월 2일 접수

2001년 9월 1일 수리