

수영만의 해양세균의 분포와 우점속의 균체 지방산 조성

강원배 · 성희경* · 문창호 · 이원재**

부경대 해양학과, *부산 백병원 임상병리과, **부경대 미생물학과

Distribution of Marine Bacteria and Cellular Fatty Acid Composition of Dominated Genus in Suyeong Bay

Won-Bae KANG, Hee-Kyung SEONG*, Chang-Ho MOON and Won-Jae LEE**

Department of Oceanography, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

*Department of Clinical Pathology, Pusan Paik Hospital, Pusan 614-735, Korea

**Department of Microbiology, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

This study was performed to examine the distribution patterns, ecological characteristics and cellular fatty acid compositions of marine bacteria in Suyeong Bay. During study periods, total cell count (TC) and viable cell count (VC) were $10^7 \sim 10^8$ /ml and $10^4 \sim 10^6$ cfu/ml, respectively. The temporal variations of TC showed similar patterns between surface and bottom layer, but the VC at bottom decreased gradually from winter to summer. Among the 303 bacterial strains isolated in the study area, which belong to 10 genus types, *Pseudomonas* spp. (32.3%), *Acinetobacter* spp. (19.1%), *Vibrio* spp. (11.2%), *Flovobacterium* spp. (10.6%) and *Bacillus* spp. (7.9%) were dominant.

Thirty-one fatty acids were detected from *Pseudomonas* spp. and *Bacillus* spp., which were the most predominated among Gram positive and Gram negative bacteria. Cellular fatty acid compositions of *Bacillus* spp. were relatively simple compared to those of *Pseudomonas* spp.. Relatively high ratio of monounsaturated forms were detected in *Pseudomonas* spp. while branched types were dominant in those of *Bacillus* spp.. Hydroxy and cyclopropane fatty acid were detected only in the cellular fatty acid of *Pseudomonas* spp.. Cellular fatty acid compositions of *Pseudomonas* spp. revealed relatively high percentage of $C_{16:1}$, $C_{17:1}$, $C_{18:1}$ and $C_{16:0}$, while *Bacillus* spp. predominated $C_{16:0}$ iso, $C_{16:0}$ anteiso, $C_{17:0}$ iso, $C_{17:0}$ anteiso and $C_{16:1}$.

Key words : marine bacteria, fatty acid, *Pseudomonas* spp., *Bacillus* spp., Suyeong Bay

서 론

해양에서 해양세균의 분포와 종조성은 물리·화학적 환경 요인과의 상호작용에 의해 계속적으로 그 양상이 변화한다(Reinheimer, 1991). 특히 물리·화학적 환경 변화가 심한 만이나 하구 환경의 세균은 외양에 비해 이러한 환경변화의 영향을 더 많이 받으며, 세균의 분포량 및 활성도 외양보다 높다(Stevenson and Erkenbrecher, 1976). 그리고 만이나 하구 환경에서 해양세균은 유기물의 분해와 지화학적 전이(Litchfield, 1973), 영양염류의 재생산(Herndel et al., 1987)에 기여하거나 상위 단계의 해양생물의 먹이원(Reinheimer, 1991)으로서 중요한 역할을 담당하고 있다.

지방산은 모든 생물 세포의 기본적인 성분이며, 생물체 내에서 에너지의 저장과 이동원으로 이용되고 생체 막구조와 밀접하게 관련되어 있다(Kaneda, 1991). 그리고 물리·화학적 조건에 따라서 그 조성이 달라지기 때문에 지방산은 수계에서의 환경 변화에 대단히 민감하다(Rajendran et al., 1995). 대부분의 해양세균의 균체 지방산

은 10~20개의 탄소 사슬을 갖고 있으며(Shaw, 1974), 균체 지방산 중 가장 많은 형태는 포화지방산(saturated fatty acid)과 단순불포화지방산(monounsaturated fatty acid)이다. 세균은 속이나 종에 따라 특이적인 지방산 조성을 균일하게 가지고 있기 때문에, 최근에는 생화학적 지표로서 세균의 균체 지방산 조성을 이용한 세균 동정법이 많이 사용되고 있다(Seong et al., 1992; Bertone et al., 1996). 또한 해양 환경에서 균체 지방산 조성은 퇴적물과 해수 중의 미생물 군집의 구조, 현존량 및 활성 연구(Laureillard and Saliot, 1993; Rajendran et al., 1995) 그리고 입자태 유기물질에 대한 세균 생체량의 기여도 연구(Wakeham, 1993) 등에 많이 사용되고 있다.

수영만은 국제적인 요트경기장과 광안리 해수욕장이 위치해 있고, 해운대 해수욕장이 인접해 있어서 수질의 지속적인 관리가 필요한 해역이며, 주변의 하천을 통해 생활하수와 산업폐수가 만 내로 대량 유입되므로써 오염의 가능성이 높은 해역이다. 수영만에서의 해양세균 연구로 Seong et al. (1992)은 수영만에서 분리한 *Bacillus cereus* Group LS-1의 세균학적 특성에 대하여 보고하였

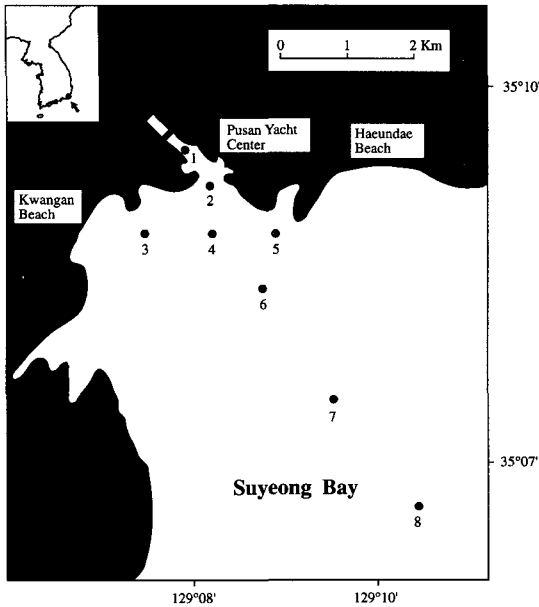


Fig. 1. Location of sampling stations in Suyeong Bay.

으며, Kim and Lee (1993)는 수영만의 해양세균과 식물 플랑크톤 우점종 간의 상호 관계에 대하여 보고한 바 있다.

본 연구는 수영만에서 해양세균의 분포 양상 및 분리된 해양세균 중 가장 많이 출현한 *Pseudomonas*속과 *Bacillus*속의 균체 지방산 조성의 특성을 조사하여 해양세균의 생태학적 특성에 대한 기초 자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

1. 시료 채취

부산의 수영만에서 8개의 정점을 선정하여 1992년 1월부터 8월까지 각 정점의 표층수와 저층수를 채수하였다 (Fig. 1). 물리·화학적 환경요인 분석용 시료는 Nansen 채수기와 Van Dorn 채수기를 이용하여 채수하였으며, 세균용 시료는 MB (marine bacteria) 채수기를 이용하여 멸균된 시료병에 채수된 시료를 Ice-box에 보관하여 실험실로 옮겨 분석하였다.

2. 연구 방법

1) 해양세균의 균수 측정 및 동정

총균수 (TC: Total cell count)는 시료를 염색한 후 형광현미경을 이용하여 직접계수법으로 측정하였고 (Porter and Feig, 1980), 생균수 (VC: Viable cell count)는

시료를 PPES-II 배지 (Taga, 1968)에 평판도말법 (Buck and Cleverdon, 1960)으로 접종하여 20°C에서 1주일간 배양한 후 나타난 집락을 CFU (colony forming unit)로 계산하였다.

