

## 경북북부지역 먹는물에서 분리된 대장균군의 항균제 및 염소소독제 감수성

손창규\* · 이춘우 · 김태분 · 박순길 · 전찬준 · 이창일 · 박자영 · 송성복 · 허완

경상북도보건환경연구원북부지원

Antimicrobial Agent and Chlorine Susceptibility of *E. coli* Group  
Isolated from Natural Drinking Water in Northern Gyeongbuk Area  
Chang-kyu Sohn\* · Chun-woo Lee · Tae-bun Kim · Soon-geel Park · Chan-jun Jeon ·  
Chang-il Lee · Ja-young Park · Sung-bok Song · Wan Huh  
*Gyeongsangbuk-Do institute of health and environment, northern branch*

### Abstract

We examined 165 unchlorinated natural drinking water samples for the presence of *E. coli* group resistant to antimicrobial agent and chlorine in northern Gyeongbuk area in 2007. Among 165 water samples, 21 samples( 12.7%) were positive to total coliforms and Six genus, 16 strains of *E. coli* groups isolated from 16 samples showed resistance against more than one antimicrobial agent such as Ampicillin, Tetracycline and Chloroamphenicol. Among 16 strains, 14 strains resistant to Ampicillin, 9 strains resistant to Tetracycline and one strain resistant to Chloroamphenicol, but all 16 strains did not contain any integron gene cassettes, which contribute to the spread of antimicrobial resistance alleles by lateral gene transfer of gene cassettes in a variety of enteric bacteria. The minimal inhibitory concentration(MIC) of 14 strains which showed resistant to Ampicillin was between  $12\mu\text{g/ml}$  and  $32\mu\text{g/ml}$ , Nine strains resistant to Tetracycline showed between  $32\mu\text{g/ml}$  and  $128\mu\text{g/ml}$  and one strain resistant to Chloroamphenicol showed  $128\mu\text{g/ml}$ . The chlorine sensitivity of 16 strains isolated from unchlorinated natural water sample didnot show any difference among strains by the concentration of initial free chlorine and elapsed time after chlorine treatment. All 16 strains were killed after 1hr. exposure at  $0.2\text{mg/ml}$  of free chlorine per liter or 30minutes exposure at  $0.4\text{mg/ml}$  of free chlorine per liter.

**Key words** : Natural drinking water, *E. coli* group, Antimicrobial agent and chlorine susceptibility

\* Corresponding author E-mail : changkyu@gb.go.kr

## I. 서론

안전한 먹는물은 생명유지와 건강한 생활을 위한 필수요건이다. 유해한 화학물질, 미량오염물질, 미생물 등으로부터 수질오염을 방지하는 것은 먹는물의 안전성 확보를 위하여 매우 중요하다. 이러한 수질오염인자들 중 대장균군(coliforms)의 경우 수인성전염병 및 집단 식중독 발생의 지표이며 원인이 되기도 한다.

특히 대장균군들 중 항생제내성 대장균군으로 오염된 물을 마실 경우, 이들 균들이 보유한 전달성 내성유전자가 장내세균군(enteric bacteria)으로 전달되어 장내세균이 항균제내성을 획득할 수 있다.<sup>1~3)</sup> 또한 항생제내성 대장균군 중 2종 이상의 항생제에 내성을 나타내는 다제내성균(multiple antimicrobial agent-resistant bacteria)의 경우 동물 분변이나 분변에 오염된 물에서 많이 검출되어지므로, 항생제내성 대장균군에 오염된 먹는물을 적절한 소독처리를 하지 않고 마실 경우, 수인성전염병과 같은 양상으로 많은 사람들에게 동시에 항생제 내성 생성이라는 심각한 문제를 초래할 수 있다.<sup>4,5)</sup> 사람과 가축분변 유래의 항균제내성 대장균군들은 음용수, 야채류 및 기타 음식물들을 오염시키고, 다양한 경로를 통해 사람과 동물에게로 재감염된다.

동물의 분변에서 항균제내성균의 검출빈도가 높은 이유는 다량의 항생제가 동물의 질병 치료목적 및 가축 생육촉진제로 지속적으로 사용되어지고 있기 때문이다.<sup>6~8)</sup> 다제내성 대장균군이 자연계의 물에서 높은 빈도로 검출되는 이유는 동물 분변유래의 항균제내성 대장균군이 하천, 지하수 등에 유입되기 때문인 것으로 알려져 있다.<sup>9~11)</sup>

국내에서 가축과 하천수에서 항균제내성균의 분포<sup>12)</sup> 및 하천수에서의 항균제내성균 군집 변화<sup>13)</sup> 등 항균제내성균 분포에 관한 보고 등이 있으나, 음용수중의 항생제 내성균의 분포와 내성양상 등에 관한 보고는 미미한 실정이다.

