

Evaluation of Microbiological Contamination of Water Purifiers at Two Universities in Chungcheong Region

Jin Young Yun^{†,*}

Department of Clinical Laboratory Science, Chungbuk Health & Science University, Cheongju 28150, Korea

The purpose of this study is to investigate microbial contamination in water purifiers from two universities (A and B) in Chungcheong region and to evaluate about the harmfulness of the isolated bacteria to the human. The degree of microbiological contamination of six water purifiers at university A was investigated three times from July 2018 to September 2019, and nine water purifiers at university B were investigated in 2023. The isolated bacteria were biochemically identified using an API kit and Vitek-2 system, and then the bacteria were identified to the species level using MALDI-TOF MS. In addition, the possibility of human infection of the isolated bacteria was evaluated through a literature search. In July 2018 and September 2019, the number of bacteria isolated inside the faucet was below the acceptable standard for hot water, but exceed for cold water in all water purifiers. In January and September 2019, bacteria exceeding the acceptable standards were isolated nine times from the cold water of six water purifies (a total of 12 water purifiers). Bacteria identified by MALDI-TOF MS included anaerobic bacteria (*Clostridium novyi*, *Clostridium themopalmarium* etc.), Gram-positive bacilli (*Microbacterium testaceum*, *Arthrobacter woluwensis* etc.), and Gram-negative bacilli (*Acinetobacter nosocomialis*, *Comamonas kerstersii* etc.), which are difficult identify by biochemical methods. In conclusion, bacteria exceeding the acceptable standard were isolated from the cold water of most of the water purifiers. Most of the isolated bacteria were low-pathogenic bacteria from natural environment, but opportunistic bacteria that can cause infection in humans were also isolated from some water purifiers.

Key Words: Water purifier, Microbial Contamination, Identification, Pathogenic bacteria

서 론

정수기 사용의 증가와 관리 소홀로 인하여 미생물 오염 문제가 증가되고 있으며, 특히 정수기 청소 및 필터 교환 주기, 사용 빈도 및 사용량 등에 따라 정수기 물에서 미생물 증식이 초래될 수 있어 이에 대한 공중보건학적 문제가 야기되고 있다(Kim et al., 2003; Won et al., 2010). 정수기는 먹는 물 관리법에 따라 관리되고 있지만 미생물 검사에 대한 규정은 없어 정수기 관리회사에 위탁하

여 관리되고 있다. 정수기는 주기적으로 청소되고 있지만 미생물 오염은 다양한 외부 환경과 관련이 있으므로 미생물 오염에 취약한 환경이라고 볼 수 있다(Ministry of Environment, 2019).

2011~2012년 동안 질병관리본부에서 조사된 국내 수인성 식품매개질환의 집단발생현황에서 병원성대장균에 의한 수인성 식품매개질환의 발생건수가 70건으로 전체의 24.1%를 차지하였다. 먹는 물 수질검사 항목 중 일반 세균으로 측정되는 세균의 일부는 기회감염 병원체일 가능성이 있다. 이러한 환경에서 증식한 세균들은 공중보

Received: November 13, 2023 / Revised: November 23, 2023 / Accepted: November 23, 2023

*Professor.

[†]Corresponding author: Jin Young Yun. Department of Clinical Laboratory Science, Chungbuk Health & Science University, Cheongju 28150, Korea. Tel: +82-43-210-8311, Fax: +82-43-210-8340, e-mail: uio43@chsu.ac.kr

©The Korean Society for Biomedical Laboratory Sciences. All rights reserved.

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

건학적 관점에서 매우 중요하기 때문에 정수기의 온수와 냉수에 대한 미생물학적 수질검사에 대한 다양한 연구가 이루어졌다(Burlingame et al., 1984; Armas and Sutherland, 1999).