해양세균의 동정은 PPES-II 배지에서 20°C, 7일간 배양한 후 평판에 출현한 특징있는 집락을 순수 분리한 다음, 형태 관찰, Gram 염색, 운동성 검사, 편모 염색, 생화학적 실험 등의 결과를 Shimidu (1977), MacFaddin (1980), Krieg and Holt (1984) 등의 결과와 비교하여 세균을 동정하였다.

2) 해양세균의 균체 지방산 조성의 특성

조사기간동안 연구 해역에서 출현한 Gram 음성세균 중 가장 우점한 *Pseudomonas*속과 Gram 양성세균 중 가장 우점한 *Bacillus*속 각각 5균주씩을 TSA (trypticase soy agar)에 접종한 후 28°C에서 24시간 배양하였다. 균체 지방산 분석을 위해 배양된 집락 중 안정된 지방산 구성을 나타내는 대수 증식기 후기인 third quadrant에서 40~50 mg 집락을 따서 screw cap tube (13×100 mm)에 넣고 시약 (50% methanol + 15% NaOH) 1 ml를 첨가하여 100°C에서 30분간 끓였다. 가수분해물을 실온으로 식혀 methanolic HCl 2 ml를 첨가하고 80°C에서 10분간 가열하여 메틸화시킨 다음 hexane-methyl-*tert*-butyl ether (1:1, v/v) 1.25 ml를 첨가하였다. FAME (fatty acid methyl ester) 물질을 취한 다음 base washing으로 dil. NaOH 3 ml를 첨가하여 혼합하고, 900×g에서 3분간 원심분리하여 상층액을 분석용 vial에 넣어 지방산 분석용 시료로 사용하였다 (Abel et al., 1963; Goodfellow and Minnikin, 1985).

균체에서 추출된 지방산을 MIS (Microbial Identification System)에 의해 fused silica capillary column (0.2 mm×25m; cross-linked 5% methyl phenyl silicone [Hewlett-Packard])과 FID (Flame ionification detector)가 부착된 GLC (Gas Liquid Chromatography; Hewlett Packard 5890A)를 이용하여 분리하였다. 온도는 170°C로 프로그램되었고 그 다음 270°C까지 분당 5°C씩 증가시켰다. 주입기 온도는 250°C를 유지하였고, 검출기 온도는 300°C였다. 그리고 전개 기체로는 고순도의 H₂를 사용하였다. 그리고 지방산 분석을 위한 표준 물질로는 전형적인 세균의 chromatogram을 나타내는 FAME mixture인 calibration standard #1 (Supelco)을 사용하였다. 세균 균체 지방산의 확인은 표준 물질의 체류 시간과 양을 비교하여 균체 지방산 측정시 나타나는 peak를 이용하였다.

3) 물리·화학적 환경 요인

수온은 수온 봉상온도계로 현장에서 직접 측정하였고,

Table 1. Monthly variations of marine bacterial flora isolated in the study area

Bacterial flora	Months							Total
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Aug.	
<i>Pseudomonas</i> spp.	11	15	15	14	7	13	17	92
<i>Acinetobacter</i> spp.	7	7	3	5	14	10	11	57
<i>Vibrio</i> spp.	1	1	6	8	6	6	12	40
<i>Flavobacterium</i> spp.	6	6	7	4	2	3	9	37
<i>Bacillus</i> spp.	2	1	2	2	11	5	4	27
<i>Moraxella</i> spp.	5	3	0	0	1	2	1	12
<i>Aeromonas</i> spp.	2	0	4	5	0	0	0	11
<i>Arthrobacter</i> spp.	0	0	0	1	2	1	1	5
<i>Staphylococcus</i> spp.	0	1	1	0	1	0	2	5
<i>Micrococcus</i> spp.	0	0	0	1	1	0	2	4
Unidentified	1	2	1	2	3	2	2	13
Total	35	36	39	42	48	42	61	303

염분은 Salinometer (Tsuru Seki Co., LTD)를 사용하여 측정하였다. 용존산소는 시료를 현장에서 고정된 후 Winkler 적정법 (Carpenter, 1965)으로 실험실 내에서 측정하였다. 화학적 산소요구량은 실험실 내에서 과망간산칼륨 알카리법으로 측정하였다.

영양염 분석을 위해 GF/C filter (직경 47 mm)로 시료 500 ml를 현장에서 여과시켜 냉동 보관하였다가 실험실에서 시료 분석 직전 녹여서 암모니아 질소 (인도페놀 청법), 아질산 질소 (sulfanilamide와 N-(1-naphthyl)-ethylendiamine을 이용한 NED법), 질산 질소 (Cu-Cd column을 이용한 아질산 환원법), 인산 인 (ascorbic acid 법) 및 규산 규소 (몰리브덴 청법) 등의 영양염류를 비색정량법으로 측정하였다 (Strickland and Parsons, 1972). 또한 클로로필 a는 해수 500 ml를 membrane filter (공경 0.45 μ m)로 여과한 후 아세톤으로 추출하고 분광광도계 (Shimadu UV-160)를 이용하여 측정하였다 (Strickland and Parsons, 1972).

결 과

1. 해양세균의 분포와 종조성

총균수와 생균수의 월별 분포는 각각 $10^7 \sim 10^8$ /ml, $10^4 \sim 10^6$ cfu/ml 범위에서 변화하였으며, 총균수와 생균수는 $10^2 \sim 10^3$ /ml의 차이를 보였다 (Fig. 2). 총균수는 표층과 저층 간에 큰 차이를 보이지 않았지만, 생균수는 5월과 8월에 표층과 저층 간에 뚜렷한 차이를 보였다. 총균수의 월별 분포는 표·저층 모두 4월과 5월에 가장 높게 나타났으며, 생균수의 경우 표층은 3월, 5월, 8월이 높게 나타났으며, 저층은 1월이 가장 높았고 동계에서 하계로 갈수록 점차 낮아지는 경향을 보였다.

수영만에서 분리된 해양세균 총 303균주를 동정한 결과 총 10속의 세균이 출현하였으며 (Table 1), 출현속 중 *Pseudomonas* spp.가 30.4%를 차지하여 가장 우점하였고 그 다음으로 *Acinetobacter* spp. (18.8%), *Vibrio* spp. (12.5%), *Flavobacterium* spp. (12.2%), *Bacillus* spp. (8.9%) 등의 순으로 나타났다. 월별 분포를 보면 1월과 2월에 *Pseudomonas* spp., *Acinetobacter* spp., *Flavobacterium* spp., 3월에 *Pseudomonas* spp., *Aeromonas* spp., *Vibrio* spp., 4월에 *Pseudomonas* spp., *Vibrio* spp., *Acinetobacter* spp., 5월에 *Acinetobacter* spp., *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp., 6월에 *Pseudomonas* spp., *Acinetobacter* spp., *Bacillus* spp. 그리고 8월에는 *Pseudomonas* spp., *Vibrio* spp., *Acinetobacter* spp. 등이 가장 많이 출현하였다 (Fig. 3). 수영만에서 분리된 세균속 중 *Pseudomonas* spp., *Acinetobacter* spp., *Vibrio* spp., *Flavobacterium* spp., *Bacillus* spp. 등은 연구기간동안 계속 출현하였으며, *Pseudomonas* spp.는 5월을 제외한 연구기간 내내 가장 우점하였고 클로로필 a의 농도가 가장 높았던 5월에는 *Acinetobacter* spp.가 가장 많이 분리되었다.