경상북도 북부권역의 경우 수돗물 보급율이 평균 60% 정도이고, 주민 약 65만명 중 26만명이 수돗물이 아닌 마을상수를 식수원으로 이용하고 있어<sup>14)</sup>, 이들 간이 식수원들이 적절히 관리되지 않을 경우, 가축, 야생 동물 분변 유래의 대장균군에 오염될 수 있는 기회가 상존한다.

따라서 본 연구에서는 이들 마을상수를 대상으로 먹는물 중의 항생제내성 대장균군 분포와 내성양상, 분리된 균 종(種)별 염소 소독제 감수성을 파악하고자 하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1 대상시료

2007년 4월부터 11월까지 경상북도 북부권역 11개 시. 군의 마을상수 중 염소소독제가 검출되지 않는 먹는물을 대상으로 하였다. 각 지역별로 15건씩 총 165건의 마을 상수를 멸균 유리병에 채수하여, 냉장 보관하며 6시간 이내에 실험실로 운반 후 분석 시료로 이용하였다.

### 2 일반세균수, 총대장균군 및 분원성대장균의 분석

일반세균수(total colony counts), 총대장균군(total coliforms) 및 분원성대장균(fecal coliforms)의 측정은 먹는물수질공정시험방법 15)의 미생물시험법에 따랐다. 일반세균수 측정은 표준천천평판법에 따라 실험하였고, 총대장균군의 경우 3배 농도 유당부이온배지(Difco, USA) 20ml가 들어있는 시험관 5본에 시료를 각각 20ml씩 분주하여 36°C, 24시간 배양하였다. 가스발생이 확인된 시험관 내 배양액 20 $\mu$ l를 BGLB(Brilliant Green Lactose Broth, Difco, USA)배지 10ml가 들어있는 1본의 시험관에 재접종하고, 가스발생이 확인된 검체를 총대장균군 양성으로 판정하였다. 분원성대장균의 경우 유당부이온배지

에서 가스발생이 확인된 배양액 20 $\mu$ l를 10ml E. coli broth가 들어있는 시험관에 재접종하여 44.5 $^{\circ}$ C, 24시간 배양한 후, 가스 발생이 확인이 되면 분원성대장균군 양성으로 판정하였다.

### 3 탁도 및 pH의 측정

먹는물수질공정시험방법<sup>15)</sup>의 탁도 및 pH 시험방법에 따랐다.

### 4 균주의 분리 및 동정

BGLB배지에서 가스발생이 확인된 시험관의 배양액 10 $\mu$ l를 취하여, Ampicillin, Chloroamphenicol, Gentamicin, Streptomycin, Tetracycline, Trimethoprim/Sulfamethoxazole 등의 항생제가 적절한 농도로 첨가된 20ml 유당부이온 배지에 재접종하여 36 $^{\circ}$ C, 24시간 재배양하였다. 가스발생이 재확인되는 시료의 배양액 10 $\mu$ l를 취하여 2분의 EMB(Difco, USA) 배지에 획선하여 단일균주를 분리하였다. EMB배지에서 단일균주로 분리된 균종을 취하여 고체영양배지에 획선하여 단일균주를 재 분리하였으며, 분리된 균주를 API 20E(Biomerieux, USA) 키트와 Ewing 등<sup>16)</sup>의 방법으로 생화학적 동정을 실시하였다.

### 5 항생제 내성시험

디스크확산법을 이용하였고, 항균제 디스크는 BBL(Becton Dickinson Microbiology systems, Cockeysville, Md.)사의 Ampicillin (AM, 10 $\mu$ g), Chloroamphenicol(C, 30 $\mu$ g), Gentamicin (GM, 10 $\mu$ g), Streptomycin(S, 10 $\mu$ g), Tetracycline(TE, 30 $\mu$ g) 및 Trimethoprim/Sulfamethoxazole (SXT, 1.25/23.73 $\mu$ g) 등을 사용하였다. 실험방법 및 결과판정은 National Committee Clinical Laboratory Standards (NCCLS) 기준<sup>17)</sup> 및 제조사의 지시에 따랐다.

