J. Fd Hyg. Safety 13(3), 305 - 312(1998)

서울근교 약수터에서 분리한 *Pseudomonas*속균의 혈청생화학적 특성 및 항균제 감수성

박석기† · 김무상 · 함희진 · 김은정 · 황광호
서울특별시 보건환경연구원

Serobiological Characteristics and Antibiotic Sensitivity of *Pseudomonas spp.* Isolated from Spring Waters in Seoul Area

Seog Gee Park†, Moo Sang Kim, Hee Jin Ham, Eun Jung Kim and Kwang Ho Hwang
Seoul Metropolitan Government Public Health and Environmental Research Institute, Seoul 137-130, Korea

ABSTRACT — In order to investigate the species, serobiological characteristics and antibiotic sensitivity of *Pseudomonas spp*, we isolated *Pseudomonas spp* from 57 spring waters around Seoul area for spring, summer and autumn and identified *Pseudomonas spp* by biochemical characteristics and serological method. And also we tested the antibiotic sensitivity test by disc-diffusion method. Of 57 spring waters tested, *Pseudomonas spp* were isolated from 33 spring waters(57.9%). Isolation rate of *Pseudomonas spp* in spring season was 28.1%, summer 21.1% and autumn 28.1%. Only 1 spring water was detected *Pseudomonas spp* in all seasons and 9 (15.8%) were detected for 2 seasons and 13 (22.8%) were for only 1 season. Isolation rate of *Pseudomonas spp* at Mt. Cheonggye was 50% and followed by Mt. Bookhan 35.7%, Mt. Daemo 33.3%, Mt. Dobong 29.6%, Mt. Surak 25.9%, Mt. Woomyun 22.2% and Mt. Bulam 7.4%. Of 44 *Pseudomonas spp*, 22 strains (50%) were identified by *Ps. putida, Ps. aeruginosa, Ps. fluorescens* and *Ps. mendocina* were identified 6 strains (13.6%), respectively. 4 strains (9.1%) were identified by *Ps. aureofaciens*. Of 6 *Ps. aeruginosa*, serotype A was 2 strains, B, E, G, and K was 1 strain, respectively. Of 44 *Pseudomonas spp*, resistance rate to amoxicillin was 90.9% and followed by chloramphenicol 84.1%, tetracycline 84.1%, carbenicillin 81.8%, nalidixic acid 68.2%, neomycin 38.6%, streptomycin 31.8%, gentamicin 4.6%, kanamycin 4.6% and colistin 2.3%. *Ps. aeruginosa* was more sensitive to carbenicillin than other *Pseudomonas spp* isolated from spring waters in Seoul area but more resistant to kanamycin, and *Ps. aureofaciens* was no resistant to streptomycin. Among multiple drug resistance, resistance to 5 drugs was 31.8%, 4 drugs 15.9%, 7 drugs 13.6%, 1 drug and 2 drugs 4.6%, and 8 drugs 2.3%, respectively. The multiple resistance patterns detected highestly were NA-CB-C-TE-AMC (18.2%), NA-CB-N-C-TE-AMC (13.6%), CB-C-TE-AMC (11.4%) and NA-CB-N-C-TE-AMC-S (9.1%).

Key words □ *Pseudomonas aeruginosa*, Spring waters, Serotype, Antibiotic susceptibility

슈도모나스속균은 단재성 편모를 가지고 운동성이 있는 그람 음성간균으로 아포를 형성하지 않으며, 편성호기성이다. 당을 산화적으로 분해하고 발효적으로는 분해하지 안는다. 탄소원으로 유기물을 포함한 무기배지에서 증식하며, 특별한 발육인자를 필요로 하지 않는 것이 대부분이다. 동물이나 식물에 병원성이 있는 것이 있으며, 사람에게는 기회감염균으로 중요하다.[1)]

† Author to whom correspondence should be addressed.

슈도모나스속에는 매우 많은 균종이 있지만, 크게 5군으로 분류한다. 1군에는 PHB를 축적하지 않는 12종이 있는데 형광색소 생산균종 8종과 형광색소를 생산하지 않는 4종이 있다. 2군은 PHB를 축적하는 군으로 대부분 병원성이 있는 균종이다. 3군은 PHB를 축적하지만 병원성이 없는 균종으로 되어있다. 4군은 *Pseudomonas*에 속하지 않고 독립적으로 하나의 속을 구성해야 한다고 주장하고 있다. *P. matophilia*는 현재 *Xanthomonas maltophilia*로 재분류되어 있다. 그밖에 관계가 전혀 없는 것을 5군으로 하여 62종

이 포함되어 있다.[2]

슈도모나스균은 아포를 형성하지 않는 세균중에서 가장 안정된 균으로 건조나 고온 조건에서도 비교적 안정되게 생존할 수 있는 특징이 있다. 또한 많은 항생물질, 특히 광역 스펙트럼 항생물질에 대한 내성을 나타내며, 주로 병원내 감염 원인균의 하나이다. 또한 이 균은 면역력이 떨어진 환자에서 패혈증이나 폐렴 등의 중요한 감염증을 일으키는 것으로 알려져 있다.

