J. Fd Hyg. Safety 17(2), 55-60 (2002)

서울시내 옹달샘물의 지표미생물 분포현황

류승희 · 박석기†
서울특별시 보건환경연구원

Distribution of Indicator bacteria in Spring Water in Seoul

Seung Hee Ryu, Seog Gee Park†
Seoul Metropolitan Government Research Institute of Health and Environment Seoul 137-130 Korea

ABSTRACT - In order to investigate the microbiological contamination of spring water, we performed the standard plate count, coliform and psychrotrophilic bacteria in 109 spring waters in Seoul. Of 109 spring waters, geometirc mean of standard plate count was 0.19 CFU/ml, and the highest in Mt. Boolam, 4.43 CFU/ml and Mt. Dobong, 3.86 CFU/ml, but not detected in Mt. Woomyun and Mt. Cheonggye. Four spring waters have shown over 100 CFU/ml in standard plate count. The geometric mean of psychrotrophilic bacteria was 49.2 CFU/ml, the most prevalent spring water was Mt. Nam, 125 CFU/ml, the lowest Mt. Woomyeun. Among a total of 109, coliform was detected from 21 spring waters(19.3%) and the geometric mean of colirorm was 0.005 MPN/100ml. The isolated genera of coliform were 7 isolates of *E. coli*(33%), 5 *Klebsiella*(24%), 4 *Enterobacter*(19%), 3 *Citrobacter*(14%) and 2 *Serratia*(10%), respectively. The 22 spring waters(20.2%) failed to meet the standard limits of drinking water based on regulation in Korea. The inappropriate rate of standard plate count in spring water was 4.5%, that of coliform was 81.1% and both of them was 13.6%. There was the significant correlation between standard plate count and psychrotrophilic bacteria in spring water($r=0.95$, $p<0.01$).

Key words □ standard plate count, coliform, psychrotrophilic bacteria, spring water

물은 사람의 생명유지에 필요할 뿐만 아니라 일상생활에서도 필수 불가결하다. 미생물이나 중금속에 오염된 유해한 물을 음료수나 생활용수로 사용하게 되면 주민들은 매우 위험하게 된다.

물을 공급하는 측은 유해한 물을 공급하지 않도록 충분한 처리와 수질관리를 하지 않으면 안되며, 기업이나 주민도 물의 안전성만을 요구할 것이 아니라 물을 오염시켜 안전성을 저하시키는 데 자기 자신이 가담하고 있다는 점을 자각해야만 한다.[1]

우리나라는 1960년대 중반 이후 급격한 공업화에 의해 각종 오염물질이 수질을 오염시켜 문제가 되고 있지만, 수질오염에서 병원미생물이 차지하는 비중이 결코 적지 않다. 우리나라나 기타 선진국에서도 물 이용 시 미생물에 의한 질병이 계속 꼬리를 물고 발생하고 있으며, 오히려 그 정도가 심해지고 있는 형편이다.[2-10]

우리나라에서는 낙동강의 페놀 오염사건을 계기로 1995년 먹는물 관리법이 제정되어 먹는물을 총괄하게 되었고 이에 따라 미생물 시험이 강화되기도 하여, 먹는샘물에서는 미생물 8항목을 포함 총 50항목으로 증가하였으며, 먹는물에서도 47개 항목을 측정하도록 하였다.[11] 환경부의 먹는물수질기준및검사등에관한규칙에서는 먹는물의 미생물 기준을 일반세균수는 100 CFU/ml이하, 대장균군은 음성/50 ml로 정하고 있다.[11]

먹는물의 미생물학적 안전성을 보장하기 위하여 물에 존재하는 병원미생물 자체를 검사하는 것은 시간, 수고 및 비용이 들기 때문에 대신 병원 미생물이 존재할 때 반드시 존재하는 지표미생물을 선택하여, 감시의 대상으로 하는 관리가 이루어지고 있다.[12] 오늘날 널리 이용되고 있는 지표미생물은 대장균군과 일반세균수이다.

