

腸內 病原菌의 下水中 生存 狀態에 관한 研究

魯 一 協 · 孔 仁 貴

淑明女子大學校 藥學大學

(Received February 18, 1978)

Ihl-Hyeob Ro and In Kyue Kohng

College of Pharmacy, Sook Myung Women's University, Seoul 140

Survival Studies of Some Enteric Pathogens in Sewage

Abstract— In order to study the growth and survival of enteric pathogens causing water-borne infections in sewage, the filter-sterilized and autoclaved sewages of Dae Gu City were inoculated with *Salmonella typhimurium*, *Shigella flexneri* 2a, *Sh. sonnei* I, *Vibrio eltor* and *V. parahaemolyticus*, as test series and *Escherichia coli* as control. After varying periods of incubation up to 15 days at 4°, 15°, 25° and 37°C, viable cells in the inoculated sewages were counted by colony count technique. Distilled water and 0.9% saline were subjected to inoculation of the organisms was observed in the filter-sterilized and autoclaved sewages at 4°, and the sewages became sterile within a few days. At 15°, no growth and rapid inactivation of the organisms in the filter-sterilized sewage and slight or no growth in the autoclaved sewage was noted. Some viable cells were found in the autoclaved sewage after 15 days. A considerable growth was observed in the filter-sterilized and autoclaved sewages, at 25° and 37°, and large numbers of viable cells were found even after 15 days of incubation. In general, the autoclaved sewage supported the growth more noticeably than the filter-sterilized, except for *V. parahaemolyticus* which grew well in filter-sterilized sewage. No marked difference was noted between incubations at 25° and 37°, but *V. parahaemolyticus* showed a slightly more active growth at 25° than at 37°. Distilled water inactivated the organisms within a few days, but saline supported the growth at 25° and 37°. Marked differences were noted in the survival test of sewage pathogens of different origins.

近來 우리나라의 主要 都市는 急激한 人口 膨脹을 이루고 있으나 上下水道의 施設은 이에 뒤
따르지 못하고 있으며 都市民의 腸管 排泄物은 衛生學的 處理를 하지 못한 채 끊임없이 隣近의

河川으로 흘러 들어가고 있다.

이 河川水는 都市民의 上水源이 되고 있는 點에서 또 이들 汚染問題는 水因性 傳染病菌의 傳播을 促進시키는 것으로서 保健衛生學的 見地에서 重要的 意義를 지니고 있다.

先進 國家에서는 上水는 勿論 下水管理가 改善되어 腸內 傳染病菌의 管理에 상당한 成果를 거두고 있다고 하지만 不實하며 大部分의 都市는 下水 處理施設이 下水量의 增加를 뒤따르지 못하여 都市 隣近 河川으로 流入되는 各種 有害物質 및 成尿에 由來된 腸內 傳染病菌의 檢出이 立證된다고 한다¹⁻³⁾.

우리나라에서는 이 問題가 더욱 심각하여 都市 周邊 河川水에서 大腸菌 檢出率이 높을 뿐만 아니라^{4,5)}, *Salmonella* 및 *Shigella* 등 腸內 傳染病菌도 分離되었다고 한다^{6,7)}. 이와같이 都市 環境이 腸內 傳染病菌으로 汚染되는 問題, 특히 上水源인 下川水의 汚染問題는 이들 病原菌의 糞口生活環을 持續시켜주는 結果를 招來하므로 下水管理는 都市民의 保健上 極히 重要的 問題이다. 특히 人體의 腸管 排泄物이 섞인 下水는 細菌增殖을 助長하는 與件이 되므로 더욱 問題가 크다.

著者들은 이러한 觀點에서 都市에서 排出되는 下水에 腸內 傳染病原菌이 混入되었을 때를 前提하여 몇가지 病原菌들이 下水內에서 얼마동안이나 生存할 수 있으며 또 溫度條件이 다를 때 어떠한 狀態로 있는가를 살피기 위하여 이 實驗을 시행하였다.

實驗 方法

供試 菌株—大腸菌(*E. coli*), *Salmonella typhimurium*, *Shigella flexneri* 2a 및 *Shigella sonnei* I 菌株는 美國 Center for Disease Control에서, *Vibrio parahaemolyticus* 는 日本 東京都立 衛生試驗所에서 各各 分讓 받은 것이며, *V. eltor* 은 1969年 콜레라 流行時에 우리나라에서 分離된 Ogawa 型 流行株이다.