슈도모나스균은 하수, 해수, 호수, 하천수, 토양 등의 환경 중에 존재하며, 사람을 포함한 동물의 장관내에서도 많이 볼 수 있다. 발육 및 배양 온도범위가 넓으며, 나쁜 영양조건에서도 호기적으로 발육할 수 있다. 이 균에 의한 식중독 사례도 소수 보고되어 있다.

우리 나라에서는 1995년 '먹는 물 관리법'에 의해 먹는샘물 검사기준에 포함되었으며, 일본에서는 1986년에 미네랄 워터류 검사기준에 포함되었다.[3]

지금까지 슈도모나스균에 대한 조사는 주로 슈도모나스균이 생산하는 각종 효소에 대한 연구나 인체감염분리균이 대부분이며,[4,5] 물에서는 조사된 것이 드물다. 조사된 것도 슈도모나스균의 오염분포도 조사에 그치고 있다.[6-8] 따라서 본 연구에서는 서울시민들이 널리 이용하는 약수에 분포하고 있는 슈도모나스균의 오염도를 조사하고 생화학적 특성에 의한 균종분포를 조사함과 동시에 항생제 내성을 조사함으로써 시민건강에 이바지 하고자 한다.

재료 및 방법

시료채취

시험에 사용한 약수는 불암산 10개소, 수락산 9개소, 도봉산 9개소, 북한산 14개소, 우면산 6개소 및 대모산, 구룡산, 청계산 9개소 총 57개소의 약수에 대하여 3차(1차:4월 1일~4월 15일, 2차:7월 2일~8월 12일, 3차:10월 21일~11월 3일)에 걸쳐 시험하였다.

균 분리 및 동정

서울시내 약수의 형광성 슈도모나스균을 분리하기 위하여 Standard Methods of Water and Wastewater(19th ed. 1995)9)의 방법으로 분리하였다. 즉 DL-asparagine broth에 시험약수를 250 m*l* 가하고 37°C에서 48시간 배양한 후, UV lamp(365 nm)를 조였을 때 청색의 형광을 나타내는 것을 슈도모나스 양성으로 하고 균액 1백금루프량을 cetrimide agar에 접종하여 균발육 유무를 확인한다. cetrimide agar에서 자란 집락은 생화학적 시험에 의해 *Pseudomonas* 균종을 확인동정하였다.

*Pseudomonas aeruginosa*의 혈청형별 시험

*Ps. aeruginosa*의 혈청형은 다음과 같이 하였다. 시험균주를 blood agar base평판에 배양하여 평활한 균을 뽑아. 슬라이드 응집에 의하여 혈청형을 결정하였다. 항혈청은 일본 Denka Seiken사의 *Ps. aeruginosa* 항혈청을 사용하였다. 먼저 슬라이드 글라스를 메직펜으로 3칸으로 나눈 다음 각 칸에 생리식염수 한방울씩을 떨어뜨리고 시험균을 풀어 균일한 균부유액을 만들었다. 동량의 혼합항혈청 I, II, III을 각 칸에 떨어뜨려 혼합혈청형을 결정한 후, 혼합항혈청에 속하는 각 그룹혈청형으로 혈청형별을 하였다.

항균제 감수성 시험

분리된 *Pseudomanas*속균에 대하여 항균제 감수성을 알아보기 위하여 Amoxicilin(AMC:30 mcg), Ampicillin(AM: 10 mcg), Carbenicillin(CB:100 mcg), Chloramphenicol(CM: 30 mcg), Colistin(CL:30 mcg), Gentamicin(GM:10 mcg), Kanamycin(KM:30 mcg), Nalidixic acid(NA:30 mcg), Neomycin(N:30 mcg), Penicillin(10 IU), Streptomycin(S:10 mcg), Tetracycline(TE:30 mcg) 등 모두 12종(BBL)의 항생물질 사용하여 디스크 확산법에 의하여 시험하였다. 즉 시험균액을 MacFarland No. 0.5 표준비색관(1% $BaCl_2$ 0.5 m*l*+1% H_2SO_4 99.5 m*l*:10^8 CFU/m*l*)에 맞추고 Müller Hinton agar(Difco)를 멸균하여 45~50°C로 식힌 후 직경 90 mm의 멸균 페트리디쉬에 20 m*l*씩 배지를 붓고 굳힌 다음 표준 농도화된 균액을 배지 전체에 발랐다. 10분간 방치시켜 표면의 습기를 흡수시킨 후 디스크를 배지에 접종하여 37°C에서 18시간 동안 배양하였다. 배양 후 zone reader (Fisher Products)로 억제대의 크기를 측정하여 NCCLS (National Committee Clinical Laboratory Standard)기준에 의해 내성과 감수성을 판정하였다.