그러나 정수기의 온수(hot water), 냉수(cold water)와 수도꼭지 내부로 분류하여 미생물 오염에 대한 연구는 거의 없다. 이에 본 연구에서는 일개 대학에 설치된 정수기의 미생물 오염 상태와 세균학적 특성을 비교하였으며 정수기 수도꼭지 내부에서의 오염이 음용수에도 영향을 미칠 수 있는지에 대해서도 조사하였다. 또한 일개 대학에서의 정수기 미생물 분포 비교를 통해 두 대학의 정수기에서 공통적으로 관찰되는 미생물에 대한 검출 원인을 파악하였다. 이러한 조사를 토대로 향후 정수기 관리에 필요한 위생 상태와 안전성을 확보하고 정수기에 의한 미생물 감염을 예방할 수 있는 방안을 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

연구대상

2018년부터 2019년까지 3회에 걸쳐 A 대학의 6개 정수기 온수와 냉수의 수도꼭지 내부에서 면봉을 이용하여 검체를 채취하여 배지에 접종하였고, 일부에서는 흐르는 물을 직접 채취하여 배지당 1 mL씩 배양하였다. 이후 2023년 B대학의 정수기와 비교하기 위해 검체를 채취하여 배양하였다.

미생물의 배양 및 세균의 확인

수도꼭지의 내부에서 면봉으로 채취한 검체는 혈액천 배지(Blood agar plate, BAP)와 MacConkey 배지에 접종하였으며 48시간 동안 배양한 후 자란 집락 수를 관찰하였다. 검체의 균주는 배지에 형성된 집락 수를 기준으로 하였다(Colony forming unit/plate, CFU/P). 정수기의 흐르는 물에서 채취한 검체 1 mL를 BAP와 MacConkey 배지에 분주 후 배지를 48시간 동안 배양한 후 자란 균 집락 수를 관찰하였다. 균수는 mL 당 자란 집락 수로 하였다(CFU/mL). 균 확인을 위해 배지에서 자란 집락을 API kit (bioMérieux, Marcy l'Etoile, France), VITKE II compact system (bioMérieux, Marcy l'Etoile, France), matrix assistant laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry (MALDI-TOF MS, Bruker, Daltonic, Bremen, Germany)를 이용하여 균을 확인하였다. 2018년 7월 및 2019년 1월에 분리된 세균을 그람염색하여 양성 세균과 음성 세균으로 분리한 후

그람양성균은 API Staph, API 20Strep, API Coryne로, 음성균은 API 20E 및 API NE로 잠정적으로 확인하였다. 균명이 확인되지 않은 세균은 VITEK II compact system를 이용하였다. 2019년 9월 및 2023년 9월에 분리된 세균의 확인은 MALDI-TOF MS 장비를 이용하였으며 MALDI-Biotyper 2.0 software (Bruker, Daltonic, Bremen, Germany)를 통해 확인하였다. MALDI-Biotyper는 결과치가 2.0 이상일 경우 종(species) 단계까지, 2.0~1.7까지는 속(genus) 단계까지, 1.7 미만일 경우 신뢰성이 없는 것으로 간주하였다. 분리된 균은 Pubmed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>) 문헌 검색을 통해 인체에서 감염 사례가 있었는지 등을 조사하였다.

결 과

정수기 수도꼭지 내부 및 물에서 분리된 세균 수

2018년 7월과 2019년 9월에 A대학에 설치되어 있는 6개의 정수기 온수와 냉수의 수도꼭지 내부를 면봉 면봉으로 문질러서 검출된 세균의 수는 Table 1과 같다. 6개 정수기 온수 수도꼭지 내부의 평균 세균 수는 각각 8.83

Table 1. Number of microorganisms isolated from the hot and cold faucets of six water purifiers in 2018 and 2019 years

Water purifiers	Gram reaction	Number of microorganisms /Plate			
		JUL 2018		SEP 2019	
		H	C	H	C
A	GP	32	614	0	134
	GN	0	0	0	96
B	GP	0	886	0	252
	GN	0	1	0	251
C	GP	0	385	0	0
	GN	0	497	0	448
D	GP	0	761	0	0
	GN	0	0	0	321
E	GP	12	718	0	346
	GN	0	629	0	372
F	GP	9	43	0	119
	GN	0	525	0	0
Total		53	5,059	0	2,339
Mean		8.83	843.0	0	389.83