下 水—夏季에 都市 河川의 下水 流出口에서 얻은 것이며 몇가지 下水에 대하여 混濁度, pH 및 一般細菌數를 檢査하여 그 成績이 이들 平均值와 近似한 下水를 選擇하여 大量 採取한 다음, 4°C에 保存하면서 實驗에 사용하였다. 被檢下水의 採取 場所는 大邱市 수성교 근처의 家庭下水의 流出地點이며 또 이 下水는 pH 7.4, 混濁度 O.D. 0.244(Spectronic B20, Spectrophotometer 540 nm), 蒸發殘留物 397.2 ppm, 生物學的 酸素 要求量 178.3 ppm, 암모니아性 窒素 18.5 ppm, 鹽素量 (Cl⁻) 104.95 ppm, 一般細菌數 3,300,000/ml, 大腸菌數 80,000/ml 이었다. 下水는 *Salmonella*, *Shigella* 등 生菌數 測定時에 水中에 混在하는 乳糖非分解菌과의 混同을 避하기 위하여 細菌濾過器로 濾過한 것과 121°C에서 15分間 滅菌한 것을 사용하였다.

上記 下水外에 다른 場所에서 그 水質과 含有細菌數가 다른 下水를 얻어 몇가지 比較實驗도 實施하였다. 對照로 蒸溜水와 0.9% 食鹽水의 實驗例를 並行하였다.

實驗 方法—細菌濾過器로 濾過한 下水(S-F), 高壓滅菌한 下水(S-A), 蒸溜水 및 生理食鹽水를 10 ml씩 各各 滅菌試驗管에 分注한 다음, 0.5% 食鹽加한 nutrient broth에서 37°C, 18時間 培養한 供試菌을 100~200倍로 滅菌食鹽水로 稀釋한 菌液 0.1 ml씩 各 試驗管內 被檢下水에 接種하였다. 菌接種下水를 잘 混和하여 곧 生菌數를 測定하고 4°, 15°, 25° 및 37° 에 保存하면서 24時間 間隔으로 各 實驗例의 生菌數를 測定하여 菌의 消長을 觀察하였다. 菌數測定은 各 實驗例의 菌接種下水를 10倍 階段 稀釋하고 各 稀釋液 0.1 ml씩 平板培地위에 均等하게 塗抹하여

37°에서 24時間 培養한 다음 形成된 典型的인 菌集落을 세어 原液中的 生菌數를 算出하였으며, 生菌數測定用 培地는 *E. coli*, *Salmonella* 및 *Shigella* 用으로는 MacConkey 寒天平板培地, *V. eltor* 用으로는 Aronson 平板培地, 그리고 *V. parahaemolyticus* 用으로는 B.T.B. Teepol 寒天平板培地를 各各 사용하였다.

實 驗 成 績

Salmonella typhimurium 의 消長—濾過滅菌下水 및 高壓滅下水에서의 *Salmonella typhimurium* 의 消長關係를 溫度를 달리한 條件에서 生菌數를 測定하여 그 成績을 第1表에 表示하였다.

第1表를 보면 對照 實驗例인 蒸溜水內에서는 溫度條件에 拘애없이 本菌이 빨리 消失되었고 또 生理食鹽水內에서는 比較的 그 消失 速度가 緩漫한 傾向을 보였으나 下水 實驗例에 있어서는 供試菌이 對照 滅菌食鹽水內에서 보다 오히려 安定한 상태를 보였으며, 특히 25° 및 37°에 保存한 高壓滅菌下水內에서의 供試菌數는 接種後 5日까지 顯著하게 增加함을 認定할 수 있었고 또 濾過滅菌下水內의 供試數도 같은 溫度 條件에서 한동안 增殖하였음을 認定할 수 있었다.

Table I—Effect of temperature on survival of *Salmonella typhimurium* in sewage

Temp.	Suspended in*	Incubation(days)				
		1	3	5	10	15
4°	S-F**	700 ⁺⁺	580	8	0	0
	S-A [†]	5,500	1,410	340	60	8
	Dist. water	824	4	22	22	8
	Saline	840	77	200	124	286
15°	S-F	580	260	0	0	0
	S-A	5,600	3,200	1,500	330	25
	Dist. water	98	160	15	0	0
	Saline	10,000	136,000	218,400	370,000	10,000
25°	S-F	13,400	576,000	754,000	212,000	87,000
	S-A	19,500	960,480	672,000	105,000	57,600
	Dist. water	5	17	2	0	0
	Saline	33,600	494,000	376,000	68,000	1,000
37°	S-F	5,500	134,000	860,000	215,000	11,000
	S-A	379,500 ^{>}	1,000,000 ^{>}	1,000,000	350,000	11,600
	Disl. water	71	0	0	0	0
	Saline	494,000	360,000	179,000	21,000	1,700

*Bacterial counts after suspension of organisms were 2,300~2,800/0.1 ml.