결과 및 고찰

서울시내 약수에서 *Pseudomonas*속균 검출율

서울시내 약수에서의 *Pseudomonas*속균 검출유무를 확인하기 위하여 총 57개 약수를 조사한 결과는 Table 1과 같았다. 즉 봄철에는 16곳(28.1%)에서 *Pseudomonas*속균이 검출되었으며, 장마철인 여름철에는 다량의 빗물에 의해 12곳(21.1%)에서만 *Pseudomonas*속균이 검출되었고, 가을철에는 봄철과 마찬가지로 16곳(28.1%)에서 *Pseudomonas* 속균이 검출되어 평균 25.7%(44곳)에서 *Pseudomonas*속균이 검출되었다.

박 등[8]은 서울 근교 목장수의 슈도모나스균 검출율이 18.6%이었으며, 조와 박[7]은 충남 및 강원지역 목장수의 슈도모

Table 1. Detection rates of *Pseudomonas species* isolated from spring waters in seoul area

Collection Season	No. of spring waters tested	No. of detection spring waters	Detection Rate
Spring	57	16	28.1%
Summer	57	12	21.1%
Autumn	57	16	28.1%
Total	171	44	25.7%

나스균 검출율이 봄철 17.2%, 여름철 31%이었고, 박 등[6]은 경기지역 목장수의 슈도모나스균 검출율이 33.3%로 본 실험보다 낮았다. 한편 박 등[10]은 강원 및 충남지역 원유의 봄철과 여름철 슈도모나스균 검출율이 각각 36.2%, 79.3%이었다고 보고하였다. 이와 같은 결과는 목장수의 대부분이 깊은 지하수를 이용하고 있으며, 서울 시내 약수의 대부분이 얕은 지하수이기 때문으로 생각된다. 또한 본 실험에서 봄과 가을철에 슈도모나스균 검출율이 여름보다 높은 것은 여름철은 장마에 의해 수량이 많아지고 가을철에는 건기로 수량이 줄었기 때문으로 생각된다.

한편 *Pseudomonas*속균의 계절별 검출빈도를 조사한 결과는 Table 2와 같았다. 총 33개 약수(57.9%)에서 *Pseudomonas*속균이 검출되었으며, 봄, 여름, 가을 모두 검출된 곳은 북한산의 북한산 배드민턴장 1의 약수 1곳(1.8%)이었으며, 봄과 여름에만 검출된 곳은 도봉 9, 도봉산장 상, 빨래골약수 2, 화계배드민턴장 4곳(7.0%)이었으며, 봄과 가을에만 검출된 곳은 오탁정 3, 조기약수, 청계산 하 약수 3곳(5.3%)이었으며, 여름과 가을에만 검출된 곳은 용두천 1과 유점사 하 약수 2곳(3.5%)이었다. 그리고 봄철에만 *Pseudomonas*속균이 검출된 곳은 8곳(14.0%)이었으며, 여름에만 검출된 곳은 5곳(8.8%), 그리고 가을철에만 검출된 곳은 10곳(17.5%)이었다.

검출지역별로 보면, 봄철에는 북한산 약수 총 14곳 중 7곳(50%)에서 *Pseudomonas*속균이 검출되었으며, 수락산 총 9곳 중 5곳(55.6%), 도봉산 총 9곳 중 3곳(33.3%) 그리고 청계산 1곳(50%)에서 검출되었다. 여름철에는 도봉산 9곳 중 5곳(55.6%), 북한산 3곳(21.4%), 불암산 2곳(20%), 우면산 1곳(16.7%), 대모산 1곳(50%)이었다. 가을철에는 북한산 5곳(35.7%), 대모산 4곳(80%), 청계산 2곳(100%), 우면산 3곳(50%) 및 수락산 2곳(22.2%)에서 *Pseudomonas* 속균이 검출되었다. 지역적으로 청계산이 50%의 높은 검출율을 나타냈고, 북한산 35.7%, 도봉산 29.6%, 수락산 25.9%, 우면산 22.2%, 대모산 20%, 불암산 6.7% 그리고 구룡산 0%이었다. 이와 같은 결과는 지역적인 차이에 의한 것으로 생각된다.