최근 수돗물에 대한 불신으로 인하여 생수나 옹달샘물을 음용하는 인구가 증가되고 있다. 옹달샘은 엄격히 관리되는 수돗물과는 달리 주변 환경으로부터 각종 세균에 오염될 가능성이 높으며, 또한 여과처리과정이 없기 때문에 오염될 경우 문제가 될 가능성이 매우 높다.

본 연구는 옹달샘의 일반세균수 및 대장균군 분포를 조사하여 미생물학적 오염상태를 조사하였으며, 이들 지표미생물 사이의 상관성을 조사하여 옹달샘물의 음용수로서의 적합성 여부를 판단하고자 하였다.

†Author to whom correspondence should be addressed.

재료 및 방법

시험 용달샘물

서울시에 산재하여 있는 109곳의 용달샘물을 대상으로 일반세균수 및 저온일반세균수, 대장균군 시험을 하였다.

일반세균수 및 저온일반세균수

일반세균수 및 저온일반세균수 실험은 Standard methods for the examination of water and wastewater[13] 및 먹는물 수질공정시험법[14]에 따라, 시험 용달샘물 1 ml를 채수하여 멸균 페트리디쉬 3매에 각각 분주하고 10배 단계 희석하여 동일하게 분주한 후 일반세균의 경우에는 plate count agar 배지(Difco)를 사용하여 36°C에서 48±2시간, 저온세균은 R2A agar 배지(Difco)를 사용하여 25°C에서 5일간 배양하고 생성된 집락수를 세었다.

대장균군

대장균군은 5관법을 이용한 최확수법(Most Probable Number)에 의해 측정하였다. 추정시험은 lactose broth(Difco)를 사용해 36°C에서 48±2시간 배양하여 가스를 생성한 경우를 양성으로 판정하였다. 추정시험 결과 양성인 경우 BGLB(Difco)에 이식하여 36°C에서 48시간 배양하여 가스가 생성되면 확정시험 양성으로 하였다. 가스발생을 보인 BGLB배지로부터 EMB(Difco)배지에 1 백금루프량을 도말 접종하고 36°C에서 24±2시간 배양하여 그 성상을 관찰하고 그람 염색과 유당 분해 가스생성 여부를 다시 확인하여 최종 판정하였다.[13,14]

결 과 및 고 찰

일반세균수

용달샘물의 일반세균수의 지역별 분포현황은 Table 1과 같다. 불암산 소재 용달샘이 기하평균 4.43 CFU/ml로 가장 높았으며, 도봉산 소재 용달샘 3.86 CFU/ml, 북한산 소재 용달샘 2.07 CFU/ml, 수락산 소재 용달샘 1.51 CFU/ml, 남산 소재 용달샘 0.29 CFU/ml, 구룡산 소재 용달샘 0.19 CFU/ml, 관악산 소재 용달샘 0.05 CFU/ml 대모산 소재 용달샘 및 모락산 소재 용달샘 각각 0.01 CFU/ml 순이었으며, 우면산 소재 용달샘 및 청계산 소재 용달샘은 모두 검출되지 않았다. 1000 CFU/ml 이상은 남산 소재 용달샘에서 검출되었으며, 101~1000 CFU/ml은 도봉산, 북한산 및 수락산 소재 용달샘에서 각각 1건씩 검출되었다. 일반세균이 검출되지 않은 용달샘은 총 47개소이며, 1~100 CFU/ml은 58개소이었다. 일반세균은 분뇨, 잡배수 외에 하천, 지하수, 토양, 식품 더욱이 공기 중에까지 널리 분포하고 있다. 지표수나 얕은 지하수에서는 수질과 빗물의 영향을 많이 받지만, 깊은 지하수에서는 변동이 없는 것으로 알려져 있다. 일반세균수가 평상치보다도 현저하게 높게 검출되는 경우에는 어떤 것에 의해 오염 또는 미생물이 혼입되었을 가능성을 시사하는 것이다. 정수장에서 실시하는 소독효과를 확인할 수 있는 지표로도 일반세균 검사를 하고 있다. 일반세균에는 대장균군보다도 높은 염소저항성을 가진 것이 있으며, 또한 분변 이외의 오염일 때에도 민감하게 반응하는 것이 많으므로, 오염지표로서의 감도는 대장균군보다도 훨씬 높은 것으로 알려져 있다.[15]