Abbreviations: JUL, July; SEP, September; GP, gram positive; GN, gram negative; H, hot water; C, cold water
Range and mean of temperature of cold and hot water was 5.37°C (4~9°C) and 76°C (70~81°C)

(0~32)와 0 (0) CFUs/Plate의 범위였으며, 냉수 수도꼭지 내부의 평균 세균 수는 943.0 (0~886)와 389.83 (0~448) CFUs/Plate였다(Table 1).

2019년 1월과 9월에 A대학에 설치되어 있는 6개 정수기의 흐르는 온수와 냉수에서 받은 물에서 배양한 세균의 수는 Table 2와 같다. 각 6개 정수기 온수에서 검출된 평균 세균 수는 0 CFU/mL와 0.17 (0~1) CFUs/mL의 범위였으며, 냉수에서는 평균 219.33 (0~320) CFUs/mL와 173.5 (0~387) CFU/mL의 세균이 분리되었다(Table 2). 6개 정수기를 1년에 각각 2회 측정하였을 때(냉수 12회) 9회에서 먹는 물 수질 기준(일반 세균 허용 기준: 100개 이하/1 mL)을 초과하는 일반 세균 수가 분리되었다.

2023년 9월 B대학의 9개의 정수기의 수도꼭지 내부와 흐르는 물에서 분리된 일반세균의 수는 Table 3과 같다. 온수에서는 내부 및 흐르는 물에서 0 CFU/Plate와 2.56 CFU/mL의 일반 세균이 분리되었으나 냉수의 경우 내부와 흐르는 물에서 91.44 (0~274) CFU/Plate와 50.22 (0~158) CFU/mL의 일반세균이 분리되었다(Table 3). 온수에서는 10개 미만의 일반 세균이 분리되었으나 냉수에서는 2개의 정수기에서 먹는 물 수질 기준을 초과하는 이반

Table 2. Number of microorganisms isolated from the hot and cold water of six water purifiers in January and September 2019 year

Water purifiers	Gram reaction	Number of microorganisms/mL			
		JAN 2019		SEP 2019	
		H	C	H	C
A	GP	0	20	0	0
	GN	0	256	0	89
B	GP	0	320	1	0
	GN	0	0	0	164
C	GP	0	272	0	0
	GN	0	169	0	387
D	GP	0	88	0	0
	GN	0	0	0	218
E	GP	0	0	0	0
	GN	0	0	0	183
F	GP	0	191	0	0
	GN	0	0	0	0
Total		0	1,316	0	1,041
Mean		0	219.33	0.17	173.50

Abbreviations: JAN, January; SEP, September; GP, gram positive; GN, gram negative; H, hot water; C, cold water
Range and mean of temperature of cold and hot water was 5.37°C (4~9°C) and 76°C (70~81°C)

세균 수가 분리되었다.

정수기에서 분리된 세균의 확인

2018년 1월 정수기에서 분리된 균을 API kit를 이용하여 확인하였을 때 그람양성균은 *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Bacillus* spp., coagulase negative Staphylococci (CNS), *Corynebacterium* spp., *Micrococcus* spp. 등 6종이 분리되었고, 그람음성균은 *Acinetobacter baumannii*, *Acinetobacter pittii*, *Brevundimonas aurantiaca*, glucose nonfermenting gram negative bacilli (GNFB), *Pantoea septica* 등 5종이 분리되었다(Table 4).