### 6 최소생육억제농도 시험

E-test kit(AB BIODISK, Solna, Sweden)를 이용하여 분리된 내성균종의 최소생육억제농도(Minimal inhibitory concentration : MIC)를 측정하였으며, 실험방법 및 판정기준은 제조사의 지시에 따랐다.

### 7 염소소독제 감수성시험

염소농도별 접촉시간에 따른 감수성시험은 액체 검사법(liquid assay method)을 이용하였다.<sup>18)</sup> 분리된 균을 각각 10ml의 Tryptic soy broth (Difco, USA)에 접종하여 35 $^{\circ}$ C, 20시간 배양하였다. 배양된 균액을 5000rpm, 4 $^{\circ}$ C, 10분간 원심분리하여 집균한 후, 4 $^{\circ}$ C에 보관된 멸균 인산염완충액(50mM, pH7.0)으로 2회 세척하고, 동일한 완충액에 균체를 현탁하여 580nm에서 흡광도(OD, optical density) 10ml의 4 $^{\circ}$ C 멸균 50mM 인산염완충액(50mM, pH7.0)에 혼합한 후 가볍게 진탕하였다. 이들 혼합액 1ml 당 생균수는 약  $2.0 \times 10^5 \sim 3.0 \times 10^5$  cfu로 나타났다. 제조된 각 균 종별 혼합액 20ml와 실험 직전 4 $^{\circ}$ C 멸균 50mM 인산염완충액(50mM, pH7.0)으로 제조된 차아염소산나트륨(sodium hypochlorite)용액의 최종농도를 0mg/l, 0.2mg/l, 0.4mg/l, 0.6mg/l, 1.0mg/l, 2.0mg/l, 4.0mg/l가 되도록 조정하여 가볍게 혼합하였다. 이 혼합액을 20 $^{\circ}$ C에서 방치하면서 0분, 10분, 30분, 1시간, 2시간, 5시간, 7시간, 10시간 마다 각 염소농도별 혼합액을 1ml씩을 취하고, 20 $^{\circ}$ C에 보관된 0.03% 멸균 티오황산나트륨 10 $\mu$ l를 가하여 가볍게 혼합하였다. 혼합액을 20초 방치한 후 일반세균수 검사법으로 생존한 각 균종의 균수를 측정하였고, 생존 균수 계측은 2회 반복실험 후 평균값을 산출하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1 일반세균수, 총대장균군, 분원성대장균군 및 항균제내성균 검출률

염소소독제가 검출되지 않은 마을상수 165건을 대상으로 분석한 일반세균수(total colony counts) 100cfu/ml 이상 시료, 총대장균군(total coliforms) 양성 시료, 분원성대장

균(fecal coliforms)양성 시료 및 항균제내성 대장균군의 검출 시료 수의 결과는 Fig. 1과 같다

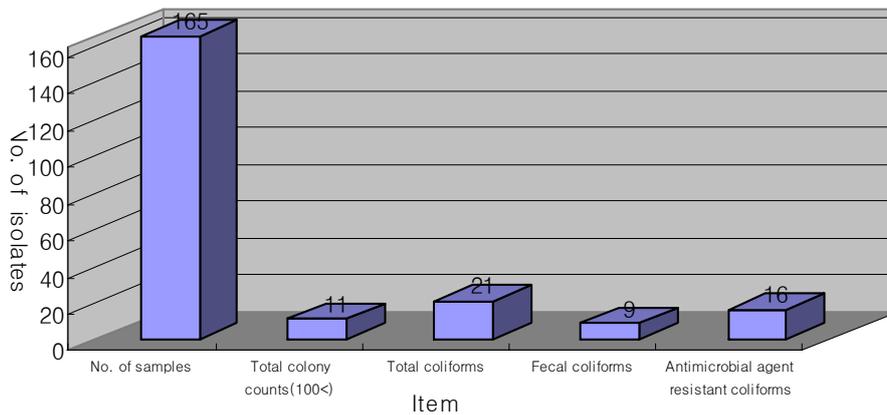


Fig 1. Detection rates of total coliforms, fecal coliforms, total colony count(100<) and antimicrobial agent resistant coliforms isolated from 165 unchlorinated drinking water samples in northern Gyeongbuk area.