Table 2. Detection frequency of *Pseudomonas species* isolated from 57 spring waters in seoul area

Place isolated Pseudomonas species			Percentage
Spring	Summer	Autumn	
1	1	1	1.8%
4	4		7.0%
3		3	5.3%
	2	2	3.5%
8			14.0%
	5	10	8.8%
16	12	16	

서울시내 약수에서 분리한 *Pseudomonas*속균의 균종별 분포

서울시내 약수에서 분리한 *Pseudomonas*속균 총 44주의 균종별 분포는 Table 3과 같다. 즉 *Ps. putida*가 22주(50.0%)로 가장 많이 확인동정되었으며, *Ps. mendocina, Ps. aeruginosa* 및 *Ps. fluorescens* 각 6주(13.6%) 그리고 *Ps. aureofaciens* 4주(9.1%)순이었다. 계절별로는 봄철에는 분리주 16주중 *Ps. putida* 7주(43.8%)로 가장 높았으며, *Ps. fluorescens* 4주(25%), *Ps. aureofaciens* 3주(18.7%), *Ps. mendocina* 2주(12.5%)이었다. 여름철에는 분리주 12주 중 *Ps. putida* 6주(50%), *Ps. aeruginosa* 4주(33.3%) 그리고 *Ps. mendocina* 및 *Ps. fluorescens* 각 1주(8.4%)씩이었다. 가을철에는 분리주 16주 중 *Ps. putida* 9주(56.3%), *Ps. mendocina* 3주(18.8%), *Ps. aeruginosa* 2주(12.5%), *Ps. fluorescens* 및 *Ps. aureofaciens* 각 1주(6.3%)이었다.

서울시내 약수에서 분리한 *Pseudomonas*속균의 생화학적 특성

서울시내 약수에서 분리한 *Pseudomonas*속균의 균종별 생화학적 성상은 Table 4와 같다. *Ps. aeruginosa*는 citrate, motility, arginine dihydrolysis, growth on 42°C, malonate, xylose, mannose는 모두 양성반응을 나타내었으며, gelatin

Table 3. Classification of *Pseudomonas species* isolated from spring waters In seoul area

Species of Pseudomonas	Isolated Season			Total (%)
	Spring	Summer	Autumn	
Pseudomonas putida	7	6	9	22(50.0%)
Pseudomonas mendocida	2	1	3	6(13.6%)
Pseudomonas aeruginosa		4	2	6(13.6%)
Pseudomonas fluorescens	4	1	1	6(13.6%)
Pseudomonas aureofaciens	3		1	4(9.1%)
Total	16	12	16	44(100%)

Table 4. Biochemical characteristics of *Pseudomonas species* isolated from 57 spring waters in seoul area

Biochemical test	*Ps. aeruginosa*	*Ps. aureofaciens*	*Ps. fluorescens*	*Ps. mendocina*	*Ps. putida*
Indole	−(0)	−(0)	−(0)	−(0)	−(0)
Methyl Red	−(0)	−(0)	−(0)	−(0)	−(0)
Voges-Proskauer	−(0)	−(0)	−(0)	−(0)	−(0)
Citrate	+(100)	+(100)	+(100)	+(100)	+(100)
Motility	+(100)	V(75)	V(83)	+(100)	V(82)
Gelatin liquefaction	V(83)	V(75)	−(0)	+(100)	−(0)
Arginine dihydrolysis	+(100)	+(100)	+(100)	+(100)	+(100)
42°C growth	+(100)	+(100)	V(53)	+(100)	V(46)
4°C growth	−(0)	+(100)	V(67)	+(16)	V(41)
Phenylalanine	−(0)	−(0)	−(0)	−(0)	−(0)
Malonate	+(100)	V(50)	V(67)	V(67)	V(86)
Sucrose	−(0)	−(0)	−(0)	−(0)	−(0)
Mannitol	−(0)	−(0)	−(0)	−(0)	−(0)
Dulcitol	−(0)	−(0)	−(0)	−(0)	−(0)
Salicin	−(0)	−(0)	−(0)	−(0)	−(0)
Adonitol	−(0)	−(0)	−(0)	−(0)	−(0)
Sorbitol	−(0)	−(0)	−(0)	−(0)	−(0)
Arabinose	−(0)	−(0)	−(0)	−(0)	−(0)
Raffinose	−(0)	−(0)	−(0)	−(0)	−(0)
Rhamnose	−(0)	−(0)	−(0)	−(0)	−(0)
Xylose	+(100)	V(50)	V(50)	V(67)	V(73)
Trehalose	−(0)	−(0)	−(0)	−(0)	−(0)
Mannose	+(100)	V(50)	V(83)	V(83)	V(68)
Mellibiose	−(0)	−(0)	−(0)	−(0)	−(0)
Cellobiose	−(0)	−(0)	−(0)	−(0)	−(0)
Sorbose	−(0)	−(0)	V(17)	V(33)	−(0)
Amygdalin	−(0)	−(0)	−(0)	−(0)	−(0)
Maltose	−(0)	−(0)	−(0)	−(0)	−(0)