연구기간동안 수영만에서 분리된 303균주를 Gram 염색한 후 Gram 양성세균과 Gram 음성세균 조성을 조사한 결과 Gram 양성세균이 45균주 (14.9%), Gram 음성세균이 258균주 (85.1%)로 Gram 음성세균이 우점함을 알 수 있었다 (Table 1). 월별 조성을 보면 조사기간동안 Gram 음성세균이 계속 우점하였으나, 동계에서 하계로 갈수록 Gram 양성세균의 비율이 증가하였다. 한편 연구기간동안 수영만에서 분리된 Gram 음성세균 중 가장 우점한 *Pseudomonas*속 5균주와 Gram 양성세균 중 가장 많이 출현한 *Bacillus*속 5균주의 분리 동정 결과를 Table 2와 3에 나타내었다.

Table 2. Biochemical characteristics of *Pseudomonas* spp. isolated in the study area

	<i>P. campetris</i>	<i>P. maltophilia</i>	<i>P. protophomiae</i>	<i>P. stuzelis</i>	<i>P. vesicularis</i>
Gram stain	-	-	-	-	-
Morphology	rod	rod	rod	rod	rod
Spore forming	-	-	-	-	-
Motility	+	+	+	+	+
MR	-	-	-	-	-
VP	-	-	-	-	-
Indole	-	-	-	-	-
Oxidase	-	-	+	-	-
Catalase	+	+	+	+	+
Citrate	-	-	+	-	+
Nitrate reduction	-	-	+	-	+
Sulfur production	+	-	+	-	-
Decarboxylation of					
Arginine	-	-	-	-	-
Lysine	-	+	-	-	-
Ornithine	-	-	+	-	-
Glucose (O)	+	+	+	+	+
Glucose (F)	-	-	-	-	-
Urea	-	-	-	-	-
Liquefaction of					
Gelatin	+	+	+	-	-
Assimilation of					
Galactose	-	-	-	-	-
Lactose	-	-	-	-	-
Mannitol	-	-	-	-	+
Inositol	-	-	-	-	-
Sucrose	+	-	-	-	-

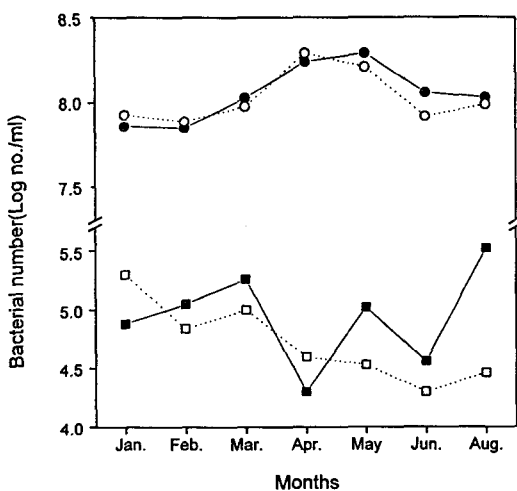


Fig. 2. Monthly variations of bacterial number. ○: total cell count, □: viable cell count, closed symbol: surface layer, open symbol: bottom layer.

2. 우점한 해양세균의 균체 지방산 조성

수영만에서 분리된 Gram 음성세균 중 가장 우점한 *Pseudomonas*속 5균주와 Gram 양성세균 중 가장 많이 출현한 *Bacillus*속 5균주의 균체 지방산 조성을 조사한 결과 검출된 균체 지방산 형태는 총 31종이었으며, *Pseudomonas*속은 29종, *Bacillus*속은 17종의 지방산이 검출되어 *Pseudomonas*속에 비해서 *Bacillus*속의 균체 지방산 형태는 비교적 단순했다 (Table 4). 그리고 조사된 *Pseudomonas*속과 *Bacillus*속의 균체 지방산 조성 중 C₂₀ 이상의 지방산은 검출되지 않았고, 이중결합이 2개 이상인 고도 불포화지방산도 검출되지 않았다.

*Pseudomonas*속과 *Bacillus*속의 균체 지방산 중 포화지방산은 *Bacillus*속에서 우점했고, 불포화지방산은 *Pseudomonas*속에서 많이 검출되었다 (Table 4, Fig. 4). 포화지방산의 경우 *Bacillus*속은 쇠상지방산 (BrFA; branched fatty acid)이 우점했고 even-iso 형태보다는 anteiso와 odd-iso 형태가 많이 검출되었다. 또한 *Pseudomonas*속에서는 직쇄상 지방산이 많이 존재했으며, *Pseudomonas*속에서 발견된 OHFA (hydroxy fatty acid)와 CFA (cyclop-

Table 3. Biochemical characteristics of *Bacillus* spp. isolated in the study area

	<i>B. campetris</i>	<i>B. maltophilia</i>	<i>B. protophomiae</i>	<i>B. stuzelis</i>	<i>B. vesicularis</i>
Gram stain	+	+	+	+	+
Morphology	rod	rod	rod	rod	rod
Spore forming	+	+	+	+	+
Motility	+	+	+	+	+
MR	-	-	-	-	-
VP	+	+	-	-	+
Indole	-	-	-	-	-
Oxidase	-	-	-	-	-
Catalase	+	+	+	+	+
Citrate	+	+	-	+	+
Nitrate reduction	+	+	+	+	+
Sulfur production	-	-	-	-	-
Decarboxylation of					
Arginine	+	+	-	-	-
Lysine	-	-	-	-	-
Ornithine	-	-	-	-	-
Glucose (O)	+	+	+	+	+
Glucose (F)	-	-	-	-	-
Urea	-	-	-	-	-
Liquefaction of					
Gelatin	+	+	+	+	+
Assimilation of					
Galactose	-	-	-	-	-
Lactose	-	-	-	-	-
Mannitol	-	+	-	-	+
Inositol	-	-	-	-	-
Sucrose	+	-	+	-	-

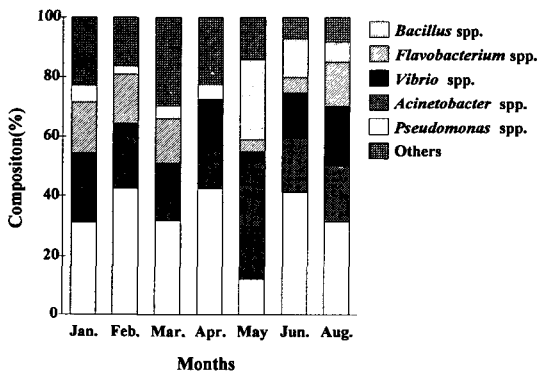


Fig. 3. Monthly variations of bacterial flora isolated in the study area.

ropane fatty acid)는 *Bacillus*속에서는 전혀 검출되지 않았다. 조사된 10균주 중 *Pseudomonas*속 5균주와 *Bacillus*속 2균주 (*B. licheniformis*와 *B. mycooides*)에서 분석된 주요한 지방산은 쇠상 C_{15} 였으며, 나머지 3균주 중 *B. psychrophilus*는 $C_{16:1}$, *B. sphaericus*는 $C_{17:1}$, *B. subtilis*는 $C_{18:1}$ 이 가장 우점한 지방산 형태였다. 그리고 조사된

*Pseudomonas*속과 *Bacillus*속은 모두 $C_{14:0}$, $C_{16:0}$, $C_{16:1}$, $C_{17:1}$ 등의 지방산을 가지고 있었다 (Table 5와 6).