본 실험에서의 일반세균수의 전체 기하평균은 0.19 CFU/ml이었으며, 먹는물 기준인 100 CFU/ml를 초과하는 곳이 전체 109곳 중 4곳(부적합률 : 3.7%)으로 대부분의 용달샘은 일반세균의 경우 먹는물 수준에 적합한 것으로 나타났다. 이는 박 등[16]의 70%, 유 등[17]의 12.6%보다 양호하였다. 이와 같

Table 1. Distribution of standard plate count of spring water in Seoul

LocationT	No. of Tested Samples	No. of Standard Plate Count(CFU/ml)				Geometric Mean (CFU/ml)
		0	1100	1011000	Over 1000	
Mt. Gwanak	19	10	9			0.05
Mt. Guryong	7	3	4			0.19
Mt. Nam	10	5	4		1	0.29
Mt. Daemo	10	8	2	10		0.01
Mt. Dobong	8	1	6	1		3.86
Mt. Morak	4	3	1			0.01
Mt. Bookhan	21	4	16	1		2.07
Mt. Boolam	10	1	9	10		4.43
Mt. Soorak	10	2	7	1		1.51
Mt. Woomyun	9	9		9		0
Mt. Cheonggye	1	1		1		0
Total	109	47	58	3	1	0.19

Table 2. Distribution of psychrotrophilic bacteria of spring water in Seoul

Location	No. of Tested Samples	No. of Psychrotrophilic Bacteria(CFU/ml)				Geometric Mean (CFU/ml)
		0	1~250	251~2500	Over 2500	
Mt. Gwanak	19		16	3		64
Mt. Guryong	7		6	1		41
Mt. Nam	10		8	1	1	125
Mt. Daemo	10		10			35
Mt. Dobong	8		6	2		85
Mt. Morak	4		3	1		78
Mt. Bookhan	21		14	5	2	87
Mt. Boolam	10		8	2		38
Mt. Soorak	10		7	3		52
Mt. Woomyun	9	1	8			5
Mt. Cheonggye	1		1			12
Total	109	1	87	18	3	49.2

은 결과는 옹달샘의 지속적인 위생관리에 의한 것으로 생각된다.

저온일반세균수

옹달샘물의 배양법을 이용한 저온일반세균의 지역별 분포 현황은 Table 2와 같았다. 남산 소재 옹달샘의 저온일반세균수는 기하평균 125 CFU/ml로 가장 높았으며, 북한산 87 CFU/ml, 도봉산 85 CFU/ml, 모락산 78 CFU/ml, 관악산 64 CFU/ml, 수락산 52 CFU/ml, 구룡산 41 CFU/ml, 불암산 38 CFU/ml, 대모산 35 CFU/ml, 청계산 12 CFU/ml, 우면산 5 CFU/ml 순이었다. 가장 많이 검출된 옹달샘은 남산 소재 옹달샘으로 17,000 CFU/ml이 검출되었으며, 2,500 CFU/ml이상 검출된 곳은 남산 1개소, 북한산 2개소이었으며, 251~2,500 CFU/ml인 곳은 총 18개소로 북한산 5개소, 관악산 및 수락산 각각 3개소, 도봉산 및 불암산 각각 2개소, 구룡산, 남산, 및 모락산 각 1개소이었다. 저온일반세균이 검출되지 않은 곳은 우면산 1개소뿐이었으며, 87개소는 1~250 CFU/ml이었다.