총대장균군 검출건수는 21건으로 13%(21/165)의 검출률을 나타내었고, 분원성 대장균의 경우 9건으로 5.5%(9/165)의 검출률을 나타내었다. 총대장균군 검출 시료 21건 중 일반세균수 100cfu 이상/ml 건수가 11건으로 나타났다. 시료 165건 중 16건의 시료에서 항생제에 대한 내성균이 검출되어, 총 시료건수 대비 9.7%(16/165)의 검출률을 나타내었다. 총대장균군 검출 시료 수 21건 중 16건의 시료에서 항균제내성균이 검출되어 76%(16/21)의 높은 검출률을 나타내었다. 위와 같이 본 연구에서 먹는물 시료 중 총대장균군의 검출률이 13%로 높게 나타난 것은 마을상수 중에서 염소소독이 되지 않은 시료를 선별하여 채수하였기 때문에, 환경으로부터의 오염된 총대장균군 균속이 오염되어 생육의 기회가 높았기 때문으로 생각된다. 총대장균군 검출 시료에서 항생제 내성균 검출률이 76%로 높게 나타난 것을 볼 때, 자연계에서

대장균군속의 항균제내성률이 매우 높음을 의미한다. 그리고총대장균군의 검출률은 시료의 채수 위치에 따른 지역별 특이성은 나타내지 않았다. 또한 총대장균군 검출률이 먹는물 검사항목 중 미생물의 오염 및 생육에 영향을 미치는 각 시료별 탁도, pH의 결과와는 무관한 것으로 나타났다(자료 미 제시).

## 2 항균제내성양상

분리된 항균제내성 대장균군의 균종 별 분포는 Table 1과 같다. 총 6속(genus), 11종(species) 동정되었다. *Citrobacter*속 2종 2주, *Enterobacter*속 2종 2주, *Klebsiella*속 2종 4주, *Serratia*속 3종 5주 *Escherichae coli* 2주, *Hafania alvei* 1주가 분리되었다(Table 2). 이들 분리된 내성균 16주 중 14주가 5월부터 9월중에 분리되었고, 10월에 1

주, 11월에 1주가 분리되었다. 이와 같은 결과는 검출된 총대장균군 22건이 5월부터 9월에 19건, 10월 2건, 11월 1건의 검출건수와 유사한 양상을 나타내었다. 이와 같은 결과는 시료 중 미생물 생육에 영향을 주는 pH, 탁도 등이 시료 간에 큰 차이가 없는 결과(자료 미제시)를 볼 때, 계절에 따른 자연상태에서 시료 수온의 차이에 의한 대장균군 생육 양상 차이에 의한 영향으로 생각된다.

**Table 1. Specification of total coliforms isolated from 165 natural drinking water samples in northern Gyeongbuk area.**

No. of tested sample	No. of coliforms positive samples(%)	Antimicrobial agent resistance bacteria	
		Genus	Species of strain No.
165	16(9.7)	<i>Citrobacter</i>	<i>freundii</i> 1
			<i>braakii</i> 1
		<i>Escherichae</i>	<i>coli</i> 2
		<i>Enterobacter</i>	<i>cloacae</i> 1
			<i>aerogenes</i> 1
		<i>Hafania</i>	<i>alvei</i> 1
		<i>Klebsiella</i>	<i>pneumoniae</i> 3
			<i>oxytoca</i> 1
			<i>marcescens</i> 3
		<i>Serratia</i>	<i>liquefaciens</i> 1
			<i>odorifera</i> 1

**3 항생제 내성양상**

분리된 내성균의 표현형(phenotype) 항균제내성 양상은 Table 2와 같다. 총 16주 중 8주가 한가지 약제에 내성을 나타내었고, 나머지 8주가 두가지 약제에 내성을 나타내었다. 단일약제 내성균주의 경우 1주가 Tetracycline에 내성을 나타내었고, 7주가 Ampicillin에 내성을 나타내었다. 두 가지 약제 내성균의 경우 7주가 Ampicillin과 Tetracycline에 복합 내성을 나타내었고, 1주의 경우 Tetracycline과 Chloroamphenicol에 복합내성을 나타내었다. 그러나 균종에 따른 약제내성 양상의 상관성은 나타나지 않았다. 본 연구에서 분리된 8주의 2약제 내성균 중 7주가 Ampicillin과 Tetracycline에 내성을 나타내었고, Trimethoprim/

Sulfamethoxazole(SXT)약제에 내성을 나타내는 균종은 분리되지는 않았다.