*Pseudomonas*속의 균체 지방산 중 *P. campetris*와 *P. maltophilia*는 C_{15} iso가 각각 29.2%와 39.3%로 가장 우점했고, $C_{16:1}$ 이 각각 10.7%와 14.5%로 그 다음으로 우점했다. *P. protophomiae*는 $C_{16:1}$ (17.8%)과 $C_{17:1}$ (16.7%)이 주요한 지방산 형태였으며, *P. stuzelis*는 $C_{18:1}$ (57.8%)과 $C_{16:0}$ (23.1%), *P. vesicularis*는 $C_{17:1}$ (32.2%)과 $C_{16:1}$ (23.3%) 그리고 $C_{16:0}$ (21.7%)이 우점했다 (Table 5). 조사된 *Pseudomonas*속의 균체 지방산 조성 중 C_{15} iso가 0~39.3%, $C_{16:1}$ 은 9.6~23.3%, $C_{17:1}$ 은 0.9~32.2%, $C_{18:1}$ 은 0~57.8% 그리고 $C_{16:0}$ 은 5.6~23.1% 범위였으며, 각각의 평균은 17.6%, 17.3%, 12.9%, 12.6%, 13.4%였다. *P. protophomiae*, *P. stuzelis*, *P. vesicularis*의 균체 지방산 조성에서는 불포화지방산과 $C_{16:0}$ 이 총지방산 조성의 51.9~91.4%를 차지했고 쇠상지방산은 거의 검출되지 않아 전형적인 Gram 음성세균의 균체 지방산 조성과는 같은 결과였으나, *P. campetris*와 *P. maltophilia*의 경우에는 불포화지방산과 직쇄상 지방산보다는 쇠상지방산이 높은 비율 (각

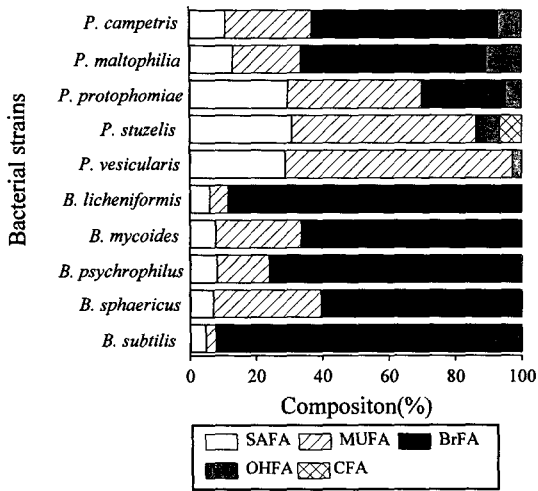


Fig. 4. Compositions of cellular fatty acid extracted from dominant bacterial strains.

SAFA: straight fatty acid, MUFA: monounsaturated fatty acid, BrFA: branched fatty acid, OHFA: hydroxy fatty acid, CFA: cyclopropane fatty acid.

각 61.7%와 61.3%)을 차지하였다. 그리고 *Pseudomonas* 속의 균체 지방산 조성에서는 OHFA가 1.5~6.6%를 차지했고, *P. vesicularis*에서는 CFA가 비교적 높은 비율(6.6%)로 검출되었다.

*Bacillus*속 중 *B. licheniformis*는 C_{15 iso} (36.0%)와 C_{15 anteiso} (28.3%)가 가장 우점한 지방산 형태였으며, *B. mycooides*는 C_{15 iso} (43.7%)와 C_{17:1} (13.3%), *B. psychrophilus*는 C_{15 anteiso} (42.2%), *B. sphaericus*는 C_{15 iso} (37.9%)와 C_{16:1} (25.7%), *B. subtilis*는 C_{15 anteiso} (46.6%)가 가장 많이 검출되었다(Table 6). 조사된 *Bacillus*속의 균체 지방산 조성 중 쇠상 C₁₅, 쇠상 C₁₇, C_{16:1} 그리고 C_{17:1}이 우점한 지방산 형태였다. 조사된 *Bacillus*속의 균체 지방산 중 C_{15 anteiso}는 3.1~46.6%, C_{15 iso} 10.2~43.7%, C_{17 anteiso} 1.1~18.3%, C_{17 iso} 0.4~10.3%, C_{16:1}은 1.9~25.7% 그리고 C_{17:1}은 3.1~14.1% 범위였으며, 각각의 평균은 25.5%, 28.0%, 7.3%, 6.2%, 9.0% 그리고 7.3%였다. 균체 지방산 조성 중 6종류를 제외한 다른 지방산 형태들은 낮은 비율로 존재했으며, *B. mycooides*와 *B. sphaericus*의 균체 지방산 조성에서는 불포화지방산이 비교적 높은 비율(각각 26.0%, 40.0%)로 검출되었다.

3. 물리·화학적 환경 요인

조사기간동안 측정된 물리·화학적 환경 요인의 변화

Table 4. Fatty acid compositions of *Pseudomonas* spp. and *Bacillus* spp. dominated among bacteria isolated in the study area

Fatty acid	<i>Pseudomonas</i> spp.	<i>Bacillus</i> spp.
Straight		
C10 : 0	0.18	ND
C11 : 0	0.05	ND
C12 : 0	2.24	ND
C13 : 0	0.36	ND
C14 : 0	2.92	1.75
C15 : 0	2.65	0.66
C16 : 0	13.26	3.81
C17 : 0	0.71	0.38
C18 : 0	0.28	0.14
Monounsaturated		
C15 : 1	1.79	ND
C16 : 1	14.98	10.77
C17 : 1	6.44	5.47
C18 : 1	18.92	0.25
Branched		
C10 : 0 iso	0.24	ND
C11 : 0 iso	1.76	ND
C12 : 0 iso	0.03	ND
C13 : 0 iso	1.02	1.29
C13 : 0 anteiso	0.06	0.10
C14 : 0 iso	2.17	3.22
C15 : 0 iso	17.49	26.12
C15 : 0 anteiso	2.30	25.54
C16 : 0 iso	1.43	5.42
C17 : 0 iso	0.91	7.84
C17 : 0 anteiso	ND	7.02
C18 : 0 iso	ND	0.16
Hydroxy		
C10 : 0 3OH	0.57	ND
C12 : 0 3OH	1.24	ND
C13 : 0 2OH	2.77	ND
C11 : 0 3OH	1.85	ND
Cyclopropane		
C17 : 0 cyclo	0.54	ND
C19 : 0 cyclo	0.78	ND
ΣSAFA	22.65	6.75
ΣMUFA	42.13	16.50
ΣBrFA	27.45	76.75
ΣOHFA	6.44	ND
ΣCFA	1.33	ND
Total	100	100

Expressed as % as total fatty acids

ΣSAFA: Straight fatty acid, ΣMUFA: monounsaturated fatty acid, ΣBrFA: branched fatty acid, ΣOHFA: hydroxy fatty acid, ΣCFA: cyclopropane fatty acid ND: not detected

Table 5. Fatty acid compositions of *Pseudomonas* spp. dominated among Gram negative bacteria isolated in the study area