2019년 1월 정수기에서 분리된 균을 Vitek system으로 확인한 결과, 그람양성균은 *Bacillus cereus*, *Bacillus* spp., CNS, *Micrococcus* spp. 등 4종이 분리되었고, 그람음성균

Table 3. Number of microorganisms isolated from the faucets and water of nine water purifiers in September 2023 year

Water purifiers	Gram reaction	No of microorganisms/Plate		No of microorganisms/mL	
		FAUCET		WATER	
		H	C	H	C
G	GP	0	263	10	158
	GN	0	0	0	0
H	GP	0	40	5	8
	GN	0	0	0	0
I	GP	0	274	4	132
	GN	0	0	0	0
J	GP	0	23	4	6
	GN	0	0	0	0
K	GP	0	2	0	20
	GN	0	0	0	0
L	GP	0	0	0	10
	GN	0	0	0	0
M	GP	0	0	0	0
	GN	0	0	0	0
N	GP	0	0	0	0
	GN	0	0	0	0
O	GP	0	221	0	118
	GN	0	0	0	0
Total		0	823	23	452
Mean		0	91.44	2.56	50.22

Abbreviations: GP, gram positive; GN, gram negative; H, hot water; C, cold water

Table 4. Results of identification of isolates from six water purifiers in July 2018 and January 2019 by API kit and Vitek system

Water purifiers	Gram reaction	Identification of microorganisms	
		Jul 2018 by API kit	Jan 2019 by Vitek
Hot water	GP	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Bacillus cereus</i>	<i>Bacillus cereus</i>
	GN	ND	ND
Cold water	GP	<i>Arthrobacter</i> spp., <i>Bacillus</i> spp., coagulase negative Staphylococci, <i>Corynebacterium</i> spp., <i>Micrococcus</i> spp.	<i>Bacillus cereus</i> , <i>Bacillus</i> spp., coagulase negative Staphylococci, <i>Micrococcus</i> spp.
	GN	<i>Acinetobacter baumannii</i> , <i>Acinetobacter pittii</i> , <i>Brevundimonas aurantiaca</i> , GNFB, <i>Pantoea septica</i>	<i>Acinetobacter baumannii</i> , GNFB, <i>Proteus penneri</i> , <i>Roseomonas</i> spp., <i>Sphingomonas paucimobilis</i>

Abbreviations: GP, gram positive; GN, gram negative; ND, not detected; GNFB, gram negative nonfermenting bacilli

Table 5. Results of identification of isolates from water purifiers in September 2019 and September 2023 by MALDI-TOF MS

Water purifiers	Gram reaction	Identification of microorganisms	
		Sep 2019	Sep 2023
Hot water	GP	<i>Bacillus</i> spp.	<i>Bacillus</i> spp.
	GN	ND	<i>Moraxella</i> spp.
Cold water	GP	<i>Clostridium novyi</i> , <i>Clostridium thompsonii</i> , <i>Glutamicibacter bergerei</i> , <i>Microbacterium lacticum</i> , <i>Microbacterium testaceum</i> , <i>Pseudoarthrobacter polychromogenes</i> , <i>Staphylococcus warneri</i> , <i>Tsukamurella paurometabola</i>	<i>Arthrobacter woluwensis</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Bacillus infantis</i> , <i>Bacillus</i> spp., <i>Staphylococcus capitis</i> , <i>Staphylococcus warneri</i>
	GN	<i>Acidovorax temperans</i> , <i>Acinetobacter nosocomialis</i> , <i>Acinetobacter tandoii</i> , <i>Aquinoicola tertiarycarbonis</i> , <i>Brevundimonas aurantiaca</i> , <i>Brevundimonas albigilva</i> , <i>Comamonas kerstersii</i> , <i>Delftia acidovorans</i> , <i>Hydrogenophaga flava</i> , <i>Pseudomonas alcaligenes</i> , <i>Pseudomonas Mexicana</i> , <i>Spingomonas acrolata</i> , <i>Spingomonas panni</i>	<i>Brevundimonas aurantiaca</i> , <i>Comamonas testosteroni</i>

Abbreviations: GP, gram positive; GN, gram negative; ND, not detected

은 *Acinetobacter baumannii*, GNFB, *Proteus penneri*, *Roseomonas* spp., *Sphingomonas paucimobilis* 등 5종이 분리되었다(Table 4).