**Table 2. The resistance patterns of 16 strains isolated from unchlorinated drinking water samples in northern Gyeongbuk area.**

Strain	Month isolated	Name of strain	Resistance (phenotype)
C1-2	May 2007	<i>Citrobacter freundii</i>	Te, C
M1-2	May 2007	<i>Citrobacter braakii</i>	Am
M1-4	May 2007	<i>Serratia marcescens</i>	Am, Te
M1-5	June 2007	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Am, Te
M1-7	June 2007	<i>Enterobacter cloacae</i>	Am
S1-2	July 2007	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Am
S1-2	Aug. 2007	<i>Serratia marcescens</i>	Am, Te
S1-4	Aug. 2007	<i>Hafania alvei</i>	Am, Te
U1-2	Aug. 2007	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Am, Te
A1-2	Aug. 2007	<i>Serratia liquefaciens</i>	Am
Y1-2	July 2007	<i>Serratia marcescens</i>	Am, Te
B1-2	Aug. 2007	<i>Klebsiella oxytoca</i>	Am, Te
Y1-3	Sept. 2007	<i>Escherichae coli</i>	Am
B2-3	Sept. 2007	<i>Serratia odorifera</i>	Am,
Y2-3	Oct. 2007	<i>Escherichae coli</i>	Te
W2-3	Nov. 2007	<i>Enterobacter aerogenes</i>	Am

**4 항균제별 최소생육억제농도**

분리된 내성균을 대상으로 Ampicillin, Chloroamphenicol 및 Tetracycline 약제에 대하여 최소생육억제농도를 조사한 결과는 Table 3과 같다.

*Citrobacter braakii* 외 13주가 내성을 나타낸 Ampicillin 약제의 경우 최소생육억제농도는 최소 12 $\mu$ g/ml부터 최대 32 $\mu$ g/ml으로 나타났으며, 대부분의 균주의 최소생육억제농도가 16 $\mu$ g/ml로 나타났다. Chloroamphenicol의 최소생육억제농도는 *Citrobacter freundii* 1주가 128 $\mu$ g/ml로 나타났으며, *Citrobacter freundii* 외 8주가 내성을 나타낸 Tetracycline 약제의 경우, 32 $\mu$ g/ml부터 128 $\mu$ g/ml로 나타났다.

**Table 3. The MC of 16 strains isolated from drinking water in northern Gyeongbuk area.**

No.	Strain	Resistance (phenotype)	MIC ( $\mu\text{g}/\text{ml}$ )
C1-2	<i>Citrobacter freundii</i>	Te	$\leq 128$
		C	$\leq 64$
M1-2	<i>Citrobacter braakii</i>	Am	$\leq 12$
M1-4	<i>Serratia marcescens</i>	Am	$\leq 16$
		Te	$\leq 96$
M1-5	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Am	$\leq 16$
		Te	$\leq 96$
M1-7	<i>Enterobacter cloacae</i>	Am	$\leq 16$
S1-2	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Am	$\leq 32$
		Am	$\leq 16$
S1-2	<i>Serratia marcescens</i>	Te	$\leq 48$
		Am	$\leq 16$
S1-4	<i>Hafania alvei</i>	Te	$\leq 48$
		Am	$\leq 32$
U1-2	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Te	$\leq 32$
		Am	$\leq 16$
Y1-2	<i>Serratia marcescens</i>	Am	$\leq 32$
		Te	$\leq 64$
B1-2	<i>Klebsiella oxytoca</i>	Am	$\leq 16$
		Te	$\leq 64$
Y1-3	<i>Escherichae coli</i>	Am	$\leq 32$
B2-3	<i>Serratia odorifera</i>	Am	$\leq 32$
Y2-3	<i>Escherichae coli</i>	Te	$\leq 48$
W2-3	<i>Enterobacter aerogenes</i>	Am	$\leq 16$

**5 염소 농도별 접촉시간에 따른 감수성**

항균제내성균속 및 종을 대상으로 *Citrobacter* sp., *Serratia* sp., *Klebsiella* sp. 및 *Enterobacter* sp., 등 4속(屬)과 *Hafania alvei* 1종 과 *Escherichae coli* 2종(種)을 대상으로 초기 염소농도별 접촉시간에 따른 내성균의 감수성을 조사하였다(Table 4, Table 5, Table 6, Table 7, Table 8).

