

## 병원성 비브리오균과 동물성 플랑크톤과의 관계에 관한 연구

장동석 · 김창훈\* · 유홍식\* · 김신희 · 정은탁 · 신일식\*\*  
부경대학교 식품공학과 · \*부경대학교 해양산업개발연구소 · \*\*강릉대학교 해양생명공학부

### Relationship between Pathogenic Vibrios and Zooplankton Biomass in Coastal Area, Korea

Dong-Suck CHANG, Chang-Hoon KIM\*, Hong-Sik YU\*,

Shin-Hee KIM, Eun-Tak JEONG and Il-Shik SHIN

Department of Food Science and Technology, Pukyong National University, 608-737 Pusan, Korea.

\*Research Center for Ocean Industrial Development, Pukyong National University,  
608-737 Pusan, Korea.

\*\*Faculty of Marine Bioengineering, Kangnung National University, 210-702 Kangnung, Korea.

An ecological study on pathogenic vibrios was done in the aquatic environments of southern coast of Korea during summer in 1995, to investigate the distribution and relationship between pathogenic vibrio and zooplankton. Furthermore, special emphasis was given to study on the effects of zooplankton existence on the wintering of *Vibrio cholerae* in the aquatic region in Korea.

During the study period, pathogenic vibrios were isolated from the samples such as *V. parahaemolyticus*, *V. vulnificus*, *V. mimicus*, and *V. cholerae* non O1, but *V. cholerae* O1 was not detected in any sample submitted in this study.

Adsorption ratio of *V. parahaemolyticus* onto zooplankton was higher than that of *E. coli*. The efficiency of adsorption was found to be on the concentration of NaCl and other ions found in sea water. For example, adsorption ratio of *V. parahaemolyticus* were 75% at 5‰ of NaCl solution and 55% at same salinity of diluted sea water, but those were decreased as 20% and 7% at 15‰ salinity of NaCl solution and diluted sea water, respectively.

In addition, survival period of pathogenic vibrio was extended in the presence of live copepods at 25°C, but zooplankton existence has no significant effect on the survival rate at 5°C in closed microcosm and also microalgae and dead copepods do not affect on the survival of *V. parahaemolyticus*. According to these experimental results, zooplankton has positive effects on the growth and survival rate of pathogenic vibrios in sea water during the summer season, but copepods have no significant effects on the growth and survival rate of them in winter season in Korea.

Finally, authors suggest that *V. cholerae* is not able to over winter with zooplankton in adjacent sea water in Korea.

**Key words** : pathogenic vibrios, copepods, *V. cholerae* non O1, *V. cholerae* O1

### 서 론

비브리오균 속의 세균은 담수에서부터 해수에까지

넓은 수역에서 검출되는 그람음성의 종속 영양 세균  
으로서 수중에서 유기 물질 분해의 일익을 담당하고  
있다. 여기에 속하는 세균의 대부분은 병원성이 없는

이 논문은 1995년도 교육부 학술연구 조성비와 해양산업개발연구센터의 지원에 의하여 연구되었습.

세균이지만 *Vibrio parahaemolyticus*, *V. vulnificus*, *V. cholerae*, *V. mimicus*, *V. fluvialis*, *V. hollisae* 등 12종류가 사람의 건강과 관련이 있는 것으로 알려져 있다 (Ballows et al., 1991). 특히 한국과 일본에서는 생선회를 좋아하는 식습관 때문에 식중독 원인 중에서 비브리오균으로 인한 것이 단연 으뜸이며 원인 식품으로도 생선 어패류와 그 가공품이 주류를 이루고 있다.

비브리오균 중 법정 전염 병원인 *V. cholerae* O1은 외래성으로 알려져 일반적으로 수산물에서는 *V. parahaemolyticus*나 *V. vulnificus*의 전파가 문제시 되어 왔다. 그러나 미국을 위시한 몇몇 나라의 *V. cholerae* O1이 연중 검출되며 저온 내성이 없는 비브리오균이 연중 수계에 상재할 수 있는 것은 동절기에 동물성 플랑크톤의 일종인 copepods (橈脚類) 등에 부착 월동하여 수온이 상승되는 하절기에 증식하기 때문이라는 가설이 주장되었다 (Garay et al., 1985; Ogg et al., 1989; Perez-Rosas and Hazen, 1988; Tamplin et al., 1990). 또한 이러한 가설을 뒷받침하는 인공 수조에서 비브리오균과 동물성 플랑크톤간의 부착 생존에 관한 많은 연구가 보고 되었다 (Huq et al., 1983, 1984; Kaneko and Colwell, 1975). 실제로 키틴질 분해 능력이 있는 비브리오균과 같은 각종 해양 미생물들은 동물성 플랑크톤 등 해양 생물에서 유래하는 키틴질이나 관련 유기물의 순환에 관여하고 있으며 copepods의 표면이나 내강에 존재하는 세균들 중 비브리오속이 우위를 차지한다고 알려져 있다 (Kaneko and Colwell, 1975; Sochard et al., 1979). 특히, 병원성 비브리오균의 생활사 전반에 copepods와 같은 키틴질이 깊게 관련되어 있는 것으로 밝혀졌는데 (Baumann et al., 1980), Huq et al. (1983, 1984)은 *V. cholerae* O1의 생존력에 copepods가 영향을 미치는데 인공 해수 중에서 부착 생존시 그 생존력이 증가한다고 보고하였다. Kaneko and Colwell (1975)은 수계에서 *V. parahaemolyticus*의 연중 분포에 영향을 미치는 주요한 인자는 키틴질에 대한 흡착율이라고 주장하였다.