저온일반세균이란 원래 유기물을 영양원으로 하여 발육하는 모든 세균을 가리키지만, 여기에서는 적은 유기물 농도의 R2A 배지에서 20~25°C로 배양하였을 때 집락을 형성하는 모든 세균을 말한다.

종래의 중온일반세균은 주로 의학 세균 즉 사람의 장관과 식품 등 유기물의 농도가 높은 곳에서 자라는 세균을 대상으로 고안되었다. 최근 환경수 중의 저온일반세균에 관한 연구 결과 배지 유기물 농도의 중요성이 인정되어 종래 표준한천배지 등의 유기물 농도보다 낮은 농도에서 보다 많은 종속 영양세균이 계수 되는 것으로 판명되었다. 예를 들면 청정한 환경수에서는 10~10,000배 이상의 균수가 얻어진다고

Table 2. Distribution of psychrotrophilic bacteria of spring water in Seoul

Location	No. of Tested Samples	No. of Psychrotrophilic Bacteria(CFU/ml)				Geometric Mean (CFU/ml)
		0	1~250	251~2500	Over 2500	
Mt. Gwanak	19		16	3		64
Mt. Guryong	7		6	1		41
Mt. Nam	10		8	1	1	125
Mt. Daemo	10		10			35
Mt. Dobong	8		6	2		85
Mt. Morak	4		3	1		78
Mt. Bookhan	21		14	5	2	87
Mt. Boolam	10		8	2		38
Mt. Soorak	10		7	3		52
Mt. Woomyun	9	1	8			5
Mt. Cheonggye	1		1			12
Total	109	1	87	18	3	49.2

Table 3. Distribution of coliforms of spring water in Seoul

Location	No. of Tested Sample	No. of Coliforms(MPN/100ml)			
		No detected	110	Over 10	Geometric Mean(MPN/100ml)
Mt. Gwanak	19	16	2	1	0.004
Mt. Guryong	7	6		1	0.004
Mt. Nam	10	6	4		0.029
Mt. Daemo	10	10			0
Mt. Dobong	8	5	1	2	0.038
Mt. Morak	4	3	1		0.007
Mt. Bookhan	21	16	3	2	0.008
Mt. Boolam	10	8	2		0.005
Mt. Soorak	10	9	1		0.002
Mt. Woomyun	9	8	1		0.003
Mt. Cheonggye	1	1			0
Total	109	88	15	6	0.005

보고되어 있다. 그러므로 저온일반세균 계수용 배지로는 유기물 농도가 낮은 배지를 사용하는 것이 바람직하다. 그러나 시료 특히 환경수 중 모든 세균을 발육시킬 수 있는 배지는 현재까지 전혀 개발되어 있지 않다. 그러므로 여기에서는 미국 Standard Method for the examination of Water and Wastewater에서 채용하고 있는 R2A 배지를 채용하였다.[18]

본 실험에서 옹달샘물의 저온일반세균 기하 평균은 49.2 CFU/ml로 박 등[16]의 1,160 27.7 CFU/ml 보다 낮았으나 변의 33.0 CFU/ml보다는 높았다. 이와 같은 결과는 지역적 차이와 계절적 차이에 의한 것으로 생각된다.

대장균군

옹달샘물의 대장균군수는 Table 3과 같다. 도봉산 소재 옹달샘이 0.038 MPN/100ml으로 가장 높았으며, 남산 0.029 MPN/100ml, 북한산 0.008 MPN/100ml, 모락산 0.007 MPN/100ml, 불암산 0.005 MPN/100ml, 관악산 및 구룡산 각 0.004 MPN/100ml, 수락산 및 우면산 각 0.002 MPN/100ml 순이었으며, 대모산과 청계산 모두 검출되지 않았다. 10 MPN/100ml 이상인 곳이 도봉산과 북한산 각 2개소, 관악산과 구룡산 각 1개소 총 6개소이었으며, 10 MPN/100ml 이하로 검출된 곳이 총 15개소로 남산 4개소, 북한산 3개소, 불암산과 관악산 각 2개소, 도봉산, 모락산, 수락산 그리고 우면산 각 1개소이었다.