liquefaction을 83%의 양성반응을 나타내었으나, indole, methyl red, Voges-Proskauer, growth on 4°C, phenylalanine, sucrose, mannitol, dulcitol, salicin, adonitol, sorbitol, arabinose, raffinose, rhamnose, trehalose, mellibiose, cellobiose, sorbose, amygdalin, malose는 모두 음성반응을 나타내었다. *Ps. aureofaciens*는 citrate, arginine dihydrolysis, growth on 42°C, growth on 4°C에서 모두 양성반응을 나타나었고, motility, gelatin liquefaction은 75%의 양성반응을 malonate, xylose 및 mannose는 50%의 양성반응을 나타내었고, 나머지 생화학시험은 모두 음성반응을 나타내었다. *Ps. fluorescens*는 citrate, arginine dihydrolysis에서 모두 양성반응을 나타내었고, motility와 mannose에서 83%의 양성반응을, growth on 4°C와 malonate에서 67%의 양성반응을, xylose 50%의 양성반응을, growth on 42°C에서 33%의 양성반응을, sorbose에서 17%의 양성반응을 나타내었으며, 나머지 생화학 시험에서는 모두 음성반응을 나타내었다. *Ps. mendocina*는 citrate, motility, gelatin liquefaction, arginine dihydrolysis, growth on 42°C에서 모두 양성반응을 나타내었으며, mannose 83%, malonate 및 xylose 67%, sorbonse 33%, growth on 4°C 17%의 양성반응을 나타내었으며, 나머지 생화학 시험에서는 음성반응을 나타내었다. 한편 *Ps. putida*는 citrate, arginine dihydrolysis에서 모두 양성반응을 나타내었으며, malonate 86%, motility 82%, xylose 73%, mannose 68%, growth on 42°C 46%, growth on 4°C 41%의 양성반응을 나타내었으나 나머지 생화학 시험은 모두 음성반응을 나타내었다.

슈도모나스속균중 형광색소를 생산하는 균주는 *Ps. aeruginosa, Ps. fluorescens, Ps. chlororaphis, Ps. aureofaciens, Ps. putida* 등이다. 본 실험에서 형광색소를 내는 슈도모나스속균의 생화학적 특성은 대부분의 생화학적 특성과 일치하고 있다.[11-14]

서울시내 약수에서 검출된 *Ps. aeruginosa*의 혈청학적 특성

서울시내 약수에서 검출된 *Ps. aeruginosa* 6주에 대한 혈청학적 특성은 Table 5와 같았다. 총 5종의 혈청형이 확인되었으며 A형 2주(33.3%), B, E, G 및 K형이 각 1주(16.7%)씩이었다. 지역별로는 도봉산의 약수에서 K형이 1주 분리

Table 5. Serotype of *Ps. aeruginosa* isolated from spring water in seoul area

Serotype	Mt. Dobong	Mt. Bookhan	Mt. Woomyun	Total
A		1	1	2
B		1		1
E		1		1
G		1		1
K	1			1
Total	1	4	1	6

되었으며, 북한산에서는 A, B, E, G형이 각각 1주씩 합계 4주가 분리확인되었으며, 우면산의 약수에서는 A형이 1주 분리되었다. *Ps. aeruginosa*의 혈청형은 현재 A~N까지 분류되어 있다. 따라서 본 실험에서 이와같이 다양한 혈청형이 분리된 것은 앞으로 연구해야할 점이 매우 많다는 것을 시사하고 있다. 따라서 자연환경에서 분리되는 *Ps. aeruginosa*에 대한 혈청형에 대한 연구가 더욱 많이 실행되어야 하며, 인체 및 동물에서 분리한 *Ps. aeruginosa*와의 혈청학적 연관성을 더욱 연구하여야 한다고 생각한다.

서울시내 약수에서 검출된 *Pseudomonas*속균의 항생제 감수성

서울시내 약수에서 검출된 *Pseudomonas*속균 44주의 항생제 감수성을 조사한 결과는 Table 6과 같았다. 총 12종의 항생제를 조사한 결과, 페니실린과 암피실린은 모두 내성을 나타내었으며, Amoxicillin 40주(90.9%), Chloramphenicol 및 Tetracycline 각 37주(84.1%), Carbenicillin 36주(81.8%), Nalidixic acid 30주(68.2%), Neomycin 17주(38.6%), Streptomycin 14주(31.8%), Gentamicin 및 Kanamycin 각 2주(4.6%) 그리고 Colistin 1주(2.3%)이었다.

Massa 등[15]은 이탈리아의 natural mineral waters에서 분리한 그람음성 비발효세균의 항생제 내성에서 nalidixic acid, chloramphenicol, tetracycline 그리고 gentamicin순으로 내성율이 높다고 보고하였다. 본 실험에서는 ampicillin

Table 6. Antibiotic resistance of 44 *Pseudomonas species* isolated from spring waters in seoul area

Name of antibiotics	No. of Resistant isolates	Resistance rate
Nalidixic acid	30	68.2%
Carbenicillin	36	81.8%
Neomycin	17	38.6%
Gentamicin	2	4.6%
Chloramphenicol	37	84.1%
Tetracycline	37	84.1%
Kanamycin	2	4.6%
Amoxicillin	40	90.9%
Colistin	1	2.3%
Streptomycin	14	31.8%

에 대하여는 모든 균주가 내성을 나타냈었으며, chloramphenicol, tetracycline에 대한 내성이 nalidixic acid보다 높게 나타났다. 이와같은 결과는 Massa 등은 슈도모나스 뿐 아니라, Acinetobacter, Moraxella 등의 세균도 같이 실험하였기 때문인 것으로 생각된다.