이상의 보고들을 근거로 하여 1991년 여름 콜레라 파동의 주전과 경로가 수산 식품이라고 보도되기에 이르렀다.

그러나 외국의 이러한 연구 사례를 그대로 받아들이기 앞서 그 연구 보고들의 실험 조건과 지역적인 환경 특성을 관가해서는 안되리라고 본다. 즉, 조사

대상이 실험실의 인공 수조나 염분 농도가 낮은 강어귀에 국한되어 있거나 콜레라 다발 지역인 경우가 많고 위 연구 보고들 중 부착 월동설에 위배되는 연구 결과들도 상당수 있는 바 가설에 입각한 편의적인 해석을 내렸을 가능성이 많다. 그리고 무엇보다도 우리나라 연안의 환경하에서 플랑크톤과 병원성 비브리오균의 생존에 관한 연구나 그 검증을 위한 실험실 차원의 조사가 없기 때문에 편의적인 해석에 앞서 지역 특성을 고려한 연구가 절대적이라고 하겠다.

따라서 본 연구에서는 수산 식품, 특히 생선회의 위생 대책 수립에 필요한 자료 확보 측면에서 비브리오균이 동물성 플랑크톤에 부착하여 월동한다는 보고를 확인하기 위해 우리나라 남해안의 주요 어항인 충무로 중심으로 연안 해수 중에 존재하는 동물성 플랑크톤의 일종으로 주종을 이루는 copepods와 병원성 비브리오균의 분포에 대해 조사하고 그 결과를 바탕으로 병원성 비브리오균의 동물성 플랑크톤에 대한 부착에 영향을 미치는 각종 환경 인자를 파악하고자 하였으며 역으로 부착시 환경 인자가 비브리오균의 증식에 미치는 영향을 실험실 인공 수조에서 조사하여 자연계에서 병원성 비브리오균의 거동을 예측함으로써 비브리오균의 동물성 플랑크톤 부착 월동설 등을 해명하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 재료

#### 1) 실험 재료

1995년 7월부터 10월까지 충무 지역의 서호만내 패류 양식장 부근에서 표층 해수 및 패류를 채취하였으며 플랑크톤도 수온이 높은 7월에서 10월에 걸쳐 총 4회 채취하였다.

플랑크톤의 채집은 Kitahara 법 (日本水産資源保護協會, 1987)에 준하여 실시하였으며 채집한 플랑크톤은 표층수와 함께 무균적으로 수송하였고 분류할 것을 2~4% glutaraldehyde 용액에 고정하여 수송하였다.

#### 2) 사용 균주

해수 중에서 플랑크톤과 비브리오균의 생태학적 관계를 알아보기 위해 병원성 비브리오균 중 *V. para-*

*haemolyticus* WP-1 (Osaka University)을 동물성 플랑크톤은 copepods 중 실험실에서 배양이 용이한 *Acartia* 속 (자연 분리)을 이용하였다.

그리고 균중에 따른 흡착 선택성을 알아보기 위해 대조균으로 *Escherichia coli* ATCC 1129를 사용하였다.

## 2. 실험 방법

### 1) 병원성 비브리오균의 분리 및 동정

#### (1) 병원성 비브리오균의 분리

해수 1000ml와 100ml를 각각 membrane filter ( $\phi$  0.45 $\mu$ m, Millipore)에 여과한 후 여과지를 peptone수 (1% NaCl, 1% peptone)에 넣어 37 $\pm$ 0.5 $^{\circ}$ C에서 18시간 증균 하였고 10ml 접종은 2배 농도의 peptone수를 사용하였다.