Fatty acid	<i>P. campetris</i>	<i>P. maltophilia</i>	<i>P. protophomiae</i>	<i>P. stuzelis</i>	<i>P. vesicularis</i>
Straight					
C10 : 0	0.31	0.63	ND	ND	ND
C11 : 0	ND	ND	0.25	ND	ND
C12 : 0	ND	1.76	2.04	7.40	ND
C13 : 0	ND	ND	1.81	ND	ND
C14 : 0	3.45	4.34	1.93	1.18	3.70
C15 : 0	1.48	0.65	9.93	ND	1.21
C16 : 0	5.58	5.69	10.06	21.74	23.09
C17 : 0	ND	ND	3.24	ND	0.33
C18 : 0	ND	ND	0.41	0.46	0.56
Monounsaturated					
C15 : 1	5.23	1.40	2.34	ND	ND
C16 : 1	10.73	13.42	17.87	23.29	9.55
C17 : 1	10.13	4.42	16.73	ND	0.92
C18 : 1	ND	1.24	3.32	32.20	57.85
Branched					
C10 : 0 <i>iso</i>	0.41	0.82	ND	ND	ND
C11 : 0 <i>iso</i>	4.89	3.92	ND	ND	ND
C12 : 0 <i>iso</i>	0.17	ND	ND	ND	ND
C13 : 0 <i>iso</i>	1.06	0.64	3.40	ND	ND
C13 : 0 <i>anteiso</i>	ND	0.32	ND	ND	ND
C14 : 0 <i>iso</i>	9.04	1.04	0.80	ND	ND
C15 : 0 <i>iso</i>	29.17	38.67	19.65	ND	ND
C15 : 0 <i>anteiso</i>	3.95	7.38	0.21	ND	ND
C16 : 0 <i>iso</i>	6.02	0.78	0.38	ND	ND
C17 : 0 <i>iso</i>	1.16	2.12	0.78	0.51	ND
Hydroxy					
C10 : 0 3OH	ND	ND	ND	2.86	ND
C12 : 0 3OH	1.95	3.47	0.78	ND	ND
C13 : 0 2OH	2.77	3.29	1.31	3.69	2.80
C11 : 0 3OH	2.51	4.00	2.78	ND	ND
Cyclopropane					
C17 : 0 <i>cyclo</i>	ND	ND	ND	2.73	ND
C19 : 0 <i>cyclo</i>	ND	ND	ND	3.94	ND
Σ SAFA	10.82	13.07	29.67	30.78	28.89
Σ MUFA	26.09	20.48	40.25	55.49	68.31
Σ BrFA	55.86	55.69	25.22	0.51	ND
Σ OHFA	7.23	10.76	4.86	6.55	2.80
Σ CFA	ND	ND	ND	6.67	ND
Total	100	100	100	100	100

Expressed as % as total fatty acids

ND : not detected

Table 6. Fatty acid compositions of *Bacillus* spp. dominated among Gram positive bacteria isolated in the study area

Fatty acid	<i>B. campetris</i>	<i>B. maltophilia</i>	<i>B. protophomiae</i>	<i>B. stuzelis</i>	<i>B. vesicularis</i>
Straight					
C14 : 0	0.71	3.19	0.69	3.73	0.45
C15 : 0	ND	ND	3.34	ND	ND
C16 : 0	4.63	4.54	2.25	3.31	4.32
C17 : 0	ND	ND	1.94	ND	ND
C18 : 0	0.71	ND	ND	ND	ND
Monounsaturated					
C16 : 1	2.92	12.54	11.38	25.11	1.91
C17 : 1	1.89	13.33	3.70	7.37	1.10
C18 : 1	0.64	ND	0.62	ND	ND
Branched					
C13 : 0 <i>iso</i>	ND	6.47	ND	ND	ND
C13 : 0 <i>anteiso</i>	ND	ND	ND	ND	0.52
C14 : 0 <i>iso</i>	0.53	3.02	7.53	3.37	1.67
C15 : 0 <i>iso</i>	36.04	34.14	10.17	37.90	12.38
C15 : 0 <i>anteiso</i>	28.34	3.08	42.17	7.54	46.56
C16 : 0 <i>iso</i>	2.43	8.38	8.63	2.41	5.25
C17 : 0 <i>anteiso</i>	11.30	10.27	2.20	7.9	7.55
C17 : 0 <i>iso</i>	9.87	1.05	4.57	1.35	18.30
C18 : 0 <i>iso</i>	ND	ND	0.82	ND	ND
ΣSAFA	6.05	7.73	8.21	7.04	4.76
ΣMUFA	5.44	25.87	15.70	32.48	3.01
ΣBrFA	88.51	66.40	76.09	60.48	92.23
Total	100	100	100	100	100

Expressed as % as total fatty acids

ND : not detected

Table 7. Mean values of environmental factors during the study periods

Month	Depth	Temp. (°C)	Sal. (±)	DO (ml/l)	COD (ml/l)	Nutrients (μg-at/l)					Chl. <i>a</i> (μg/l)
						NO ₂	NO ₃	NH ₄	PO ₄	SiO ₂	
Jan.	S	10.9	1.96	5.97	30.15	2.90	3.93	16.53	3.85	26.34	0.88
Feb.		10.7	2.99	6.85	31.48	2.93	5.38	19.63	2.71	21.12	0.19
Mar.		14.2	3.22	5.81	29.33	1.00	4.85	55.16	2.66	51.72	1.23
Apr.		14.8	2.99	6.58	29.87	2.19	7.33	47.77	4.64	35.57	4.40
May.		18.4	3.99	5.98	28.97	2.78	7.25	35.03	4.37	20.62	5.83
Jun.		18.4	3.79	6.51	30.66	1.63	3.09	56.22	3.11	34.02	2.18
Aug.		24.8	6.06	3.71	23.72	6.37	8.58	117.35	7.53	49.46	1.64
Jan.		B	—	5.97	7.14	33.94	0.54	3.29	16.53	0.68	4.17
Feb.	—		4.61	8.10	34.11	0.93	4.11	3.73	2.95	8.17	0.36
Mar.	—		1.38	6.85	31.73	0.62	3.07	6.27	0.55	10.31	1.69
Apr.	—		2.36	7.75	34.22	0.96	3.35	3.52	0.59	7.71	3.95
May.	—		2.58	7.58	34.33	1.02	2.74	3.88	1.15	7.31	10.92
Jun.	—		2.87	6.94	34.15	0.53	2.35	1.88	0.69	12.52	1.36
Aug.	—		5.12	4.47	32.27	0.90	1.83	23.04	0.46	10.82	1.16

S : Surface, B : Bottom

는 Table 7과 같다. 조사 해역의 표층 수온은 8.20~26.00 °C 범위였고 월별 평균 수온은 10.68~24.67°C 범위였으며 내만이 외만보다 수온의 변화 폭이 컸다. 염분은 표층의 경우 담수의 영향을 많이 받는 내만이 7.60~33.81‰로 변화가 심한 반면, 외해수의 영향을 많이 받는 외만의 염분 분포는 30.76~34.53‰로 큰 변화가 없었다. 월별 염분 분포는 저층이 26.81~34.48‰로 표층에 비해 변화 폭이 적었으며 8월이 평균 21.93‰로 가장 낮았다.

용존산소는 표층이 0.43~8.85 ml/l, 저층이 2.22~8.85 ml/l로 표층이 저층에 비해 변화 폭이 컸으며 내만이 외만보다 낮은 분포 양상을 보였다. 월별로는 표·저층 모두 8월이 가장 낮게 나타났고, 2월의 표층이 평균 6.85 ml/l로 가장 높게 나타났다. 그리고 COD는 표층이 0.36~8.93 ppm, 저층이 0.84~8.24 ppm의 분포 양상을 나타내었으며, 동계(평균 3.88 ppm)보다 하계(평균 4.47 ppm)가 더 높은 분포 양상을 나타내었다. 또한 동계에는 표층보다 저층이, 하계에는 저층보다 표층이 더 높은 COD 분포 양상을 보였다.

영양염 농도는 수영장에서 대량으로 유입되는 유기물의 영향을 많이 받는 내만에서 높았고, 월별로는 8월에 강우로 인한 담수 유입의 증가로 최대치를 보였으며 저층보다는 표층의 변화 폭이 컸다. 암모니아(NH₄⁺-N)는 표층의 경우 담수의 영향을 받는 내만과 만의 중간 지점이 외양의 정점에 비해 변화 폭이 매우 컸고 농도 범위는 0.17~218 µg-at/l를 나타내었으며, 저층의 경우 조사기간 동안 큰 변동은 없었다. 그리고 인산염은 표층의 경우 4월에 최소인 2.96 µg-at/l로 나타났고, 저층의 경우는 6월에 최소인 0.46 µg-at/l를 나타내었다. 규산염 농도는 규조류의 대량 증식이 일어난 5월의 표층이 20.57 µg-at/l로 가장 낮았고, 또한 클로로필 *a*는 표·저층 모두 5월이 가장 높았고, 2월의 표층이 0.19 µg/l로 가장 낮았다.