서울시내 약수에서 분리한 *Pseudomonas*속균의 균종별 항생제 내성을 Table 7과 같았다. 즉 *Ps. aeruginosa*는 amoxicillin에 대하여 100% 내성을, nalidixic acid 및 chloramphenicol 각 83.3%, neomycin 및 streptomycin 각 66.7%, kanamycin 50%, gentamicin 33.3%, carbenicillin 16.7%의 내성을 나타내었으며, colistin은 내성균이 없었다. *Ps. aureofaciens*는 carbenicillin 및 amoxicillin에 대하여 100% 내성을 chloramphenicol 및 tetracycline 각 75%, nalidixic acid 50%, neomycin 25% 내성을 나타내었으나, gentamicin, kanamycin, colistin 및 streptomycin은 내성균이 하나도 없었다. *Ps. fluorescens*는 carbenicillin 및 amoxicillin에 대하여 100% 내성을 chloramphenicol 및 tetracycline 각 83.3%, nalidixic acid 및 streptomycin 각 50%, neomycin 16.7%의 내성을 나타내었으나, gentamicin, kanamycin 및 colistin은 내성균이 하나도 없었다. *Ps. mendocina*는 nali-

Table 7. Resistance rates of antibiotic to *Pseudomonas species* isolated from spring waters in seoul area by species

Name of antibiotics	*Ps. aeruginosa*	*Ps. aureofaciens*	*Ps. fluorescens*	*Ps. mendocina*	*Ps. putida*
Nalidixic acid	83.3	50	50	66.7	68.2
Carbenicillin	16.7	100	100	66.7	95.5
Neomycin	66.7	25	16.7	66.7	31.8
Gentamicin	33.3	0	0	0	0
Chloramphenicol	83.3	75	83.3	66.7	90.9
Tetracycline	100	75	83.3	66.7	86.4
Kanamycin	50.0	0	0	0	0
Amoxicillin	100	100	100	66.7	90.9
Colistin	0	0	0	0	0
Streptomycin	66.7	0	50	33.3	22.7

dixic aicd, carbenicillin, neomycin, chloramphenicol, tetracycline, amoxicillin에 대하여 66.7%의 내성을 나타내었고, streptomycin 33.3% 그리고 gentamicin, kanamycin 및 colistin에 대하여 내성균이 하나도 없었다. *Ps. putida*는 carbenicillin에 대하여 95.5%의 내성을, chloramphenicol 및 amoxicillin에 각 90.9%, tetracycline 86.4%, nalidixic acid 68.2%, neomycin 31.8%, streptomycin 22.7%의 내성을 나타낸 반면 gentamicin, kanamycin 및 colistin에 대한 내성균은 하나도 없었다.

균종간에 항생제에 대한 내성양상에 차이가 있었다. 즉 *Ps. aeruginosa*는 carbenicillin에 대한 내성이 낮은 반면 kanamycin에 대한 내성은 다른 균종보다 높았다. *Ps. aureofaciens*에서는 neomycin과 streptomycin에 대한 내성이 다른 균종보다 낮았다. *Ps. fluorescens*에서는 neomycin에 대한 내성이 낮았으며, *Ps. mendocina*는 뚜렷한 구별점이 없었으며, *Ps. putida*는 neomycin과 streptomycin에 대한 내성이 낮았다. 또한 인체유래균과 달리 chloramphenicol에 대한 내성이 높은 점으로 보아 인체 및 동물유래균보다는 자연유래균일 것으로 생각된다. 따라서 본 실험에서 분리된 슈도모나스속균들은 인체 및 동물에서 유래된 것이 아니라 자연에서 생존하는 균으로 생각된다.