**Sewage, filtered.

†Sewage, autoclaved.

++No. of colonies/0.1 ml.

Table II—Effect of temperature on survival of *Shigella flexneri* 2a in sewage

Temp.	Suspended in*	Incubation(days)				
		1	3	5	10	15
4°	S-F**	600 ⁺⁺	150	0	0	0
	S-A ⁺	1,000	540	80	0	0
	Dist. water	13	5	6	0	0
	Saline	646	14	7	21	10
15°	S-F	540	260	53	0	0
	S-A	1,680	1,090	500	57	0
	Dist. water	1	0	0	0	0
	Saline	4,400	570	226	32	5
25°	S-F	14,000	232,000	180,000	65,000	13,000
	S-A	84,200>	1,000,000	600,000	31,000	6,000
	Dist. water	52	100	0	0	0
	Saline	1,260	2,390	702,000	134,000	18,000
37°	S-F	155,000	572,000	190,000	72,000	5,500
	S-A	152,000>	1,000,000	514,000	47,000	3,200
	Dist. water	0	0	0	0	0
	Saline	3,940	1,600	35	0	0

*Bacterial counts after suspension of organisms were 1,500~2,400/0.1 ml.

**Sewage, filtered.

⁺Sewage, autoclaved.

⁺⁺No. of colonies/0.1 ml.

Table III—Effect of temperature on survival of *Shigella sonnei* I in sewage

Temp.	Suspended in*	Incubation(days)				
		1	3	5	10	15
4°	S-F**	75	0	0	0	0
	S-A ⁺	205	77	13	3	3
	Dist. water	0	0	0	0	0
	Saline	2,170	77	25	12	5
15°	S-F	157	1,620	580	310	21
	S-A	215	10,000	23,000	37,000	2,000
	Dist. water	0	0	0	0	0
	Saline	2,600	5,600	21,000	28,000	37,000
25°	S-F	2,700	14,400	13,800	17,200	8,900
	S-A	10,000	17,600	27,920	23,500	3,800
	Dist. water	5	2	170	0	0
	Saline	33,500	494,000	376,000	68,000	1,000
37°	S-F	63,000	336,000	261,000	63,000	1,200
	S-A	336,000>	1,000,000	700,000	72,000	450
	Dist. water	450	62	0	0	0
	Saline	8,600	2,200	1,600	0	0

*Bacterial counts after suspension of organisms were 2,600~4,100/0.1 ml.

**Sewage, filtered.

⁺Sewage, autoclaved.

⁺⁺No. of colonies/0.1 ml.

Shigella 의 消長—알과 같은 條件에서 供試菌株를 *Sh. flexneri* 2a 와 *Sh. sonnei* I 로 代置했을 때의 實驗成績을 第 2 表와 第 3 表에 表示하였다.

4° 및 15°에 保存하였던 各 實驗例에서는 高壓滅菌下水 實驗例를 除外하면 對照 및 本實驗例에서 *Sh. flexneri* 2a 및 *Sh. sonnei* I 이 모두 빨리 消失되었다. 그러나 25° 및 37°에 保存한 下水實驗例에서는 對照實驗例에 比해서 대단히 높은 菌濃度를 檢出할 수 있었으며 特히 高壓滅菌下水內에서는 一時的인 菌增殖이 進行되었음을 認定할 수 있었다.

Vibrio eltor 의 消長—알과 같은 條件下에서 *V. eltor*(Ogawa 型)을 各 被檢水에 各 各 溫度別로 保存하였을 때 各 被檢水內의 生菌數를 表示하면 第 4 表와 같다.

對照實驗例에 있어서는 어느 溫度條件을 莫論하고 蒸溜水內의 生菌數는 빨리 消失되어가는 傾向을 보였고 滅菌 生理食鹽水內의 生菌數는 4° 및 15°보다 오히려 25° 및 37°에서 消失速度가 緩慢한 傾向을 보였다.