플랑크톤은 copepods를 무작위로 100개체 선택하여 여과 멸균 ( $\phi$  0.22 $\mu$ m membrane filter, Millipore)한 채집 장소의 해수 2,000 ml로 가볍게 수세하여 해수에서 유래하는 미생물을 제거하였고 수세한 copepods 100개체에 멸균 해수 100ml를 가해 균질화 (10,000 rpm, 30 sec., Waring blender) 시킨 후 10 $^0$ -10 $^{-5}$ 까지 희석하여 peptone수에 접종하여 증균하였으며, 10ml 접종은 2배 농도의 peptone수를 사용하였고 3개의 시험관법으로 균수를 구하였다.

균주의 선택은 증균 후 TCBS (thiosulfate citrate bile sucrose) agar (Difco)에 37 $\pm$ 0.5 $^{\circ}$ C에서 18시간 회전 배양하여 녹색의 모든 집락과 황색의 집락 중 직경이 1~1.5mm, 표면이 평활한 것을 선택하였으며 기타 실험 항목과 방법은 미국 식품 약품 관리청 (FDA, BAM, 1992)의 방법에 준하였다.

#### (2) 병원성 비브리오균의 동정

병원성 비브리오균의 동정은 Baumann et al. (1984), Kelly et al. (1980)의 방법에 따라 실시하였는데 목적균으로 추정되는 균은 생화학 시험 kit를 이용하여 각종 생화학 실험을 추가로 행하였는데 API 50 CHB (API bioM rieux 社)와 API 20E를 kit system에 따라 조작하였으며 판독은 ATB computer data base Ver. 2.0을 이용하였다. 그리고 *V. cholerae* O1로 추정되는 균주는 혈청형 검사를 행하였다. 진단용 혈청은 DENKA SEIKEN 사의 제품을 사용하였으며, 슬라이드 응집반응으로 실시하였다.

#### 2) 플랑크톤의 분류

농축 시료를 glutaraldehyde (2~4%)에 고정 후 실험실에서 재차 4% 중성 포르말린 용액에 고정하여 5 $^{\circ}$ C 암소에 보관하면서 광학현미경 하에서 분류하였다.

### 3) 병원성 비브리오균의 흡착 특성

병원성 비브리오균이 동물성 플랑크톤에 흡착하는 경우 영향을 미칠 수 있는 인자들 중 중요하다고 생각되는 이온 조성, pH, 염분 농도의 영향을 조사하고 병원성 비브리오균의 흡착 선택성을 위생 지표 세균인 대장균과 비교하여 그 특이성을 조사하였다.

그 기본 절차는 아래와 같다.

150ml 플라스크에 자연 유래 미생물을 제거한 약 100개체의 copepods를 가지고 비브리오균을 비롯한 세균 배양체에 포함된 유기물 제거를 위해 copepods 현탁 용액과 동일한 용액으로 미생물 배양체를 역시 수세하여 가하였다. 이 혼합액을 배양하면서 매회 약 2ml씩 pasteur pipette으로 배양액을 취하고 77 $\mu$ m 구경의 체로 여과하여 copepods를 제거한 시료를 얻었다. 이 시료에서 세균수를 계수 하여 copepods에 부착되지 않은 세균수를 측정함으로써 그 부착율을 역으로 판별하였다. 세균과 copepods 혼합 용액의 배양은 진탕 배양기에서 실시하였으며 copepods를 가지지 않은 실험구도 함께 배양하여 흡착율 계산시 오차를 최소화하고자 하였다.

#### (1) 염분 농도 및 이온 조성이 미치는 영향

해수의 이온 조성이 흡착율에 미치는 영향을 파악하기 위해 식염 용액과 자연 해수 중에서 비교 실험하였다. 동시에 염분 농도에 따른 흡착율을 조사하기 위해 염분 농도를 각각 달리하면서 실시하였다. 이때 pH는 7.0으로 하였다.

#### (2) pH의 영향

흡착율에 pH가 미치는 영향을 파악하기 위해 인산 완충 용액으로 pH를 조절한 1.0% 식염 용액 중에서 pH를 4.3~10.5까지 변화시키면서 조사하였다.

#### (3) 위생 지표 세균에 대한 병원성 비브리오균의 흡착 선택성

흡착 현상이 병원성 비브리오균에 대해 어떤 선택성이 있는지를 조사하기 위하여 대장균을 대조구로 하여 *V. parahaemolyticus*와 흡착율을 비교하였다. 실험 방법은 병원성 비브리오균에서와 같이 행하였다.