서울시내 약수에서 분리한 *Pseudomons*속균 44주의 12종 항생제에 대한 다제내성 양상은 Table 8과 같았다. 즉 항생제 5종에 대한 내성균이 14주(31.8%)로 가장 많았으며, 6제내성이 10주(22.7%), 4제내성이 7주(15.9%), 7제내성이 6주(13.6%), 단제내성과 2제내성이 각 2주(4.5%) 그리고 3제내성과 8제내성이 각 1주(2.3%)있으며, 내성이 없는 균주는 1주로 1제 이상은 43주(97.7%)이었으며, 그중에서도 2제 이상의 다제내성은 93.2%이었다. 한편 다제내성 양상은 NA-CB-TE-AMC가 8주(18.2%)로 가장 많았으며, NA-CB-N-C-TE-AMC 6주(13.6%), CB-C-TE-AMC 5주(11.4%), NA-CB-N-C-TE- AMC-S 4주(9.1%), NA-CB-C-TE-AMC-S 3주(6.8%), NA-N-C-TE-K-AMC-S 2주(4.5%)그리고 N, CB, CB-AMC, C-AMC, NA-TE-AMC, CB-TE-AMC-CL, NA-CB-C-AMC, CB-N-TE- AMC-S, NA-CB-C-TE-S, NA-CB-N-C-AMC, NA-N-GM-C-TE-AMC, NA-N-GM- C-TE-K-AMC-S 각 1주(2.3%)이었다.

서울시내 약수에서 분리한 *Pseudomonas*의 균종별 항생제 다제내성양상은 Table 9와 같았다. 즉 *Ps. aeruginosa*는 NA-N-C-TE-K-AMC-S 2건, NA-TE-AMC, CB-C-TE-AMC-S, NA-N-GM-C-TE-AMC 및 NA-N-GM-C-TE-K-AMC-S 각 1건이었다. *Ps. aureofaciens*는 CB-C-TE-AMC, CB-TE-AMC-CL, NA-CB-C-TE-AMC 및 NA-CB-N- C-AMC 각 1건이었다. *Ps. fluorescens*는 CB-C-TE-AMC-S 2건, CB-AMC, NA-CB-C-TE-AMC, NA-CB-C-TE-AMC-S, NA-CB-N-C-TE-AMC-S 각 1건이었다. *Ps. mendocina*는 NA-CB-N-C-TE-AMC 2건, N, NA-CB-C-TE-AMC-S, NA-CB-N-C-TE-AMC-S 및 무내성 각 1건이었다. *Ps. putida*는 NA-CB-C-TE-AMC 6건, CB-C-TE-AMC 및 NA-CB-N-C-TE-AMC 각 4건, NA-CB-N-C-TE-AMC-S 2건, CB, C-AMC, NA-CB-C-AMC, CB-N-TE-AMC-S 및 NA-CB-C-TE-S 각 1건이었다.

Table 8. Multiple resistance pattern of *Pseudomonas species* isolated from spring waters in seoul area

Multiple Resistance Pattern	No of Isolates	Resistance rate		
N	1	2.3%	2	4.5%
CB	1	2.3%		
CB-AMC	1	2.3%	2	4.5%
C-AMC	1	2.3%		
NA-TE-AMC	1	2.3%	1	2.3%
CB-C-TE-AMC	5	11.4%		
CB-TE-AMC-CL	1	2.3%	7	15.9%
NA-CB-C-AMC	1	2.3%		
NA-CB-C-TE-AMC	8	18.2%		
CB-C-TE-AMC-S	3	6.8%		
CB-N-TE-AMC-S	1	2.3%	14	31.8%
NA-CB-C-TE-S	1	2.3%		
NA-CB-N-C-AMC	1	2.3%		
NA-CB-C-TE-AMC-S	3	6.8%		
NA-CB-N-C-TE-AMC	6	13.6%	10	22.7%
NA-N-GM-C-TE-AMC	1	2.3%		
NA-CB-N-C-TE-AMC-S	4	9.1%	6	13.6%
NA-N-C-TE-K-AMC-S	2	4.5%		
NA-N-GM-C-TE-K-AMC-S	1	2.3%	1	2.3%
None	1	2.3%	1	2.3%
Total	44		44	

Table 9. Multiple resistance pattern of species of *Pseudomonas* isolated from spring waters in seoul area

Multiple Resistance Pattern	*Ps. aeruginosa*	*Ps. aureofaciens*	*Ps. fluorescens*	*Ps. mendocina*	*Ps. putida*
N				1	
CB					1
CB-AMC			1		
C-AMC					1
NA-TE-AMC	1				
CB-C-TE-AMC		1			4
CB-TE-AMC-CL		1			
NA-CB-C-AMC					1
NA-CB-C-TE-AMC		1	1		6
CB-C-TE-AMC-S	1		2		
CB-N-TE-AMC-S					1
NA-CB-C-TE-S					1
NA-CB-N-C-AMC		1			
NA-CB-C-TE-AMC-S			1	1	1
NA-CB-N-C-TE-AMC				2	4
NA-N-GM-C-TE-AMC	1				
NA-CB-N-C-TE-AMC-S			1	1	2
NA-N-C-TE-K-AMC-S	2				
NA-N-GM-C-TE-K-AMC-S	1				
None				1	
Total	6	4	6	6	22