그러나 下水實驗例에 있어서는 15°, 25° 및 37°에 保存한 高壓滅菌下水內에서의 菌數는 比較的 安定性을 나타냈을 뿐 아니라 3日 또는 5日까지는 供試菌이 增殖하였음을 認定할 수 있었다. 그리고 濾過滅菌實驗例에 있어서도 供試菌의 消失이 훨씬 緩慢하였다.

V. parahaemolyticus 의 消長—알과 같은 條件下에서 *V. parahaemolyticus* 를 各 被檢水에

Table IV—Effect of temperature on survival of *Vibrio eltor* in sewage

Temp.	Suspended in*	Incubation(days)				
		1	3	5	10	15
4°	S-F**	220 ⁺⁺	0	0	0	0
	S-A ⁺	7,500	600	1	0	0
	Dist. water	3,360	25	0	0	0
	Saline	2,130	8	0	0	0
15°	S-F	856	26	10	0	0
	S-A	140,000	720,000	630,000	120,000	75,000
	Dist. water	0	0	0	0	0
	Saline	800	330	20	0	0
25°	S-F	1,500	2,300	403,000	33,100	12,000
	S-A	403,000>	1,000,000>	1,000,000	724,000	321,000
	Dist. water	170	82	75	4	0
	Saline	37,000	140,000	330,000	64,000	24,000
37°	S-F	255,000	852,000	190,000	58,000	23,000
	S-A	>1,000,000>	1,000,000	380,000	75,000	53,000
	Dist. water	1,450	42	0	0	0
	Saline	133,000	42,000	9,800	4,100	2,800

*Bacterial counts after suspension of organisms were 3,000~3,900/0.1 ml.

**Sewage, filtered.

+Sewage, autoclaved.

++No. of colonies/0.1 ml.

Table V—Effect of temperature on survival of *Vibrio parahaemolyticus* in sewage

Temp.	Suspended in*	Incubation(days)				
		1	3	5	10	15
4°	S-F**	0**	0	0	0	0
	S-A†	0	0	0	0	0
	Dist. water	0	0	0	0	0
	Saline	2,560	1,350	15	0	0
15°	S-F	45	0	0	0	0
	S-A	550	202	67	0	0
	Dist. water	0	0	0	0	0
	Saline	1,300	26,400	153,000	27,000	5,000
25°	S-F	12,550	30,800	66,000	13,000	7,200
	S-A	250	940	43,000	15,000	16,800
	Dist. water	0	0	0	0	0
	Saline	3,100	78,000	510,000	171,300	113,000
37°	S-F	6,200	20,200	10,100	3,400	2,600
	S-A	530	50	0	0	0
	Dist. water	0	0	0	0	0
	Saline	400	21,020	15,600	510	0

*Bacterial counts after suspension of organisms were 2,500~3,500/0.1 ml.

**Sewage, filtered.

†Sewage, autoclaved.

**No. of colonies/0.1 ml.

接種하고 各 溫度別로 保存하였을 때 被檢水內의 生菌數를 表示하던 第5表와 같다.

好鹽性인 本供試菌株는 15° 以上の 食鹽水와 下水內에서 比較的 安定性을 보였다.

下水에 따르는 菌의 消長—下水는 그 成分이 單一하지 않으므로 上記實驗에 사용한 下水外에 4個場所에서 다른 時期에 다른 下水를 採取하여 이들 下水의 pH, 混濁度, 一般細菌數, 蒸發殘留物, 生物化學的 酸素要求量, 암모니아性窒素 및 脂素量을 測定하고 濾過 및 高壓滅菌한 다음 *S. typhimurium* 을 接種하고 25°에서 3日間 保存한 後 各 被檢下水內의 生菌數를 測定하였던 바 第6表와 같다.

被檢下水에 따라 生菌數의 測定值 사이에는 差異가 甚하였다. 被檢下水 I은 앞에서의 實驗에 사용하였던 것이며 濾過滅菌한 被檢下水 2와 3에서는 3日後에 生菌이 檢出되지 않았으나 高壓滅菌下水인 實驗例에서는 接種生菌數 보다 接種 3日째의 生菌數가 增加하였다. 被檢下水 4에서는 濾過滅菌한 것과 高壓滅菌한 下水에서 모두 接種菌數에 比해서 3日째에 生菌數가 增加하였으며, 被檢下水 5에서는 高壓滅菌한 下水에서만 菌數가 增加하였다.