#### 4) 동물성 플랑크톤의 존재와 병원성 비브리오균

의 증식에 미치는 온도, 염분 농도 영향

병원성 비브리오균의 증식에 미치는 온도와 플랑크톤의 영향을 알아보기 위해 해수 염분 농도 10‰ 정도인 강 하구에서 채집한 copepods 100개체를 3,000 ml의 멸균 해수(여과 멸균,  $\phi$  0.22 $\mu$ m membrane filter, Millipore)로 수제한 후 2개의 삼각 flask에 염분 농도를 5‰, pH는 8.0으로 조절한 해수 250ml와 함께 넣고 *V. parahaemolyticus*를 10<sup>4</sup>/ml 정도 되게 접종한 후 copepods의 먹이로 algae의 한 종류인 *Isochrysis galbana*를 10<sup>4</sup>/ml 정도 되게 접종하였다. 5°C와 25°C에 각각 배양하면서 균수의 변화를 관찰하였다. 균수의 변화는 배양액 2 ml와 copepods 3개체를 측정시마다 각 flask에서 취하여 균질화 시킨 후 단계별로 희석하여 TCBS agar상에서 spread법으로 접종한 후 37°C에서 18시간 배양하여 균수를 측정하여 관찰하였다.

병원성 비브리오균의 증식에 미치는 염분 농도와 플랑크톤과의 영향을 알아보기 위해 해수의 염분 농도를 5‰과 15‰로 조정하여 위의 실험법과 같은 조건으로 copepod를 넣고 *V. parahaemolyticus*를 각각 10<sup>4</sup>/ml 정도 되게 접종 한 후 넣고 25 ± 1°C에 배양하면서 균수의 변화를 관찰하였다.

이상의 실험에서 algae 첨가 등 실험 조건에 따른 부영향을 조사하기 위해 아래와 같이 조건을 달리하여 실험하였다(5‰, pH 8.0, 25 ± 1°C).

- ① Dead copepods and live bacteria
- ② Live algae and live bacteria
- ③ Live bacteria only

그 밖의 실험 방법은 Huq et al.(1983, 1984)의 방법을 따랐다.

## 결과 및 고찰

### 1. 해수와 동물성 플랑크톤 중의 병원성 비브리오균의 분포

#### (1) 해수에서의 병원성 비브리오균 검출

1995년 7월부터 10월까지 충무 서호만, 진해만 내의 패류 양식장, 부산 자갈치 어시장 부근, 부산 수영천 하구의 해수 61시료를 대상으로 병원성 비브리오균의 검출 실태를 지역별, 월별로 비교한 자료는 Table 1, 2와 같다.

*V. parahaemolyticus*는 여름철에는 비교적 높은 비율로 검출되었으며 검출율은 18%에 이르렀다. 패혈증의 원인 균인 *V. vulnificus* 또한 61개 시료 중에서 10개 시료에서 검출되어 약 16%, NAG Vibrio의 경우는 약 5%, *V. mimicus*는 약 10% 검출되었고 *V. cholerae* O1 균은 전 시료에서 검출되지 않았다. 월별 검출율은 7월과 10월은 비슷하였으며 8월과 9월의 시료에서 높게 검출되었으며 여름철 해수의 온도가 높아도 해수에서 콜레라균은 검출되지 않았으나 여타 병원성 비브리오균은 해수에서 4.9~18% 정도로 검출되고 있음을 알 수 있었다.

#### (2) 플랑크톤과 병원성 비브리오균의 분포

충무 지역의 패류 양식장 해역에서 해수를 채취하여 플랑크톤이 섞여 있을 때와 같은 해수에서 플랑크톤을 제거하고 난 후의 병원성 비브리오균을 조사한 결과 큰 차이는 없었다(Table 3).

그러나 세 번의 실험 결과를 비교하여 보면 한 번은 꼭 같이 검출되었고 또 한 번은 동물성 플랑크톤이 섞여 있는 해수 100ml당 최확수가 3.0이었으나 플랑

Table 1. Detection ratio of pathogenic vibrios from sea water samples by sampling stations(1995)

Vibrios	Chungmu		Jinhae		Pusan		Total	
	P/N	%	P/N	%	P/N	%	P/N	%
<i>V. parahaemolyticus</i>	5/27	18.5	4/26	15.4	2/8	25.0	11/61	18.0
<i>V. vulnificus</i>	5/27	18.5	4/26	15.4	1/8	12.5	10/61	16.4
NAG Vibrio	1/27	3.7	1/26	3.8	1/8	12.5	3/61	4.9
<i>V. cholerae</i> O1	1/27	0	1/26	0	0/8	0	0/61	0
<i>V. mimicus</i>	3/27	11.1	2/26	7.7	1/8	12.5	6/61	9.8

N: No. of tested samples

P: No. of positive samples

**Table 2. Monthly variation of detection ratio of pathogenic vibrios from sea water(1995)**

Vibrios	JUL.		Aug.		Sep.		Oct.		Total	
	P/N	%	P/N	%	P/N	%	P/N	%	P/N	%
<i>V. parahaemolyticus</i>	2/13	15.4	4/14	28.6	2/13	15.4	3/21	14.3	11/16	18.0
<i>V. vulnificus</i>	1/13	7.7	4/14	28.6	4/13	28.6	1/21	4.8	10/61	16.4
NAG Vibrio	0/13	0	1/14	7.1	1/13	7.7	1/21	4.8	3/61	4.9
<i>V. cholerae</i> O1	0/13	0	0/14	0	0/13	0	0/21	0	0/61	0
<i>V. mimicus</i>	1/13	7.7	2/14	14.3	2/13	15.4	1/21	4.8	6/61	9.8