2019년 9월 및 2023년 9월에 분리된 균들은 생화학적 방법으로 확인이 어려운 균이 많기 때문에 이를 극복하기 위해 MALDI-TOF MS로 균의 확인을 시도하였다.

두 기관의 정수기 중 온수에서는 냉수보다 매우 적은 수의 균이 분리되었는데, 그람양성 간균인 *Bacillus* spp.가 두 기관의 온수 정수기에서 분리되었다. 대부분의 균은 냉수에서 분리되었으며, 두 기관에서 다양한 그람양성 및 음성균이 분리되었는데, *Bacillus* spp.와 *Staphylococcus warneri* (CNS) 정도만 유사하게 분리되었고, 서로 다른 다양한 균이 분리되었다(Table 5). 그람양성균은 생화적 방법으로 확인이 어려운 혐기성균(*Clostridium novyi*, *Clostridium*

thompsonii)과 그람양성 간균(*Microbacterium lacticum*, *Microbacterium testaceum*, *Pseudoarthrobacter polychromogenes*, *Tsukamurella paurometabola*, *Arthrobacter woluwensis*, *Bacillus infantis*)이 추가로 분리되었다. 그리고 그람음성균도 생화학적으로 확인이 어렵거나 천천히 자라는 그람음성간균(*Acidovorax temperans*, *Acinetobacter nosocomialis*, *Acinetobacter tandoii*, *Aquinoicola tertiarycarbonis*, *Brevundimonas aurantiaca*, *Brevundimonas albigilva*, *Comamonas kerstersii*, *Delftia acidovorans*, *Hydrogenophaga flava*, *Pseudomonas alcaligenes*, *P. Mexicana*, *Spingomonas acrolata*, *S. panni*)들이 분리되었다(Table 5). 이들 그람양성균과 음성균은 대부분 자연계의 토양과 물에서 분리되는 균으로 일부 균은 드물게 사람에서 감염을 일으키는 기회감염균들이 포함되어 있었다. 한편 *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Shigella*,

Yersinia 등 먹는 물 수질 기준에서 분리되어서는 안 되는 균은 분리되지 않았다.

고 찰

A대학의 6개 정수기에서 2년간 3회의 세균 배양을 하였으며 이후 B대학의 9개의 정수기에서 세균 배양을 하여 분리된 세균 수와 균을 확인하였다. 예상한 대로 온수보다 냉수에서 많은 세균이 분리되었으며, 수도꼭지 내부에서 흐르는 물보다 많은 세균이 분리되는 경향을 보였다. 온수에서는 먹는 물에서 일반 세균 수는 허용범위 이내였지만 냉수의 경우 대부분에서 허용범위를 초과한 세균이 분리되었다. 비교 대상인 타 대학에서도 빈도는 적지만 먹는 물 허용 기준을 초과하는 정수기가 있었다. 분리된 세균은 대부분 토양이나 자연환경의 물에서 존재하는 균들이었으나 일부 균들은 면역이 억제된 환자에서 감염을 일으킬 수 있는 균들도 분리되었다. 다양한 그람 양성 및 음성 세균이 분리되었는데, 일부 그람 양성 간균, 혐기성 세균 및 포도당 비발효 그람음성 간균의 경우에 생화학적 확인 방법으로는 확인에 한계가 있었으나 MALDI-TOF MS의 경우는 신뢰할 만한 수준으로 다양한 세균을 확인할 수 있었다.