또 供試菌의 對照實驗例로 *E. coli*를 供試하였던 바 그 結果는 대체로 *S. typhimurium* 과 같았다.

Table VI—Comparative survival of bacteria by sewages obtained from different sites

Sewage	Turbidity (O.D.)	Total count (0.1 ml)	R.E. (ppm)	B.O. D (ppm)	NH ₃ -N (ppm)	Chloride Ion (ppm)	Treatment	Count after 3 days at 25°C
1	0.255	3,300,000	397.2	178.3	18.5	104.95	F	576,000
							A	960,000
2	0.349	15,000,000	191.4	102.3	8.8	53.19	F	0
							A	487,000
3	0.078	2,000	605.8	261.9	22.0	152.48	F	0
							A	190,000
4	0.392	4,500,000	431.7	204.2	28.3	127.66	F	23,000
							A	600,000
5	0.195	850,000	402.2	304.8	28.8	112.05	F	1,400
							A	430,000

Turbidity: determined with Spectronic B20 spectrophotometer at 540 nm.

Total count: Number of bacteria in 1 ml, counted on nutrient agar plate.

Chloride: Mohr's method.

Treatment: F=filtered, A=autoclaved.

Counts after 3 days: *S. typhimarium* was inoculated in 10 ml of specimens and viable counts in 0.1 ml made on MacConkey agar. Viable cells in sewages after inoculation were 2,300~2,800/0.1 ml. pH of sewages were 7.0~7.5.

考 察

任意로選擇한 被檢下水는 大邱市 수성교 근처의 下水流出口에서 採取한 것이며, 試驗管內에서 靜置狀態로 實驗한 結果이므로 流動的인 實際下水에서의 菌의 動態와는 큰 차이가 있을 것이나 實驗進行上 不得已 靜止狀態로 實施할 수 밖에 없었다.

例試菌株에 따라서는 程度의 差異는 있었으나 大部分의 菌株가 25° 및 37°에서는 一旦 繁殖하였다가 그後 次次 減少되었으며 15日後에도 相當量의 菌量을 維持하였다. 濾過滅菌한 下水와 高壓滅菌한 下水 사이에도 菌數의 差異는 있었으나 菌數增減의 傾向에는 注目 할만한 差異는 볼 수 없었다. 4°에서는 菌數의 增加로 볼 수 없었고, 時日의 經過에 따라 次次 減少되어 갔으며 15°C에서는 多少間의 菌數增加를 볼 수 있었다.

蒸溜水에서 1~5日이 經過되면 生菌이 檢出되지 않는 것은 滲透壓의 差異와 營養分의 缺乏 때문이다⁹⁾. 生理食鹽水에서는 供試菌이 繁殖된 結果를 나타낸 菌數도 볼 수 있으며 이것은 Chun 등¹⁰⁾ 報告와 비슷하다. Hendricks^{11,12)}가 河川水에서의 菌發育의 觀察報告例에서 5~20°에서는 菌의 繁殖이 거의 없었지만 30°에서 가장 잘 繁殖한다는 結果와 比較할 때 著者들의 實驗成績과 大體로 一致된다. 이러한 점으로 미루어 보아 水溫이 上昇되는 夏季에 下水에 混入 病原菌은 繁殖하여 菌濃度가 질어질 可能性이 크며, 또 15日이 지나도록 많은 菌이 檢出되는 것을 보면 下水가 混流되는 河川水는 끊임없이 汚染狀態를 維持할 것으로 생각된다.

下水에서 大腸菌 및 腸內 傳染病菌이 檢出된다는 報告^{1-3,6,7)}로 미루어 보면 下水의 管理가

不安全的 우리나라에서는 腸內 傳染病菌의 fecal-oral cycle이 維持되고 있음을 示唆하는 것으로 保健衛生上 重大한 問題가 아닐수 없다. 그리고 下水는 採取時期와 場所에 따라 汚染된 菌에 미치는 정도의 差異가 큰 것은 그 水質 組成이 多様な 까닭이라고 생각된다.