대장균군은 그람음성의 무아포성 간균으로 유당을 분해 가스를 생성하는 모든 호기성 또는 통성혐기성 세균을 의미하며 반드시 분류학적으로 대장균에 가까운 것을 말하는 것은 아니다. 즉 분류학적 용어가 아니고 공중위생과 응용세균학적으로 사용되는 편의상의 용어이다.[15]

먹는물에서 병원미생물 오염을 관찰하기 위해, 번잡한 조작과 시간을 요하는 각종 병원균의 검출 동정을 실시한다는 것은 수질관리상 비현실적이다. 수인성 전염병이 분변을 매개체로 하여 감염된다는 사실에서 분변에 다량 존재하며, 수중에서 또한 정수 과정에서 병원균보다도 내성이 있는 대장균 성상 중 특징적인 것을 확인하는 것으로 간접적이지만 간편하게 병원미생물에 의한 오염 가능성을 알 수 있어 인축의 배설물 등에 의한 오염도를 표시하는 지표로서 대장균군을 실시하고 있다.

배양법으로 확인한 옹달샘의 대장균군은 기하평균 0.005 MPN/100 ml으로 박 등[16]의 290 ± 11.4 MPN/100ml보다 상당히 수질이 우수한 것으로 나타났다. 또한 본 실험에서 대장균군 검출율도 19.3%로 변 등[19]의 16.2%에 비해 다소 높게 나왔으나, 박 등[16]의 61.7%, 유 등[17]의 34%에 비해 낮은 수준으로 나타났다. 이 것은 본 실험의 대상 옹달샘이 비교적 관리 상태가 양호하고, 또한 최근 옹달샘의 수질검사를 정기적으로 실시하고 있기 때문인 것으로 생각된다.

옹달샘에서 분리한 대장균군의 균종별 분포는 다음과 같았다. 총 21개소의 대장균군 양성 옹달샘에서 분리한 대장균군 중 가장 많은 비율을 차지하는 것은 *E. coli* 7주로 전체 대장균군중 33%를 차지하였으며, *Klebsiella* 5주(24%), *Enterobacter* 4주(19%), *Citrobacter* 3주(14%), *Serratia*가 2주(10%) 순으로 나타났다. 지역별로 *E. coli*는 구룡산, 남산, 도봉산, 북한산, 불암산, 수락산 및 우면산에서 각각 1개소에서 검출되었으며, *Klebsiella*는 북한산 2개소 관악산, 도봉산 및 불암산 각 1개소, *Enterobacter*는 관악산 2개소, 남산 및 모락산 각 1개소, *Citrobacter*는 남산 2개소 및 도봉산 1개소이었으며, *Serratia*는 북한산 2개소에서 검출되었다.

대장균군에 속하는 세균 중에는 *E. coli*와 *Klebsiella pneumoniae*는 분변유래균이지만, *Enterobacter aerogenes*와

Table 8. Number of inappropriate spring waters based on the Korean standard limits by each microbiological test item for potable water

Item	No. of inappropriate spring water
Standard plate count	1(4.5%)
Coliform	18(81.8%)
Standard plate count and Coliform	3(13.6%)
Total	22(100%)

*Enterobacter cloacae*는 분변 및 자연계에 모두 존재하는 중간형이고, *Erwinia corotovora*, *Citrobacter freundii* 등은 식물, 토양, 물 등에서 유래하는 자연환경균이다. 또한 *Serratia*는 기회감염균으로 면역부전 환자에게 질병을 일으키며, 소동물, 가축, 물, 식물 및 병원환자에 존재한다. 토양에서, *Serratia*는 유기철분을 미네랄화 하며, 금과 동을 분해하는 생물환에서 중요한 역할을 한다.[20]

종합적으로 옹달샘물을 먹는물 수질기준에 따라 부적율을 조사한 결과는 Table 8과 같았다. 검사한 옹달샘물 109건 중 22건(20.2%)이 기준에 부적합하였으며, 이중 일반세균수만 부적합한 곳은 1개소(4.5%)이었으며, 대장균군만 부적합한 곳은 18개소(81.8%) 그리고 대장균군과 일반세균수가 모두 부적합한 곳은 3개소(13.6%)이었다.