N: No. of tested samples  
P: No. of positive samples

**Table 3. Comparison of detected pathogenic vibrio numbers in sea water with and without plankton**

Sampling date	MPN per 100ml of sea water	
	With plankton	Without plankton
Jul. 29. 1995	3.0	3.0
Sep. 2. 1995	3.0	<3.0
Sep. 22. 1995	6.2	3.0

※ Samples were collected at shellfish growing area in Chungmu region.

**Table 4. MPN of pathogenic vibrios in copepods, environmental surface sea water and shellfish in Chungmu area from July to October(1995)**

Month	Sample	Temp(°C)	Sal.(‰)	pH	MPN/100ml or gr				
					VP	VV	NAG	VC	VM
Jul.	Sea water	25.0	33.9	8.01	3.0	<3.0	<3.0	<3.0	<3.0
	Copepods				150	36	<3.0	<3.0	<3.0
	Shellfish				720	610	<3.0	<3.0	<3.0
Aug.	Sea water	24.0	33.9	8.11	3.0	<3.0	<3.0	<3.0	<3.0
	Copepods				110	3.6	<3.0	<3.0	11
	Shellfish				20	3.0	<3.0	<3.0	3.0
Sep.	Sea water	22.5	32.0	8.00	3.0	3.0	<3.0	<3.0	<3.0
	Copepods				730	<3.0	<3.0	<3.0	3.0
	Shellfish				6.2	<3.0	<3.0	<3.0	3.0
Oct.	Sea water	18.0	33.0	8.18	<3.0	<3.0	<3.0	<3.0	<3.0
	Copepods				<3.0	<3.0	<3.0	<3.0	<3.0
	Shellfish				3.0	<3.0	<3.0	<3.0	<3.0

VP : *V. parahaemolyticus*    VC : *V. cholerae* O1  
VV : *V. vulnificus*            VM : *V. mimicus*  
NAG : NAG Vibrio

※ Vibrio count in case of copepods is MPN/100 copepods

크톤을 없앤 경우에는 검출되지 않았고 또 다른 시료에서는 플랑크톤 함유 해수에서는 그렇지 않은 경우의 해수에서 보다 약 2배의 비브리오균수가 검출되어 동물성 플랑크톤은 병원성 비브리오균의 분포에 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다. 한편 같은 해역에서

채집한 해수, 패류 그리고 동물성 플랑크톤에 함유되어 있는 병원성 비브리오균수 역시 패류나 플랑크톤에서 월등히 많이 검출됨을 알 수 있었다 (Table 4). 7월의 경우 해수에서는 *V. parahaemolyticus*만이 검출되고 *V. vulnificus*나 NAG Vibrio는 검출되지 않았

**Table 5. Comparison of zooplankton in Chungmu area(1995)**

Species	July	August	September	October
Protozoa				
<i>Noctiluca scintillans</i>			444	306
Polychaete larvae		167	83	56
Arthropoda				
Cladocera				
<i>Podon polyphemoides</i>		111	111	250
<i>Evadne nordmanni</i>			28	83
Copepoda				
<i>Paracalanus</i> sp.	770		167	194
<i>Paracalanus</i> copepodites		194	306	
<i>Acartia</i> copepodites	616		361	472
<i>Oithona</i> sp. A		167	56	83
<i>Oithona</i> sp. B		28	2,556	833
<i>Oithona</i> copepodites		56	833	111
<i>Copepoda</i> nauplii	614	250	333	556
Cirripedia larvae (nauplii)		1,167	674	1,028
Mollusca				
Gastropoda larvae (Veliger)		28		
Urochordata				
Ascidian larvae			28	
Appendicularia				
Oikopleuridae		833	56	83
Total	2,000	3,001	6,056	4,055

으나 100개체의 copepods에서는 *V. parahaemolyticus*가 50, *V. vulnificus*가 36개체가 검출되었으며 패류에서는 각각 720, 610개체가 검출되어 해수에 있는 병원성 비브리오균이 동물성 플랑크톤이나 패류에 많은 수가 부착되어 있음을 알 수 있었다. 이와 같은 경향은 8월과 9월에서도 나타났으며 10월에는 패류에서 *V. parahaemolyticus*가 검출된 바 있으나 그 밖의 해수와 동물성 플랑크톤, 패류 등 모든 시료에서 병원성 비브리오균은 검출되지 않았다.