Table 4의 경우 Ampicillin, Chloramphenicol 및 Tetracycline 약제에 내성을 나타낸 *Citrobacter* 속(屬)을 대상으로 초기 염소농도별 접촉시간에 따른 감수성을 나타낸 것이다. 염소농도 0.2mg/l에서 10분경과 후에 14cfu/ml가 생존하는 것으로 나타났으며, 동일농도에서 30분경과 후에는 완전히 사멸되는 것으로 나타났다. 그리고 염소농도 0.4mg/l에서는 10분경과 후에도 완전 사멸되는 것으로 나타났다.

**Table 4. The susceptibility of *Citrobacter* sp. by chlorine**

Conc. of chlorine (mg/l)	Elapsed time						
	0	0.2	0.4	0.6	1.0	2.0	4.0
0	210,000	1,200	20	2	0	0	0
10min.	200,000	14	0	0	0	0	0
30min.	190,000	0	0	0	0	0	0
1hr	200,000	0	0	0	0	0	0
2hr	190,000	0	0	0	0	0	0
3hr	190,000	0	0	0	0	0	0
5hr	180,000	0	0	0	0	0	0
7hr	180,000	0	0	0	0	0	0
10hr	190,000	0	0	0	0	0	0

Table 5는 Ampicillin과 Tetracycline약제에 내성을 나타내는 *Serratia*속을 대상으로 초기 염소농도별 접촉시간에 따른 감수성 조사결과를 나타낸 것으로, 초기 염소농도 0.2mg/l에서 10분경과 후에 8cfu/ml 생존하였으며, 30분경과 후에는 완전히 사멸되는 것으로 나타났다. 그리고 초기 염소농도 0.4mg/l에서는 10분경과 후에 완전 사멸되는 것으로 나타났다.

**Table 5. The susceptibility of *Serratia* sp. by chlorine.**

Conc. of chlorine (mg/l)	Elapsed time						
	0	0.2	0.4	0.6	1.0	2.0	4.0
0	290,000	1,000	52	34	0	0	0
10min.	270,000	8	0	0	0	0	0
30min.	270,000	0	0	0	0	0	0
1hr	260,000	0	0	0	0	0	0
2hr	270,000	0	0	0	0	0	0
3hr	260,000	0	0	0	0	0	0
5hr	260,000	0	0	0	0	0	0
7hr	260,000	0	0	0	0	0	0
10hr	220,000	0	0	0	0	0	0

Table 6은 Ampicillin과 Tetracycline약제에 내성을 나타내는 *Klebsiella* 속을 대상으로 초기 염소농도별 접촉시간에 따른 감수성 조사결과를 나타낸 것이다. 초기 염소농도 0.2mg/l에서 10분경과 후에 22cfu/ml가 생존하였고, 30분경과 후에는 2cfu/ml가 생존하

는 것으로 나타났으며, 1시간 경과 후에는 완전히 사멸되는 것으로 나타났다. 그리고 초기 염소농도 0.4mg/l 에서는 10분경과 후에 완전 사멸되었다.

**Table 6. The susceptibility of *Klebsiella* sp by chlorine.**

Conc. of chlorine (mg/l)	0	0.2	0.4	0.6	1	2	4
Elapsed time							
0	270,000	1,100	52	19	0	0	0
10min.	250,000	22	0	0	0	0	0
30min.	260,000	2	0	0	0	0	0
1hr	230,000	0	0	0	0	0	0
2hr	220,000	0	0	0	0	0	0
3hr	220,000	0	0	0	0	0	0
5hr	230,000	0	0	0	0	0	0
7hr	230,000	0	0	0	0	0	0
10hr	210,000	0	0	0	0	0	0

Table 7은 Ampicillin과 Tetracycline에 내성을 나타내는 *Enterobacter* 속을 대상으로 초기 염소농도와 접촉시간에 따른 감수성 조사 결과를 나타낸 것으로, 초기 염소 0.2mg/l 에서 10분경과 후에 13cfu/ml가 생존하였으며, 30분경과 후에 완전히 사멸되는 것으로 나타났다. 그리고 초기염소농도 0.4mg/l 에서는 10분경과 후에 완전 사멸되었다.

**Table 7. The susceptibility of *Enterobacter* sp by chlorine**

Conc. of chlorine (mg/l)	0	0.2	0.4	0.6	1.0	2.0	4.0
Elapsed time							
0	210,000	200	18	0	0	0	0
10min.	190,000	13	0	0	0	0	0
30min.	190,000	0	0	0	0	0	0
1hr	190,000	0	0	0	0	0	0
2hr	200,000	0	0	0	0	0	0
3hr	200,000	0	0	0	0	0	0
5hr	190,000	0	0	0	0	0	0
7hr	200,000	0	0	0	0	0	0
10hr	200,000	0	0	0	0	0	0

Table 8은 Ampicillin과 Tetracycline약제에 내성을 나타내는 *Escherichae coli* 와 *Hafania alvei* 대상으로 초기 염소농도와 접

촉시간에 따른 감수성 조사결과를 나타낸 것으로, 초기 염소농도 0.2mg/l 에서 10분경과 후에 *Escherichae coli* 와 *Hafania alvei* (자료 미 제시) 모두 완전히 사멸되는 것으로 나타났다.