지표세균간 상관 관계

옹달샘물에서 미생물 오염지표로서 사용한 일반세균수, 대장균군 및 저온일반세균수의 상관관계는 Table 9와 같았다. 일반세균수와 저온일반세균수의 상관계수는 r=0.95($p<0.01$)로 고도의 유의성이 있었다. 일반세균수와 대장균군(r=0.17), 저온세균과 대장균군(r=0.21)은 별다른 상관관계가 없었다.

변[21]은 서울 북부 지역 옹달샘에서 저온일반세균과 일반세균수, 일반세균수와 대장균군 및 저온일반세균과 대장균군에 고도의 상관관계가 있다고 보고하였으며, 박 등[16]은 일반세균수와 20°C 배양균만 상관관계가 있고, 일반세균수와 대장균군 사이에 상관관계가 없다고 보고하여 본 실험과 다른 결과를 나타내었다. 이와같은 결과는 연도별 차이, 계절적 차이 및 지역적 차이에 의한 것으로 생각된다.

이상을 종합하여 볼 때 옹달샘물은 지속적인 관리에 의해 위생적으로 많이 개선되었지만 아직도 20.2%에서는 미생물학적으로 기준을 초과하여 문제가 되고 있음을 알 수 있다. 특히 소독과정이 없는 옹달샘물로서는 분변오염의 지표인 대장균군의 검출은 매우 중요한 의의를 갖게 된다. 따라서 지속적인 관리가 필요하다. 또한 대부분이 지표수인 옹달샘물로서는 무엇보다도 주변지역의 오염을 최대한으로 막는 것이 매우 중요하다고 생각된다.

Table 9. Correlation matrix of standard plate count, coliform and psychrophilc bacteria from spring water

	Coliform	psychrotrophilic bacteria
Standard plate count	0.17*	0.95**
Coliform		0.21*

*:$p<0.05$, **:$p<0.01$.

결 론

옹달샘물의 미생물학적 오염도를 조사하기 위하여 서울시내 109개소의 옹달샘물을 채수하여, 일반세균수, 저온일반세균수 및 대장균군에 대한 실험한 결과 서울 시내 109개 옹달샘물 일반세균수의 기하평균은 0.19 CFU/ml이었으며, 지역별로는 불암산 4.43 CFU/ml, 도봉산 3.86 CFU/ml로 높았으며, 우면산과 청계산은 검출되지 않았다. 총 4곳(3.7%)에서 100 CFU/ml이상이 검출되었다. 저온일반세균의 기하평균은 49.2 CFU/ml이었으며, 남산이 125 CFU/ml로 가장 높았으며, 우면산이 5 CFU/ml로 가장 낮았다. 대장균군의 기하평균은 0.005 MPN/100ml이었으며, 대장균군이 검출된 곳은 21개소(19.3%)이었다. 대장균의 균종별 분포는 *E. coli* 7주(33%), *Klebsiella* 5주(24%), *Enterobacter* 4주(19%), *Citrobacter* 3주(14%) 및 *Serratia* 2주(10%)순이었다. 먹는물수질기준에 의한 옹달샘물의 미생물학적 부적율은 20.2%이었으며, 부적 내역을 보면, 일반세균수가 4.5%, 대장균군이 81.8% 그리고 일반세균수와 대장균군 동시 부적이 13.6%이었다. 옹달샘물의 미생물 오염지표간의 상관관계는 일반세균수와 저온일반세균수 사이에서만 r=0.95 ($p<0.01$)의 상관관계가 있었다.