국문요약

서울시내 약수에서 *Pseudomonas*속균의 균종분포, 생화학적 특성, 혈청학적 특성 및 항생제 감수성을 조사하기 위하여 약수 57개소에 대하여 봄, 여름, 가을에 걸쳐 조사하였다. 총 57개 약수를 조사한 결과, 33개(57.9%)의 약수에서 *Pseudomonas*속균이 검출되었다. 봄 여름 가을에 모두 검출된 곳은 1곳(1.8%)이었으며, 2회에 걸쳐 검출된 곳은 9곳(15.8%)이었으며, 1회만 검출된 곳은 13곳(22.8%)이었다. 지역별로는 청계산이 50%의 검출율을 나타내었으며, 북한산, 35.7%, 대모산 33.3%, 도봉산 29.6%, 수락산 25.9%, 우면산 22.2%, 불암산 7.4%순이었다. 분리된 균종은 *Ps. putida*가 22주(50%)로 가장 많았으며, *Ps. aeruginosa, Ps. fluorescens* 및 *Ps. mendocins* 각 6주(13.6%), *Ps. aureofaciens* 4주(9.1%)이었다. 분리된 *Ps. aeruginosa* 6주의 혈청형은 모두 5종으로 A형 2주, B, C, E 및 G형 각 1주씩이었다. 분리된 *Ps. aeruginosa*의 항생제에 대한 내성은 Amoxicillin 90.9%, Chloramphenicol 84.1%, Tetracycline 84.1%, Carbenicillin 81.8%, Nalidixic acid 68.2%, Neomycin 38.6%, Streptomycin 31.8%, Gentamicin 4.6%, Kanamycin 4.6% 그리고 Colistin 2.3%이었다. *Ps. aeruginosa*는 다른 슈도모나스균에 비해 carbenicillin에 대해 감수성이 있으나 kanamycin에 대한 내성이 높았다. *Ps. aureofaciens*는 다른 슈도모나스균에 비해 streptomycin에 대하여 내성이 없었다. 분리된 *Ps. aeruginosa*의 항생제에 대한 다제내성양상은 5제내성이 31.8%로 가장 높았으며, 내성양상에서는 NA-CB-C-TE-AMC가 18.2%로 가장 높았다.

참고문헌

1. 박석기, 김관천, 김영성, 김윤기, 김중배, 최한영: 최신미생물학, 신광출판사, pp.405 (1995).
2. 森良一, 天兒和暢: 戶田新細菌學, 30版, 南山堂, 東京, pp. 366 (1993).
3. 이용욱, 박석기: 식품위생미생물시험법, 신광출판사, pp. 158 (1996).
4. 김양호: 환자 검체로부터 분리한 각종 세균 및 *Pseudomonas aeruginosa*와 *P. cepacia*의 항생제 감수성. 순천대학교 박사학위논문, (1996).
5. 박명규: 객담에서 분리한 녹농균의 형별과 항생제에 의한 변이. 부산대학교 박사학위논문, (1994).
6. 박석기, 김성원, 이강문, 최성민, 오영희: 경기지역 목장수의 위생세균학적 분포. 한국환경위생학회지, **19**, 10-15 (1993).
7. 조남준, 박석기: 충남 및 강원지역 목장용수의 위생세균의 춘하절 변화. 한국육수학회지, **26**, 343-352 (1993).
8. 박석기, 김성원, 이강문, 임봉택: 서울 근교 목장수의 위생세균학적 분포 상태. 한국수의공중보건학회지, **16**, 289-296,(1992).
9. APHA-AWWA-WEF: Standard methods for the examination of water and wasterwater. 19th ed., American Public Health Association, Washington, D.C., (1995).
10. 박석기, 이강문, 김성원, 임봉택, 박성배, 이용욱: 강원 및 충남지역 원유 중 춘하기 위생세균의 분포. 한국수의공중보건학회지, **19**, 37-47 (1995).
11. Murray, P.R., Baron, E.J., Pfaller, M.A., Tenover, F.C. and Yolken, R.H.: Manual of clinical microbiology. 6th ed., ASM Press, Washington, D.C., (1995).
12. Krieg, N.R. and Holt, J.G.: Bergey's manual of systematic bacteirology. Vol. 1. Williams & Wilkins, Baltimore, (1984).
13. Holt, J.G., Krieg, N.R., Sneath, P.H.A., Staley, J.T. and Williams, S.T.: Bergey's manual of determinative bacteriology. 9th ed., Williams & Wilkins, Baltimore, (1994).
14. Elomari, M., Coroler, L., Hoste, B., Gillis, M., Izard, D. and Leclerc, H.: DNA relatedness among Pseudomonas strains isolated from natural mineral waters and proposal of *Pseudomonas veronii* sp. *nov. Int. J. Sys. Bact.*, **46**, 1138-1144 (1996).
15. Mass, S., Armuzzi, R. and Trovatelli, F.: Resistance to antibiotics in gram-negative non-fermentative bacteria isolated from natural mineral waters. *Annali di Microbiologia ed Enzimologia*, **45**, 159-163 (1995).