2018년 7월과 2019년 9월 수도꼭지 내부를 면봉으로 채취하여 배양한 결과, 온수에서는 하나의 배지에서 32개 이하의 균이 자랐지만 냉수에서는 6개 정수기 모두에서 먹는 물 수질 기준을 초과하는 세균이 분리되었다(평균 843/Plate, 389/Plate) (Table 1). 즉 정수기의 냉수가 온수보다 검출된 세균 수가 더 높은 것을 확인할 수 있었으며 이는 온수에서의 세균 수는 평균 집락 수를 기준으로 냉수보다 적다는 선행 연구와 일치하였다(Lee, 2008). 이번 연구에서도 온수의 평균 온도는 76°C(범위: 70~81°C)였으며 균의 생존이 어려운 온도였다. 한편 7월에 분리된 균 수(843/HPC)가 9월에 분리된 균 수(389/HPC)보다 2배 이상이었는 데 이는 기온과 습도가 높아 세균의 증식에 더 좋은 환경을 제공하기 때문이라 생각된다(2018년 7월/2019년 9월 평균기온 및 강수량: 27.9°C(24~32°C)/22.5°C(18~26.8°C) 및 185.6 mm/139.8 mm). 따라서 기온이 높고 습도가 높은 여름철에 더욱 자주 수도꼭지를 관리해야 되며 온수보다 냉수의 수도꼭지를 더욱더 철저히 관리할 필요가 있다고 사료된다. 한편 2019년 1월(평균 기온 0°C(-4.8~5.7°C)과 9월의 비교에서는 차이가 거의 없으므로 기온과 습도의 차이뿐만 아니라 관리 주기 및 정도의 차

이도 분명 같이 존재할 것이다. 국내의 대부분 지방자치단체에서 먹는 물 수질의 일반세균 허용 기준은 물 1 mL 당 100개 이하의 세균이다[환경부 법령, 먹는 물 관리법 시행규칙 35조 및 먹는 물 수질 기준 및 검사 등에 관한 규칙]. 6개의 정수기에서 채취한 1 mL의 물을 직접 배지에 접종하여 배양한 결과 2019년 1월과 9월에 각각 6개의 정수기 중 4개의 정수기에서 기준을 초과하는 세균이 분리되었다(Table 2). 그리고 온수에서는 균이 자라지 않았고 냉수에서 기준을 초과하였다. 2023년 관리 상태가 다른 기관의 정수기와 비교하고 위해 B대학의 정수기를 검사하였는데 9개의 정수기 중 3개에서 기준을 초과하였다(Table 3). 정수기에서 분리된 세균 수도 감소하였는데 이는 두 기관 사이의 정수기 관리 주기 및 정도가 차이가 있기 때문이라 생각된다. 요약하면 분리된 세균은 온수보다 냉수에서 그리고 흐르는 물보다 수도꼭지 내부 세균이 있는 경우가 많았으며, 기온과 습도가 높은 여름철에 더 많은 세균이 분리되는 경향을 보였다. 그리고 정수기 수도꼭지 관리 정도에 따라 분리되는 세균 수도 차이를 보였다. 한편 정수기 사용 기간이 많이 지난 방학 후 검체를 채취한 것이 세균 수 증가의 원인이 될 수는 있지만(Heo, 2012; Seo et al., 2009)가 있어 이번 실험은 정수기 내의 물보다 수도꼭지에 묻어 있는 균을 검출하였기 때문에 가능성은 떨어질 것이다.

정수기에서 분리된 균은 시간에 따라 초기 실험(2018년 및 2019년 1월)에서는 생화학적 방법(API kit와 Vitek system)을 이용하였으나 균 확인의 한계가 있어 2019년 9월 이후에는 MALDI-TOF MS 방법으로 균명을 확인하였다. 2018년 API kit로 확인하였을 때 7종의 그람 양성 균과 5종의 그람 음성균이 확인되었으며 이중 5종이 속 수준(genus level)에서만 확인되었다. 그리고 2019년 Vitek-2 system으로 확인한 결과 4종의 그람 양성균과 5종의 그람 음성균이 확인되었는데 이중 5종이 속 수준(genus level)에서만 확인되었다(Table 4). 이 기간 동안 분리된 균 중 특이할 만한 사항은 대부분의 균은 자연환경에 존재하는 병원성이 낮은 세균이었으나 *Staphylococcus aureus* (Kwiecinski and Horswill, 2020) 및 *Acinetobacter baumannii* (Dijkshoorn et al., 2007)와 같이 병원성이 높고 사람에게서 감염을 일으킬 수 있는 세균들도 분리되었다.