**Table 8 The susceptibility of *Escherichae coli* and *Hafania alvei* by chlorine**

Conc. of chlorine (mg/l)	0	0.2	0.4	0.6	1.0	2.0	4.0
Elapsed time							
0	260,000	89	33	0	0	0	0
10min.	260,000	0	0	0	0	0	0
30min.	230,000	0	0	0	0	0	0
1hr	230,000	0	0	0	0	0	0
2hr	220,000	0	0	0	0	0	0
3hr	230,000	0	0	0	0	0	0
5hr	220,000	0	0	0	0	0	0
7hr	210,000	0	0	0	0	0	0
10hr	190,000	0	0	0	0	0	0

먹는물 중 항균제내성을 나타내는 균들은 특정 항생제 내성성질을 자연계로부터 획득한 것인지, 기존의 내성균으로부터 전달받은 것인지는 알 수 없지만 자연계에서 높은 빈도로 분리되고 있다. 그리고 이러한 항생제 내성을 나타내는 균들에 의한 먹는물의 오염기회가 상존하며, 특히 동물분변 유래의 항생제내성 대장균에 의한 오염의 빈도는 매우 높다. 따라서 소독제를 이용한 오염균의 완전한 제거가 안전한 먹는물 공급을 위해서는 필수적인 요소이다. 본 연구의 결과로 볼 때, 먹는물 정수처리 시 가장 많이 이용되는 염소소독의 경우, 초기 염소농도를 반드시 0.4mg/l 이상을 유지할 것과 접촉시간은 30분 이상부터 1시간정도 반드시 유지 되어야 한다는 것을 알 수 있다. 실제 소규모 마을상수의 경우 집수조에서 가정 수도꼭지까지 수도관로가 길지 않아, 염소 접촉시간이 충분하지 않을 것으로 예상된다. 집수조에서 초기 염소농도가 0.4mg/l 이상으로 처리되고, 염소 투입 후 1시간 이상의 접촉시간이 필요하여, 가정수도꼭지에서의 염소농도가 0.2mg/l 이상 유지되

도록 하여야 항균제내성 대장균군이 사멸된 안전한 먹는물을 확보할 수 있을 것으로 생각된다.

#### IV. 결 론

2007년 4월부터 11월까지 경상북도 북부 권역 소재 마을상수 중 염소소독제가 검출되지 않는 먹는물을 대상으로 대장균군, 항균제내성 대장균군의 내성양상, 최소생육억제농도 및 염소농도별 접촉시간에 따른 감수성을 조사하였다.

1. 165건의 시료 중에서 21(13%)건의 시료에서 총대장균군이 검출되었고, 분원성대장균은 9건(5.5%)이 검출되었다.
2. 항생제내성 대장균군 검출률은 9.7%(165/16)로 나타났으며, 균종별 분포는 *Citrobacter*속 2종 2주, *Enterobacter*속 2종 2주, *Klebsiella*속 2종 4주, *Serratia* 3종 5주 *Escherichae coli* 2주, *Hafania alvei* 1주 등 총 16주 로 나타났다.
3. 항균제 내성양상은 총 16주 중 8주가 한 가지 약제에 내성을 나타내었고, 나머지 8주가 두 가지 약제에 내성을 나타내었다. 단일약제 내성균주의 경우 1주가 Tetracycline 약제에 내성을 나타내었고, 7주가 Ampicillin 약제에 내성을 나타내었다. 두 가지 약제 내성균의 경우 7주가 Ampicillin과 Tetracycline 약제에 복합 내성을 나타내었고, 1주의 경

Microbiology, 39(1), 97-104, 1980.

3. Richmond, M.H. : Some environmental consequences of the use of antibiotics: or "what goes up must come down, J. Appl. Bacteriol., 35, 155-176, 1972.
4. Maarit, N., Mervi S., and Seppo, N.: Antibiotic resistance among different

우 Tetracycline과 Chloroamphenicol 약제에 복합내성을 나타내었다.