이와 같이 동물성 플랑크톤과 병원성 비브리오균 사이에는 관계가 있음이 확인되었다.

## 2. 동물성 플랑크톤의 조성

충무 지역의 패류 양식 해역의 해수에서 채집한 동물성 플랑크톤의 조성을 Table 5에 나타내었다. 플랑

크톤 분포수는 월별에 따라 큰 차이는 없었으나 9월에 다소 많은 수가 채집되었는데 이는 채집 시간과도 관계가 있을 것으로 생각된다. 그리고 동물성 플랑크톤인 copepods는 장염 비브리오균이나 비브리오 콜레라의 분포와 관계가 깊다고 보고된 바 있는데 (Kaneko and Colwell, 1975; Sochard et al., 1979; Huq et al., 1983) 충무 연안에서 검출된 동물성 플랑크톤에는 copepods가 주종을 이루고 있으며 그 중에서도 *Oithona* sp., *Paracalanus* sp., *Copepoda nauplii* 등이 많이 검출되었다.

## 3. 병원성 비브리오균의 흡착 특성

(1) 염분 농도 및 이온 조성이 미치는 영향

Fig. 2에 나타낸 바와 같이 식염 용액을 사용한 경우가 자연 해수를 희석해 사용한 경우보다 오히려 흡



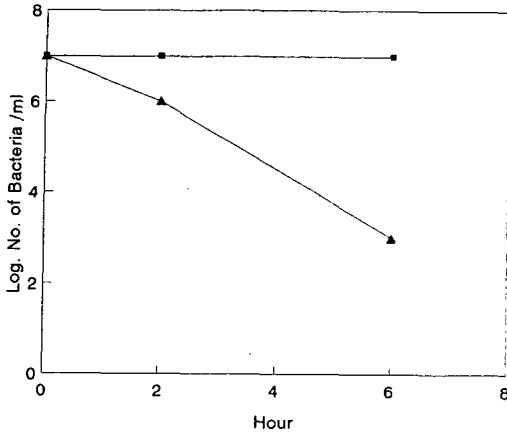


Fig. 3. Species dependence of adsorption onto copepods in 1.0% NaCl solution at 25°C, pH 7.0(■; *E.coli*, ▲; *V.parahaemolyticus*).

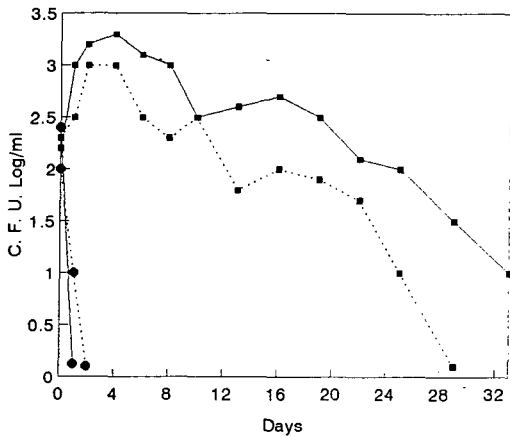


Fig. 4. Comparison of survival period of *V.parahaemolyticus* by the temperature with and without copepods in closed microcosm at 5‰ salinity, pH 8.0(●; 5°C, ■; 25°C, -; with copepods, - without copepods).

강에 분포하는 미생물을 분리 동정한 결과를 보고하였는데 그들의 연구 결과에서도 분리된 미생물의 55%가 비브리오 속인 것으로 나타났으며 copepods가 비브리오균의 서식처의 역할 뿐만 아니라 copepods의 배설물과 함께 비브리오균이 방출될 경우 비브리오균의 한 전파 경로가 된다고 주장하였다. Kaneko and Colwell (1975)은 이러한 종 특이성 역시 종에 따른 분비물의 특성 차에 기인한다고 보고하였다.

염분 농도의 효과나 pH의 영향을 고려해 본다면 동물성 플랑크톤에 대한 병원성 비브리오균의 흡착은 강의 기수 지역에서 더 많이 일어날 것으로 쉽게 추

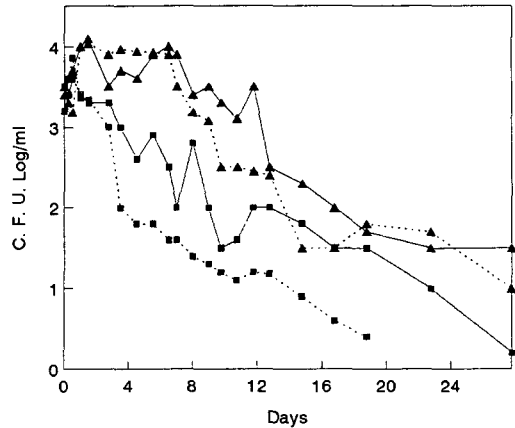


Fig. 5. Comparison of survival of *V. parahaemolyticus* under the various conditions in closed microcosm examined at 25°C, pH 8.0 (■; 5‰ salinity, ●; 15‰ salinity, -; with copepods, -; without copepods).