고 찰

조사기간동안 총균수와 생균수는 10²~10³/ml의 차이를 보여(Fig. 2) Lee et al. (1991)이 근산 인근 해역에서 조사한 10²~10⁵/ml와 유사한 결과였다. Shimidu et al. (1983)은 총균수와 생균수 간의 차이는 휴면상태에 있거나 배양이 잘 안되는 세균, 덩어리를 이루는 세균, 죽은 세균, 세균과 유사한 형태의 입자 등이 평판배양 시에는 잘 나타나지 않지만 직접계수법에서는 나타나기 때문이라고 보고하였다. 조사기간동안 총균수는 Kim et al. (1985)이 낙동강 하구에서 조사한 10⁷~10⁸/ml와 유사한 분포를 보였으며, 생균수는 Lee et al. (1986)이 부영양화

해역인 진해만에서 조사한 10⁴~10⁸ cfu/ml보다는 다소 낮은 분포 양상이었으나, 清水·多賀(1980)가 동경만 내에서 조사한 10⁵~10⁶ cfu/ml와는 유사한 결과였다.

Wright (1978)는 총균수의 분포가 식물플랑크톤의 증식과 밀접한 관계가 있다고 하였으며, Väättänen (1980)은 생균수는 수온, 유기물, 클로로필 *a*의 변화에 약 50~60%의 영향을 받는다고 보고하였는데, 수영만의 총균수와 생균수의 월별 변화는 수온과 클로로필 *a* 그리고 영양염, 특히 질소태 영양염의 변화에 기인하는 것으로 생각된다(Table 7). 한편 Kim and Lee (1993)는 92년 5월에 수영만에서 식물플랑크톤이 대량 증식했다고 보고하였는데 5월의 총균수와 생균수의 높은 분포 양상은 낮은 규산염 농도와 높은 클로로필 *a* 농도로 보아 이 시기에 발생한 규조류의 대량 증식의 영향으로 생각된다. 그리고 총균수와 생균수는 인근 하천의 영향을 많이 받는 내만이 외해수의 영향을 받는 외만보다 높게 분포했는데, Kang et al. (1990)은 경기만의 세균 군집은 유기물의 농도가 낮은 외해에 비해 유기물의 농도가 높은 내해에서 더 높게 분포하고 있다고 보고하여 본 연구 결과와 비슷한 경향이 었다.

수영만에서 분리된 해양세균 중 *Pseudomonas* spp. (30.4%), *Acinetobacter* spp. (18.8%), *Vibrio* spp. (13.2%), *Flavobacterium* spp. (12.2%), *Bacillus* spp. (8.9%) 등이 우점속으로 출현하여(Table 1) 부영양화 해역인 진해만에서 *Acinetobacter* spp., *Flavobacterium* spp., *Pseudomonas* spp., *Vibrio* spp. 등이 우점속으로 출현했다는 Lee et al. (1986)의 보고와 유사한 결과였다. 그리고 월별 우점속은 *Acinetobacter* spp.와 *Bacillus* spp.가 우점한 5월을 제외하고는 *Pseudomonas* spp.가 조사기간동안 가장 우점하여(Fig. 3), 부영양화 해역인 진해만에서 춘계와 동계에 *Acinetobacter* spp., 하계와 추계에 *Flavobacterium* spp.이 우점속으로 출현하였다고 보고한 Lee et al. (1986)과는 다소 다른 양상이었으나, 동경만과 Chesapeake만에서 출현한 해양세균을 비교한 결과 *Acinetobacter* spp.와 *Pseudomonas* spp.가 두 해역에서 많이 출현하였다는 Austin et al. (1979)의 보고와 낙동강 하류 수계에서 조사한 세균상 중 *Pseudomonas* spp.가 42%로 연중 우점하였다는 Kim et al. (1985)의 보고와는 비슷한 결과였다. Lee et al. (1986)은 부영양화 해역의 환경 변화는 연안으로부터 유입되는 하천수나 도시하수에서 유입된 유기물을 미생물이 분해하고 이를 이용함으로써 환경 변화에 영향을 미치며, 일반적으로 온도, 염분, pH, 증감속, 영양염 등으로 인하여 해양 생태계에 영향을 준다고 하였으며, Kang et al. (1990)은 인간의 활동에 의해 영향을 크게 받는 생

Table 8. Fatty acid compositions of Gram negative and Gram positive bacteria

Strains	ΣSFA	ΣMUFA	ΣBrFA	ΣOHFA	ΣCFA	Total	Reference
Gram negative							
<i>Alteromonas</i> spp.	29.87	39.22	19.57	8.26	0.15	97.07	Bertone <i>et al.</i> (1996)
<i>Arthrobacter marius</i> ATCC 25374	28.1	66.6	0.3	ND	5.1	100	Oliver and Colwell (1973)
<i>Moraxella bovis</i>	20	68	5	7	ND	100	Wilkinson (1988)
<i>Pseudomonas</i> spp.	22.65	42.13	27.45	6.44	1.33	100	This study
<i>Vibrio</i> spp.	28.42	55.53	10.80	2.53	0.16	97.44	Bertone <i>et al.</i> (1996)
Gram positive							
<i>Bacillus</i> spp.	6.75	16.50	75.75	ND	ND	100	This study
<i>B. mycoides</i> KCTC 1012	8.35	23.43	68.22	ND	ND	100	Seong <i>et al.</i> (1992)
<i>Micrococcus varians</i>	9	5	86	ND	ND	100	O'Leary and Wilkinson (1988)
<i>Sarcia lutea</i>	6.8	4.9	88.3	ND	ND	100	Cho and Salton (1966)
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	25	1	74	ND	ND	100	O'Leary and Wilkinson (1988)

Expressed as % as total fatty acids
 ND : not detected

태계에서는 오염물질의 양과 종류가 미생물 군집의 분포와 활성에 큰 영향을 미칠 수 있다고 보고하였다. 따라서 본 연구와 다른 연구의 월별 우점속 차이는 조사 해역간의 물리·화학적 환경 요인의 차이로 인한 결과로 생각된다.

조사기간동안 수영만에서 분리된 Gram 음성세균 중 가장 우점한 *Pseudomonas*속과 Gram 양성세균 중 가장 많이 출현한 *Bacillus*속의 균체 지방산 조성 중 포화지방산의 경우 *Pseudomonas*속 세균들은 쇠상지방산보다는 탄소수가 짝수인 직쇄상 지방산, 특히 $C_{16:0}$ 이 우점하였는데 (Table 5), Cho and Salton (1966)은 $C_{16:0}$ 이 해양세균, 남조류, 원핵 조류의 주요한 지방산이라고 보고하였고, O'Leary (1967)는 해양성 Gram 음성세균의 지방산 조성 중 짝수개의 탄소 사슬을 가진 직쇄상 지방산이 우점했다고 보고하였다. 그리고 Gram 음성세균의 균체 지방산 중 직쇄상 지방산이 20~30%의 비율로 존재한다는 것이 보고되어 (Table 8) 본 연구 결과와 유사한 양상이었다. 그러나 *P. campetris*와 *P. maltophilia*는 총 포화지방산 조성 중 쇠상지방산이 높은 비율로 검출되었으며, 특히 *P. maltophilia*의 경우 쇠상지방산이 총 균체 지방산 조성의 80% 이상을 차지하였다 (Fig. 4). Oliver and Colwell (1973)은 세균의 성장 과정 중 온도가 지방산 생성에 미치는 영향은 미약하지만 그 구성 성분의 함량에는 영향을 미칠 수 있다고 보고하였는데, *P. campetris*와 *P. maltophilia*에서 나타난 특이적인 지방산 양상은 성장 온도 (28°C) 등과 같은 배양 조건에서 기인된 조성 변화로 생각된다. 따라서 수영만의 표층 수온은 8.2~26.0°C 범위로 변화가 심하기 때문에 수영만에 서식하는 해양세균의 균체 지방산 조성은 변화가 클 것으로 생각된다. 한편