생화학적 확인 방법으로는 자연환경에서 주로 분리되는 다양한 세균을 확인하는데 한계가 있어 2019년 9월부터 레이저로 세균의 단백질 등 bio-molecule을 soft ionization하여 조각난 mass를 질량 분석기로 검출하여 균마

다 발생하는 독특한 질량 스펙트럼(mass spectrum)을 기존의 참고 균주의 스펙트럼과 비교하여 균을 확인하는 MALDI-TOF MS로 세균을 확인하였다(Croxatto et al., 2012). 확인 결과 2019년에는 10종의 그람양성균과 13종의 그람 음성균을 종 수준(species level)까지 확인할 수 있었으며, 2023년에는 7종의 그람양성균과 2종의 그람음성균을 확인할 수 있었다(Table 5). MALDI-TOF MS는 세균의 종 수준까지 정확하게 알 수 있으므로 2019년 및 2023년의 정수기 물에서 오염된 세균들이 인체 내에서 감염을 일으킨 예 및 문헌을 정보 검색(Pubmed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>)을 통해 알아보았다. 대부분이 균은 토양이나 지표수와 같은 자연환경에서 분리되는 병원성이 낮은 세균이었으나 일부의 균은 면역이 감소한 사람에서 감염의 보고가 있었다. 그람양성균 중 인체 감염이 보고된 균종에는 *Microbacterium testaceum* (Gneiding et al., 2008), *Tsukamurella paurometabola* (Yamaguchi et al., 2023), *Arthrobacter woluwensis* (Kyeong et al., 2006) 등이 있었으며 그람 양성 혐기성 균 중 *Clostridium novyi*는 사람의 장내에 존재하는 세균으로 다양한 toxin을 생성할 수 있으며, 상처 감염, gas gangrene 등을 일으킬 수 있다고 보고되고 있다 (Watanabe et al., 2019). 그람음성 간균 중 인체 감염이 보고된 균종에는 *Acinetobacter nosocomialis* (Liu et al., 2017), *Acinetobacter tandoii* (Tian et al., 2018), *Brevundimonas aurantiaca* (Soto et al., 2022), *Comamonas kerstersii* (Opota et al., 2014), *Pseudomonas alcaligenes* (Ono et al., 2023) 등을 찾을 수 있었다.

결론적으로 본 연구는 2개 대학에 설치된 정수기의 미생물 오염 상태와 세균학적 특성을 보고자 하였다. 조사한 대부분의 정수기는 냉수 수도꼭지와 냉수에서 허용 기준치 이상의 일반 세균이 분리되었으며, 분리된 균은 대부분 자연환경에서 분리되는 병원성이 낮은 세균이었지만 사람에서 감염을 일으킬 수 있는 기회감염균도 일부 정수기에서 분리됨이 확인되었다. 따라서 정부 기관 또는 관련 기업에서는 정수기 소독 및 관리 그리고 감시에 대한 엄격한 법의 제정뿐만 아니라 적절한 소독 및 관리 방법에 대한 교육이 필요하며, 정수기 사용 기관에서는 추가적인 수도꼭지의 주기적인 소독 및 건조 상태를 유지해야 할 것으로 판단된다.

ACKNOWLEDGEMENT

None.