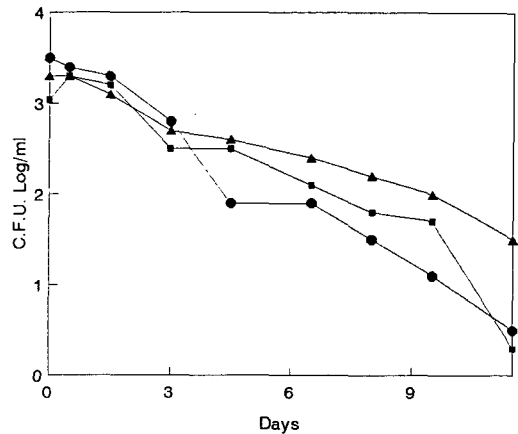


Fig. 6. Survival period of *V. parahaemolyticus* under the various conditions in closed microcosm examined at 25°C, pH 8.0(■; water only; ▲; with dead copepods; ●; with live algae).

정할 수 있다.

#### 4. 병원성 비브리오균의 증식에 미치는 온도, 염분 농도 및 플랑크톤의 영향

*V. parahaemolyticus*의 증식에 해수의 온도 및 동물성 플랑크톤의 유무가 미치는 영향을 조사한 결과를 Fig. 4에 나타내었다. Copepods와 함께 25°C에 배양하였을 때 초기 농도가  $10^2$ /ml 이던 것이 배양 4일 후에는  $2.5 \times 10^3$ /ml으로 약간 증가하였다가 점차 감소



하였으며 copepods가 존재하지 않는 경우에는 배양 29일경에 검출이 되지 않는 단계에 도달했다. 한편 5°C에 배양한 경우에는 copepods의 존재 유무에 관계 없이 배양 3일만에 급속히 활성이 감소하여 검출이 되지 않았다.

즉, 해수의 온도가 높을 때 (25°C) copepods가 존재 하면 해수에서의 생육 시간이 길어지나 해수의 온도가 낮은 경우 (5°C)에는 copepods가 비브리오균의 생육에 큰 영향을 미치지 못함을 알 수 있다.

Huq et al. (1984)도 이와 유사한 결과를 보고한 바 있으나 해수에서의 생육 시간이 copepods와 함께 30°C에 배양했을 때 최대 7일 정도로 본 실험의 경우보다는 생존 기간이 짧았다.

염분 농도에 따른 *V. parahaemolyticus*의 해수에서의 생육 기간은 해수 온도의 영향만큼 큰 차이를 나타내지 않았으나 염분 농도가 낮을 때 (5‰) copepods가 존재하면 해수에서의 생육 시간이 약 20일 정도 연장되었다 (Fig. 5). 그러나 염분 농도가 높을 때에는 (15‰) 해수에서의 생육 시간이 copepods의 존재 유무에 유의할 만한 영향을 받지 않았다. 그리고 실험에 사용한 algae 등이 비브리오균의 생육에 미치는 부영양을 알아본 결과 algae나 실험 중 사멸한 copepods 등은 비브리오균의 생육에 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다 (Fig. 6).

이상의 결과를 종합해 볼 때 염분 농도가 낮은 기수에서는 동물성 플랑크톤인 copepods의 유무가 비브리오균의 증식이나 생잔율에 긍정적 영향을 나타내었으나 염분 농도가 높은 정상적 해수에서나, 또는 수온이 낮은 겨울철에는 병원성 비브리오균의 생육에 copepods가 영향을 미치지 못하는 것으로 나타나 우리나라 연안에서는 *V. cholerae* O1 등이 copepods에 부착하여 월동할 가능성은 거의 없는 것으로 사료된다.

## 요 약

병원성 비브리오균은 생선회를 즐겨 먹는 우리나라의 식습관 때문에 여름철 식중독 원인 세균 중에서 제일 빈도가 높은 세균이다. 특히 매년 여름철이면 콜레라 파동으로 활선어 판매금지 조치 등으로 생산

어민 및 생선 횃집 경영자들의 경제적 손실은 매우 크다. 더구나 콜레라균이 해수에서 동물성 플랑크톤에 부착하여 월동한다는 보고도 있어서 실제로 우리나라 연안 해수에서 콜레라균이 플랑크톤에 부착하여 월동할 가능성이 있는지를 검토한 연구 결과를 보고하는 바이다.