이러한 쇠상지방산은 세균, 특히 Gram 양성세균에 많이 존재하는 것으로 보고되고 있는데 (Volkman *et al.*, 1980), 본 연구에서 Gram 양성세균인 *Bacillus*속은 총 균체 지방산 중 쇠상지방산이 약 61~92% (평균 77%)를 차지하였고, 총 포화지방산 중 쇠상지방산이 약 90%로 우점하여 쇠상지방산이 Gram 양성세균의 균체 지방산 중 68~88%를 차지했다는 다른 연구자의 연구결과와 비슷한 양상이었다 (Table 6, Table 8).

또한 *Pseudomonas*속의 균체 지방산에서는 OHFA가 평균 7%가 검출되었는데 (Fig. 4), Brooks *et al.* (1976)은 OHFA의 출현은 세균이 풍부한 환경과 관련되어 있으며, Hancock *et al.* (1970)과 Key *et al.* (1970)은 Gram 음성세균에서 2-OHFA와 3-OHFA가 LPS (lipopolysaccharide)와 aminolipid의 성분으로 발견되었다고 보고하였다. 그리고 세포벽에 LPS 성분이 많은 Gram 음성세균인 *Alteromonas* spp., *Vibrio* spp. 등의 균체 지방산에서 OHFA가 2.53~8.26%가 검출되었으나 *Bacillus mycoides*, *Micrococcus varians*, *Staphylococcus epidermidis* 등과 같은 Gram 양성세균의 균체 지방산에서는 OHFA가 전혀 검출되지 않았다고 보고되어 (Table 8) OHFA가 전혀 검출되지 않은 *Bacillus*속의 균체 지방산 조성고 유사한 양상이었다 (Fig. 4).

한편 Gram 양성세균인 *Bacillus*속의 균체 지방산에서 불포화지방산이 낮은 비율로 검출되었는데 (Table 6), 불포화지방산은 주로 Gram 음성세균에 많이 존재하는 것으로 알려져 있고 (39~68%, Table 8) Cho and Salton (1966)은 Gram 양성세균은 불포화지방산이 거의 없다고 하였으며, Kaneda (1977)는 일부 *Bacillus* sp.에서 소량의 불포화지방산이 존재했다고 보고하여 본 연구결과와 유

사한 양상이었다. 그러나 *B. mycoides*와 *B. sphaericus*는 균체 지방산 조성 중 불포화지방산이 각각 26.0%와 40.0%로 높은 비율을 차지하여 특이한 양상을 보였는데 (Table 6), Sung et al. (1992)은 *B. mycoides* KCTC 1012의 균체 지방산 조성 중 불포화지방산이 23.43%를 차지하여 높은 비율로 검출되었다고 보고하여 (Table 8) *B. mycoides*와 *B. sphaericus*에서 나타난 불포화지방산의 높은 비율은 이 균주들의 균체 지방산 특징인 것으로 생각된다.

요 약

수영만에서 서식하고 있는 해양세균의 분포 및 생태학적 특성을 조사하기 위하여 수영만에서 해양세균의 시·공간적 분포 양상의 변화 및 조사기간동안 수영만에서 분리된 해양세균중 우점속의 균체 지방산 조성을 조사하였다.

조사기간동안 연구 해역의 총균수와 생균수의 분포는 각각 $10^7 \sim 10^8/\text{ml}$ 와 $10^4 \sim 10^6 \text{ cfu/ml}$ 범위였으며, 총균수는 표층과 저층간에 큰 차이를 보이지 않았지만, 생균수는 저층의 경우 동계에서 하계로 갈수록 점차 감소하는 경향을 보였다. 또한 해양세균 총 303균주가 분리 동정되었으며, 그 중 *Pseudomonas* spp. (30.4%)가 가장 많이 출현하였고, 그 다음으로 *Acinetobacter* spp. (18.8%), *Vibrio* spp. (13.2%), *Flavobacterium* spp. (12.2%), *Bacillus* spp. (8.9%) 등이 우점하였다.

수영만에서 분리된 해양세균 중 Gram 음성세균 중에서 가장 우점한 *Pseudomonas*속과 Gram 양성세균 중에서 가장 우점한 *Bacillus*속 각각 5균주의 균체 지방산 조성을 조사한 결과 검출된 균체 지방산은 총 31종이었으며, *Pseudomonas*속에 비해 *Bacillus*속의 지방산 형태는 비교적 단순했다. 또한 *Pseudomonas*속의 균체 지방산에서는 단순불포화지방산이 높은 비율로 검출되었고 *Bacillus*속에서는 쇠상지방산이 우점한 지방산 형태였다. 또한 *Pseudomonas*속에서 검출된 OHFA와 CFA는 *Bacillus*속의 균체 지방산 조성에서는 전혀 검출되지 않았다. *Pseudomonas*속의 균체 지방산은 $C_{16:1}$, $C_{17:1}$, $C_{18:1}$, $C_{16:0}$ 이 우점했고, *Bacillus*속 세균들에서는 $C_{15:0 \text{ iso}}$, $C_{15:0 \text{ anteiso}}$, $C_{17:0 \text{ iso}}$, $C_{17:0 \text{ anteiso}}$ 가 많이 검출되었다.

참 고 문 헌

- Abel, K., H. de Schmetzing and J. I. Peterson. 1963. Classification of microorganism by analysis of chemical composition. 1. Feasibility of utilizing gas chromatography. *J. Bacteriol.*, 85, 1039~1044.
- Austein, B., S. Garges, B. Conrad, E. E. Harding, R. R. Cowell, U. Shimidu and N. Taga. 1979. Comparative study of aerobic, heterotrophic bacteria flora of Chesapeake Bay and Tokyo Bay. *Appl. Environ. Microbiol.*, 37 (2), 704~714.
- Bertone, S., M. Giacomini, C. Ruggiero, C. Piccarolo and L. Calegari. 1996. Automated systems for identification of heterotrophic marine bacteria on the basis of their fatty acid composition. *Appl. Environ. Microbiol.*, 62 (6), 2122~2132.
- Brooks, P. W., G. Eglinton, S. J. Gaskell, D. J. McHugh, J. R. Maxwell and R. P. Philip. 1976. Lipids of recent sediments. Part I. Straight chain hydrocarbons and carboxylic acids of some temperate lacustrine and subtropical lagoonal tidal flat sediments. *Chem. Geol.*, 18, 21~38.
- Buck, J. D. and R. C. Cleverdon. 1960. The spread plate as a method for enumeration of marine bacteria. *Limnol. Oceanogr.*, 5, 75~80.
- Carpenter, J. H. 1965. The Chesapeake institute technique for the Winkler dissolved oxygen methods. *Limnol. Oceanogr.*, 10, 142~143.
- Cho, K. Y. and M. R. J. Salton. 1966. Fatty acid composition of bacterial membrane and wall lipids. *Biochem. Biophys. Acta.*, 116, 73~79.
- Clejan, S., T. A. Krulwich, K. R. Mondrus and D. Seto-Young. 1986. Membrane lipid composition of obligately and facultatively alkalophilic strains of *Bacillus* spp.. *J. Bacteriol.*, 168 (1), 334~340.
- Goodfellow, M. and D. E. Minnikin. 1985. Chemical method in bacteria systematics. Academic Press, N.Y., pp. 145~171.
- Guckert, J. B., M. A. Hood and D. C. White. 1986. Phospholipid ester-linked fatty acid profile changes during nutrient deprivation of *Vibrio cholerae*: Increases in the *trans/cis* ratio and proportions of cyclopropyl fatty acids. *Appl. Environ. Microbiol.*, 52 (4), 794~801.
- Hancock, I. C., Humphreys, G. O., and Meadow, P. M. 1970. Characterization of the hydroxy acids of *Pseudomonas aeruginosa* 8602. *Biochem. Biophys.*, 202, 389~391.
- Herdel, G. J., J. Faganell, N. Fanuko, P. Peduzzi and V. Turk. 1987. Role of bacteria in the carbon and nitrogen flow between water-column and sediment in a shallow marine bay (Bay of Piran, northern Adriatic Sea). *Mar. Ecol.*, 8 (3), 221~236.
- Kaneda, T. 1977. Fatty acid of the genus *Bacillus*: An example of branched-chain preference. *Bacteriol. Rev.*, 41 (2), 391~418.
- Kaneda, T. 1991. Iso- and anteiso-fatty acids in bacteria: Biosynthesis, function, and taxonomic significance. *Microbiol. Rev.*, 55 (2), 288~302.
- Kang, C. S., K. S. Lee, M. Kim, K. G. Kwon, Y. H. Kim, S.