참고문헌

1. 국립환경연구원 : 환경교육교재 수질측정검사반, (2001).
2. Moore, A.C., Herwaldt, B.L., Craun, G.F., Calderon, R.L., Highsmith, A.K., and Juranek, D.D.: Waterborne disease in the United States, 1991 and 1992, J. Am. Water Works Assoc. **86**, 87-99 (1994).
3. Furtado, C., Adak, G.K., Stuart, J.M., Wall, P.G., Evans, H.S., and Casemore, K.P.: Outbreaks of waterborne infectious disease in England and Wales, 1992-5, Epidemiol. Infect. **121**, 109-119 (1998).
4. 神子直之, 芦之德厚, 平田强, 保坂三 : 健康關聯微生物汚染の評・管理手法, 日本水環境學會誌 **20**, 139-144 (1997).
5. Andersson, Y., and Stenstrom, T.A.: Waterborne outbreaks in Sweden-causes and etiology, Water Sci. Tech. **18**, 185-190 (1986).
6. Tulchinsky, T.H., Burla, E, Halperin, R., Bonn, J., and Ostroy,

P.: Water quality, waterborne disease and enteric disease in Israel, 1976-92, Israel J. Med. Sci. **29** : 783-790, (1993).
7. Moore, A.C., Herwaldt, B.L., Craun, G.F., Calderon, R.L., Highsmith, A.K., and Juranek, D.D.: Surveillance for waterborne disease outbreaks--United States, 1991-1992, CDC. MMWR **42**(SS-5), 1-2 (1993).
8. Kramer, M.H., Herwaldt, B.L., Calderon, R.L., and Juranek, D.D.: Surveillance for waterborne-disease outbreak--United States, 1993-1994, CDC. MMWR **45**(SS-1), 1-33 (1996).
9. Levy, D.A., Bens, M.S., Craun, G.F., Calderon, R.L., and Herwaldt, B.L.: Surveillance for waterborne-disease outbreaks --United States, 1995-1996, CDC. MMWR **47**(SS-5), 1-34 (1998).
10. Barwick, R.S., Levy, D.A., Craun, G.F., Beach, M.J., and Calderon, R.L.: Surveillance for waterborne-disease outbreaks --United States, 1997-1998, CDC. MMWR **49**(SS-4), 1-36 (2000).
11. 환경부 : 먹는물수질기준및검사등에관한규칙. 환경부령 제95호 (2000).
12. Berkelman, R.L.: Emerging Infectious diseases in the United States, 1993, J. Infect. Dis. **170**, 272-277 (1994).
13. APHA-AWWA-WPCF:Standard methods for the examination of water and wastewater. 18th ed. APHA, Washington, D.C. (1995).
14. 환경부 : 먹는물수질공정시험방법(환경부 고시 1999-16) (1999).
15. 김강자 : 서울 강남구 소재 약수의 수질오염지표 분석에 관한 연구. 서울市立大學校 産業大學院 工學碩士學位論文 (1998).
16. 박석기, 최성민, 오영희, 임봉택 : 서울 地域 옹달샘물 중의 低溫細菌에 관한 調査. 서울特別市 保健環境研究院報 27, 12-15 (1991).
17. 유병태, 최병현, 권옥현, 최성민, 김무상, 김석례, 이찬수, 오수경, 어수미, 박성배 : 서울市 일원 藥水의 衛生學的 調査. 서울特別市 保健環境研究院報 22, 158-167 (1986).
18. 日本藥學會編 : 日本衛生法試驗註解, 金原出版社. 東京 (1995).
19. 변신철, 최성민, 강신명, 최용석, 이영기, 유영아, 김성원 : 먹는 샘물 基準으로 評價한 옹달샘물의 衛生細菌學的 調査研究. 서울特別市 保健環境研究院報 31, 1-5 (1995).
20. 박석기, 안승구, 엄석원: 해설 먹는물의 수질관리, 동화기술. 서울 (1996).
21. 변신철 : 서울 北部 地域 옹달샘에서 分離한 Yersinia屬菌에 關한 硏究. 서울大學校 保健大學院 保健學 碩士學位論文 (1995).