1. 우리나라 남해안의 해수, 어패류 및 동물성 플랑크톤에서 *V. parahaemolyticus*, *V. vulnificus*, *V. cholerae* non O1, *V. mimicus*는 검출되었으나 *V. cholerae* O1은 검출되지 않았다.

2. 동물성 플랑크톤은 해수에서 각종 병원성 비브리오균의 증식이나 부착, 생잔율에 긍정적 영향을 미치고 있었다.

3. 병원성 비브리오균의 동물성 플랑크톤에의 부착율은 대장균에 비하여 높으며 염분 농도 5‰ 일 경우에는 60% 이상으로 높았으나, 염분 농도가 증가할수록 비례적으로 흡착율은 감소하였으며 염분 농도 20‰ 이상, pH 8.0 이상에서는 급격히 감소하였다.

4. 병원성 비브리오균은 25°C의 해수에서는 플랑크톤이 존재할 때가 그렇지 않을 때 보다 균의 생잔율이 크게 나타났으나, 5°C에서는 플랑크톤의 존재 유무에 관계없이 2~3일 이내에 균수가 급격히 감소되었다.

5. 미세 조류나 사멸시킨 동물성 플랑크톤의 존재가 병원성 비브리오균의 증식이나 생존에는 영향을 미치지 못하였다.

## 참 고 문 헌

- Abel, K., H. de Schmetzing and J.I. Peterson. 1963. Classification of microorganism by analysis of chemical composition. 1. Flability of utilizing gas chromatography. J. Bacteriol. 85, 1039~1044.
- Balows, A., W.J. Hausler, Jr., K.L. Hermann and H.J. Shadomy. 1991. Manual of clinical microbiology. ASM. pp 384~395.
- Bauman, P.L., S.S. Baumann and M.J. Woolklis. 1980. Reevaluation of the taxonomy of *Vibrio*, *Beneckea* and photobacterium abolition of the genus *Benecke*. Curr. Microbiol. 4, 127~132.

- Food and Drug Administration. 1992. Food and drug administration bacteriological analytical manual, 7th ed. AOAC Arlington, VA. U.S.A.
- Garay, E., A. Arnao. and C. Amaro. 1985. Incidence of *V. cholerae* and related vibrios in coastal Lagoon and sea water influenced by lake discharges along an annual cycle. *Appl. Environ. Microbiol.* 50(2), 426~430.
- Hickman, C.P. 1967. Biology of the invertebrates. C. V. Mosby Co. St. Louis, Mo. U.S.A.
- Huq, A., E.B. Small, P.A. West, M.I. Huq, R. Rahman and R.R. Colwell. 1983. Ecological relationship between *V. cholerae* and planktonic crustacean copepods. *Appl. Environ. Microbiol.* 45(1), 275~283.
- Huq, A., P.A. West, E.B. Small, M.I. Huq and R.R. Colwell. 1984. Influence of water temperature, salinity, and pH on survival and growth of toxigenic *V. cholerae* serovar O1 associated with live copepods in laboratory microcosm. *Appl. Environ. Microbiol.* 48(2), 420~424.
- Kaneko, T. and R.R. Colwell. 1975. Adsorption of *Vibrio parahaemolyticus* onto chitin and copepods. *Applied Microbiol.* 29(2), 269~274.
- Kelly, M.T. and D.M. Avery. 1980. Lactose-positive *Vibrio* in sea water(A cause of pneumonia and septicemia in a drowning victim). *J. Clin. Microbiol.* 11, 278~280.
- Marshall, K.C., R. Stout and R. Mitchell. 1971. Mechanism of the initial events in the sorption of marine bacteria to surfaces. *J. Gen. Microbiol.* 68, 337~348.
- Ogg, J.E., R.A. Ryder and H.L. Smith, Jr. 1989. Isolation of *Vibrio cholerae* from Aquatic Birds in Colorado and Utah. *Appl. Environ. Microbiol.* 55(1), 95~99.
- Perez-Rosas, N. and T.C. Hazen. 1988. In situ survival of *V. cholerae* and *E.coli* in tropical coral reefs. *Appl. Environ. Microbiol.* 54(1), 1~9.
- Sochard, M.R., D.F. Wilson, B. Austin and R.R. Colwell. 1979. Bacteria associated with surface and gut of marine copepods. *Appl. Environ. Microbiol.* 37(4), 750~759.
- Tamplin, M.L., A.L. Gauzens, A. Huq, D.A. Sack and R.R. Colwell. 1990. Attachment of *V. cholerae* serogroup O1 to zooplankton and phytoplankton of Bangladesh waters. *Appl. Environ. Microbiol.* 56(6), 1977~1980.
- 日本水産資源保護協會. 1987. 赤潮生物研究指針. I. 赤潮生物の研究手法, 秀和, 東京. pp. 22~216.

1996년 5월 22일 접수

1996년 7월 1일 수리