4. 약제별 최소생육억제 농도는 *Citrobacter braakii* 외 13주가 내성을 보인 Ampicillin의 경우, 최소 12 $\mu$ g/ml부터 최대 32 $\mu$ g/ml 이고, 대부분의 균주가 16 $\mu$ g/ml로 나타났다. Chloroamphenicol의 경우, *Citrobacter freundii* 1주가 128 $\mu$ g/ml 로 나타났으며, *Citrobacter freundii* 외 8주가 내성을 나타낸 Tetracycline의 경우, 최소 32 $\mu$ g/ml 부터 최대 128 $\mu$ g/ml 사이로 나타났다.
5. 분리된 내성균 모두가 초기 염소농도 0.2mg/l에서, 30분에서 1시간 접촉시간에서 모두 사멸되었으며, 초기염소농도 0.4mg/l의 경우, 10분 접촉시간에서 완전히 사멸되는 것으로 나타났다.

#### 참고문헌

1. Goodman, A.E., Hild, E., Marshall, K.C. and Hermansson M: Conjugative plasmid transfer between bacteria under simulated marine oligotrophic conditions, Applied and Environmental Microbiology, 59(4), 1035-1040, 1993.
2. Henry, W., Talbot, J.R., Deborah, K.Y., Martin WS and Ramon, JS : Antibiotic resistance and its transfer among clinical and nonclinical Klebsiella strains in botanical environments, Applied and Environmental Microbiology, 39(1), 97-104, 1980.
3. Richmond, M.H. : Some environmental consequences of the use of antibiotics: or "what goes up must come down, J. Appl. Bacteriol., 35, 155-176, 1972.
4. Maarit, N., Mervi S., and Seppo, N.: Antibiotic resistance among different species of fecal coliforms isolated from water samples, Applied and Environmental Microbiology, 45(1), 79-83, 1980.
5. Moubareck, C., Bourgeois, N., Courvalin, P., and Doucet-Populaire, F.: Multiple antibiotic resistance gene transfer from animal to human enterococci in the

- digestive tract of gnotobiotic mice, *Applied and Environmental Microbiology*, 47(9), 2993-2996, 2003.
6. Roe, M.T. and Pillai, S.D. :Monitoring and identifying antibiotic resistance mechanisms in bacteria, *Poultry science*, 82, 622-626, 2003.
  7. Martinez J.L. and Baquero, F. :Mutation frequencies and antibiotic resistance, *Antimicrobe. Agents Chemother.*, 44, 1771-1777, 2000.
  8. Barton, M.D. : Does the use of antibiotics in animals affect human health?, *Australian veterinary journal*, 76(3), 1998.
  9. Mitchell, M.J., and Yee. A.J. : Antibiotic use in animals and transfer of drug resistance to human: should we stop treating animals with these drug?, *Dairy Food Environment sanitation*, 15, 484-487, 1995.
  10. John, L.A., Debbie S.S., Jon, J.C., and Ramon, J.S. : Antibiotic-resistance bacteria in drinking water, *Applied and Environmental Microbiology*, 42(2), 277-283, 1981.
  11. Lamka, K.G., LeChevallier M.W., and Seidler, R.J. : Bacterial contamination of drinking water supplies in a modern rural neighborhood, *Applied and Environmental Microbiology*, 39, 734-738, 1980.
  12. 정규선, 이연태, 표석연 : 가축 및 하천에서 분리한 대장균의 항균제내성, *약학회지*, 제33권 제2호, 73-79, 1989.
  13. 배명숙, 최강국, 박석환 : 금강호의 항생제 내성세균의 분포 및 동정, *한국생태학회지*, 제 27권 제5호, 283-289, 2004.
  14. 경상북도 : 경상북도통계연보, 307-308, 2006.
  15. 환경부 : 먹는물수질공정시험방법, 405-450, 2007.
  16. Ewing, W.H: *Edward and Ewing's Identification of Enterobacteriaceae*, 4th Edition, Elsevier Science publishing Co., NewYork, 461-476, 1986.
  17. National Committee Clinical Laboratory Standards: *Performance standards for antimicrobial disk susceptibility tests*, 6th Edition, Approved Standard NCCLS document M2-A6, 1997.
  18. Ridgway, H.F. and Olson, B.H. : Chlorine resistance pattern of bacteria from two drinking water distribution systems, *Applied and Environmental Microbiology*, 44(4), 972-987, 1982.