濾過滅菌한 下水보다 高壓滅菌한 下水에서 菌의 增殖이 顯著한 것은 注目할만한 일이다. 水中에 包含된 化學物質 또는 滅菌하는 方法等에 따르는 菌의 生存의 影響에 대해서는 Hendricks¹²⁾ 및 Jannasch¹³⁾에 의해서 報告된 바 있다. 또한 Jannasch¹³⁾는 水中에 存在하는 菌이 다른 菌 即 人體病原菌의 繁殖에 影響을 미친다고 하였는데 이는 어느 生物環境에서나 볼 수 있는 共棲 또는 淘汰原則에 따르는 것임으로 當然한 現象이라고 본다.

結 論

下水內에서 腸內 病原菌이 얼마동안이나 살아 남을 수 있으며 또 여러가지 溫度條件下에서는 어떠한 상태를 나타낼 것인가를 살피기 위하여 濾過 滅菌 및 高壓 滅菌한 被檢 下水에 *Salmonella typhimurium*, *Shigella flexneri* 2a, *Shigella sonnei* I, *Vibrio eltor* 및 *Vibrio parahaemolyticus* 를 一定量씩 接種하고 各各 4°, 15°, 25° 및 37°C에 保存하면서 各 實驗例에서의 生菌數의 變動을 觀察하였으며 下水의 對照로 蒸溜水와 生理食鹽水 그리고 供試菌의 對照로 大腸菌을 사용하여 實驗을 並行하였다.

1. 被檢 下水內에서 5種의 供試菌은 菌株에 따라 若干의 差異는 있었으나 15° 以下の 低溫에서는 時日이 經過함에 따라 그 菌數가 減少되어 갔으며, 조만간에 消失되었다. 25° 및 37°의 高溫에 保存한 下水內에서는 *Salmonella typhimurium*, *Shigella flexneri* 2a *Shigella sonnei* I 및 *Vibrio eltor*는 接種後 3日 또는 5日까지 數의 增加를 보인 다음 次次 減少되어 갔으며, 特히 高壓滅菌 下水에서는 이 現象이 顯著하였다. 다만 *Vibrio parahaemolyticus* 만은 例外的으로 빨리 消失되어가는 傾向을 보였다.

2. 被檢 下水는 採取場所에 따라 供試菌의 生存에 주는 影響이 一定치 않았다.

文 獻

1. J.H., McCoy, *Salmonella* in crude sewage-polluted natural waters. Int. Conference on Water Pollution Research, London, 1962. 205-226 (1964).
2. A. Demissie, The isolation of salmonella in a swedish water course (the River Fyris). 1. Isolation by various filter methods and the swab technique according to Moore. *Acta. Pathol. Microbiol. Scand.*, 62, 409 (1964).
3. O. Ojala *Salmonella* types in sewage samples in Helsinki 1963~1964. *Nord. Vet. Med.*, 18, 146 (1966).
4. 權肅杓, 盧晶培, 李仁宰, 尹燁重, 崔淑衡, 愼亨揆, 漢江水泳場의 衛生學的 調查 報告, 中央化學研究所報告, 5, 68 (1956).
5. 權肅杓, 沈吉淳, 李裁熙, 安成勳, 서울市 漢江 周邊 河川 汚染에 관한 衛生學的研究(第1報), 最新醫學, 11, 155 (1968).
6. 尹麒炳, 大邱市內 下水의 汚染에 관한 細菌學的研究, 現代醫學, 9, 137 (1968).
7. 高光均, 金命淑, 李淵台, 李鍾訓, 1972年 8月 서울市 浸水地域에 대한 腸內 病原菌 調查 分離, 中央醫學,

- 26, 539-543 (1974).
8. 戶田忠雄, 戶田細菌學, 南江堂, 東京, 日本 1964.
 9. J.W. Bigger and J.H. Nelson, The growth of coliform bacilli in distilled water, *J. Pathol. Bacteriol.*, **53**, 189 (1941).
 10. D. Chun, S.Y. Seol, R. Tak, and C.K., Park, Inhibitory effect of glycerin on *Vibrio parahaemolyticus* and *Salmonella*. *Appl. Microbiol.*, **24**, 675-678(1972).
 11. C.W. Hendricks and S.M. Morrison, Multiplication and growth of selected enteric bacteria in clear mountain stream water. *Water Res.*, **1**, 567 (1971).
 12. C.W. Hendricks, Enteric bacterial growth rates in river water. *Appl. Microbiol.*, **24**, 168 (1972).
 13. H.W. Jannarch, Estimation of bacterial growth rates in natural waters. *J. Bacteriol.*, **99**, 159 (1969).