- J. Park, K. H. Lee and S. J. Kim. 1990. Distribution and activity of heterotrophic bacterial communities in Ky-eonggi Bay, Korea. *Kor. J. Microbiol.*, 28 (4), 324~330 (In Korean).
- Key, B. A., Gray, G. W. and Wilkinson, S. G. 1970. The purification and chemical composition of the lipopolysaccharide of *Pseudomonas alcaligenes*. *Biochem. J.*, 120, 559~566.
- Kim, D. W. and W. J. Lee. 1993. Studies on relationships between marine bacteria and phytoplankton in Suyeong Bay I. On relationships of dominant species between marine bacteria and phytoplankton. *Bull. Kor. Fish. Soc.*, 26 (5), 446~457 (In Korean).
- Kim, S. J., S. W. Hong and Y. Lee. 1985. Distribution and activity of heterotrophic bacteria in the mudflat of Nakhong River estuary. *Kor. J. Microbiol.*, 23 (3), 215~222.
- Krieg, N. R. and J. G. Holt. 1984. *Bergey's manual for systematic bacteriology*. Williams and Wilkins, Baltimore, Maryland.
- Laureillard, J. and A. Saliot. 1993. Biomarkers in organic matter produced in estuaries: A case study of the Krka estuary (Adriatic Sea) using the sterol marker series. *Mar. Chem.*, 43, 247~261.
- Lee, K. H., D. M. Lee and S. J. Kim. 1991. Determination of marine bacterial number and biovolume in the intertidal zone of the Yellow Sea near Gunsan, Korea. *Kor. J. Microbiol.*, 29 (6), 402~407 (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 eutrophic coastal waters. 1. Environmental factors and marine bacteria flora in the eutrophic coastal waters. *Bull. Kor. Fish. Soc.*, 19 (6), 586~592 (In Korean).
- Litchfield, C. 1973. Interactions of amino acids and marine bacteria. In *Estuarine microbial ecology*. L. H. Stevenson and R. R. Colwell, Eds., Univ. South Carolina Press, Columbia, USA, pp. 145~168.
- MacFaddin, J. F. 1980. *Biochemical tests for identification of medical bacteria*. Willams & Wilkins, 2nd ed., Baltimore, America.
- Miller, L. T. and T. Berger. 1985. Bacteria identification by gas chromatography of whole cell fatty acid. Hewlett-Packard Application Note, 228~248.
- O'Leary, W. M. 1967. *The chemistry and metabolism of microbial lipids*. The World Publishing Co., Cleveland.
- O'Leary, W. M. and S. G. Wilkinson. 1988. Gram-positive bacteria. In *Microbial lipids* Vol. 1. C. Ratledge and S. G. Wilkinson, Eds., Academic Press, New York, pp. 122~134.
- Oliver, J. D. and R. R. Colwell. 1973. Extractable lipids of gram-negative marine bacteria: Phospholipid composition. *J. Bacteriol.*, 114 (3), 897~908.
- Porter, K. G. and Y. S. Feig. 1980. The use of DAPI for identifying and counting aquatic microflora. *Limnol. Oceanogr.*, 25, 943~948.
- Rajendran, N., O. Matsuda, N. Imamura and Y. Urushigawa. 1995. Microbial community structure analysis of euxine sediments using phospholipid fatty acid biomarkers. *J. Oceanogr.*, 51, 21~28.
- Reinhermer, G. 1991. The influence of environmental factors on the development of microorganisms. In *Aquatic microbiology*. 4rd ed., John Wiley and Sons, Tokyo, pp. 111~147.
- Seong, H. K., W. J. Lee, Y. H. Kim and K. J. Harm. 1992. Studies on bacterial characteristics of *Bacillus cereus* group LS-1 isolated from Suyeong Bay. *Kor. J. Microbiol.*, 30 (5), 339~346. (In Korean)
- Shaw, N. 1974. Lipid composition as a guide to the classification of bacteria. *Adv. Appl. Microbiol.*, 17, 63~108.
- Shimidu, U., E. Kaneko and N. Taga. 1977. Microbiological studies of Tokyo Bay. *Microb. Ecol.*, 3, 175~191.
- Shimidu, U., W. J. Lee and K. Kogure. 1983. Comparison of different techniques for determining plate counts of marine bacteria. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 49, 1199~1203.
- Stevenson, L. H. and C. W. Erkenbrecher. 1976. Activity of bacteria in the estuarine environment. In *Estuarine processes*. Vol. 1. M. Willey, Ed., Academic Press, pp. 381~394.
- Strickland, J. D. H. and T. R. Parsons. 1972. *A practical handbook of seawater analysis*. 2nd ed., The Alger Press.
- Taga, N. 1968. Some ecological aspects of marine bacteria in the Kuroshio current. *Bull. Misaki Mar. Biol. Inst. Kgoto Univ.*, 12, 65~76.
- Volkman, J. K., R. B. Johns, F. T. Gillan and G. J. Perry. 1980. Microbial lipids of an intertidal sediment. 1. Fatty acids and hydrocarbons. *Geochim. Cosmochim. Acta.*, 44, 1133~1143.
- Väätänen, P. 1980. Factor analysis of impact of environment on microbial communities in Tvarminne Area, Southern Coast of Finland. *Appl. Environ. Microbiol.*, 40 (1), 55~61.
- Wakeham, S. G. 1993. Lipid biomarker for heterotrophic alteration of suspended particulate organic matter in oxygenated and anoxic water columns of the ocean. *Deep-Sea Res.*, 42 (10), 1749~1771.
- Wilkinson, S. G. 1988. Gram-negative bacteria. In *Microbial lipids* Vol. 1. C. Ratledge and S. G. Wilkinson, Eds., Academic Press, New York, pp. 333~348.
- Wright, R. T. 1978. Measurement and significance of specific activity in the heterotrophic bacteria of natural waters. *Appl. Environ. Microbiol.*, 36 (2), 297~305.
- 清水潮, 多賀信夫. 1980. 東京灣とその隣接海水の海洋環境の微生物學的調査. 沿岸海洋研究ノト, 17 (2), 108~113.

1997년 5월 1일 접수

1997년 7월 3일 수리