CONFLICT OF INTEREST

The author declare no conflict of interest

REFERENCES

- Armas AB, Sutherland JP. A survey of the microbiological quality of bottled water sold in the UK and changes occurring during storage. *Int J Food Microbiol.* 1999. 48: 59-65.
- Burlingame GA, McElhane J, Bennett M, Pipes WO. Bacterial interference with coliform colony sheen production on membrane filters. *Appl Environ Microbiol.* 1984. 47: 56-60.
- Croxatto A, Prod'hom G, Greub G. Application of MALDI-TOF mass spectrometry in clinical diagnostic microbiology. *FEMS Microbiol Rev.* 2012. 36: 380-407.
- Dijkshoorn L, Nemec A, Seifert H. An increasing trend in hospital: multidrug-resistant *Acinetobacter baumannii*. *Nat Rev Microbiol.* 2007. 5: 939-951.
- Gneiding K, Frodl R, Funke G. Identities of *Microbacterium* spp. encountered in human clinical specimens. *J Clin Microbiol.* 2008. 46: 3646-3652.
- Heo JR. Study on the tap water drinking promotion with analysis of current status in Seoul citizen and middle-high school students. Doctoral dissertation. Graduate School of Ewha Womans University. 2012.
- Kim EA, Kim JS, Choi LW, Kim SH, Choi PG, et al. A study on the effective use of home water purifiers. *Gyeonggi-do Provincial Institute of Health and Environment Journal.* 2003. 16: 93-101.
- Kwiecinski JM, Horswill AR. *Staphylococcus aureus* bloodstream infections: pathogenesis and regulatory mechanisms. *Curr Opin Microbiol.* 2020. 53: 51-60.
- Lee EH. Distribution and Characteristics of Microorganisms in Drinking Water Coolers/Heaters. Master's thesis. Ulsan University Graduate School of Education. 2008.
- Liu YM, Lee YT, Kuo SC, Chen TL, Liu CP, Liu CE. Comparison between bacteremia caused by *Acinetobacter pittii* and *Acinetobacter nosocomialis*. *J Microbiol Immunol Infect.* 2017. 50: 62-67.
- Ministry of Environment. Water Quality Standards for Drinking Water. 2019. http://www.me.go.kr/home/web/policy_data/read.do?menuId=10264&seq=7351
- Ono E, Tohya M, Tada T, et al. Emergence of carbapenem-resistant *Pseudomonas alcaligenes* and *Pseudomonas paracaligenes* clinical isolates with plasmids harboring bla IMP-1 in Japan.

- J Med Microbiol. 2023.72. Doi:10.1099/jmm.0.001684.
- Opota O, Ney B, Zanetti G, et al., Bacteremia caused by *Comamonas kerstersii* in a patient with diverticulitis. J Clin Microbiol. 2014. 52: 1009-1012.
- Seo LJ, Park SH, Lee KH. Microbiological water quality of water purifiers at elementary school in Gunsan area. Korean J Microbiol. 2009. 44: 74-81.
- Soto JEDV, Parra JC, López CEM, et al. First report of *Brevundimonas aurantiaca* human infection: infective endocarditis on aortic bioprostheses and supracoronary aortic graft acquired by water dispenser of domestic refrigerator. Int J Infect Dis. 2022. 122: 8-9
- Tian J, Zhang G, Ju Y, et al. Five novel carbapenem hydrolysis OXA-type b-lactam groups are intrinsic in *Acinetobacter* spp. I Antimicrob Chemother. 2018. 73: 3279-3284.
- Watanabe N, Kobayshi K, Hashikia G, et al. Hepatic gas gangrene caused by *Clostridium novyi*. Anaerobe. 2019. 57: 90-92.
- Won JM, Lee JB, Kim TH, et al. Water quality status and management plan for school water supply facilities in Gyeonggi-do. Gyeonggi-do Provincial Institute of Health and Environment Journal. 2010. 23: 163-170.
- Yamaguchi T, Hayahi R, Hanaki R, et al. A pediatric case of by septic pulmonary embolism caused by *Tsukamerella paurometabola*. Intern Med. 2023. 62: 3069-3073.

<https://doi.org/10.15616/BSL.2023.29.4.256>

Cite this article as: Yun JY. Evaluation of Microbiological Contamination of Water Purifiers at Two Universities in Chungcheong Region. Biomedical Science Letters. 2023. 29: 256-262.