

정수기 성능평가장치를 이용한 가정용 정수기의 VOCs 용출특성 및 중금속 제거특성 연구

유재상 · 정건용 · 곽민욱 · 선일식* · 백선호*
서울산업대학교 에너지환경공학과, *한국화학시험연구원

Analyzed VOCs in Extractives from the Water Purifiers and Measured Heavy-metal Removal Rates of Water-Purifier Evaluation System

Jae-Sang Ryu, Kun-Yong Chung, Min-Wuk Kwak, Yle-Shik Sun*, and Seon-Ho Baek*

Dept. of Energy & Environment, Seoul National University of Technology 172,
gongreung 2-dong Nowon-gu, Seoul, 139-743 Korea

*Korea Testing and Research Institute for Chemical Industry 88, 8Ga, Youngdungpo-Dong,
Youngdungpo-Gu, Seoul, 150-038, Korea

This study developed a system for evaluating the performance of home water purifiers, and determined the leaching characteristic of 43 kinds of VOCs, which may leach out of water-purifier surface in contact with water, and measured heavy-metal removal rates, the basic indicator of the performance of water purifiers. In order to apply the water-purifier evaluation system, this study purchased three kinds of commercial reverse osmosis water purifiers for home use and another three kinds of ultrafiltration membrane water purifiers, and analyzed VOCs in extractives from the water purifiers and measured heavy-metal removal rates for Cu and Mn. According to the result, VOCs were not detected in extractives, and Cu and Mn were removed by over 90% in the reverse osmosis water purifiers, and Cu was removed by over 80% and Mn over 20% in the ultrafiltration membrane water purifiers.

Key words: R/O, UF, VOCs, 정수기, 성능평가장치

1. 서 론

국내의 정수기 산업은 80년대 후반부터 소규모업체를 중심으로 발전을 거듭하여 이제는 정수기가 생활필수품으로 인식될 정도로 그 보급이 확대되고 있으며 특히 다른 선진국가와 달리 유통 규모나 품질 면에서 다양한 형태로 산업발전에 크게 기여하고 있다. 초기의 국내 정수기 산업은 정부의 환경정책과 매우 민감한 관련이 있어 특수 업종으로 일반 산업과는 달리 제도적인 관리가 어려워 외국 기술을 거의 모방한 상태의 제품을 업체들이 특별한 검증절차 없이 시장에 유통함으로써 그 신뢰성에 있어 여러 가지 문제점을 가지고 출발을 하였으나 1998년 환경부에서 정수기 품질 검사 규정¹⁾을 제정하고 고시함으로써 제도적인 관리를 받는

합법적인 산업으로 발전하였다.²⁾

그러나 국내 정수기 산업이 세계적으로 인정받기에 부족한 점이 많으며 내수 시장 중심의 치열한 경쟁 속에서 아직도 유통질서가 안정되지 못하고 소비자가 완전히 신뢰할 수 있는 산업으로 정착하기에는 부족한 점이 많다.³⁾

본 연구에서는 가정용 정수기의 성능을 평가할 수 있는 시스템^{4,5)}을 개발하여 정수기의 물 접촉면에서 용출될 수 있는 VOCs의 용출특성과 성능의 기본이 되는 중금속의 제거율에 대하여 평가하였다.

2. 정수기 성능평가장치

2.1. 정수기 성능평가장치 구성도

[†]To whom correspondence should be addressed.

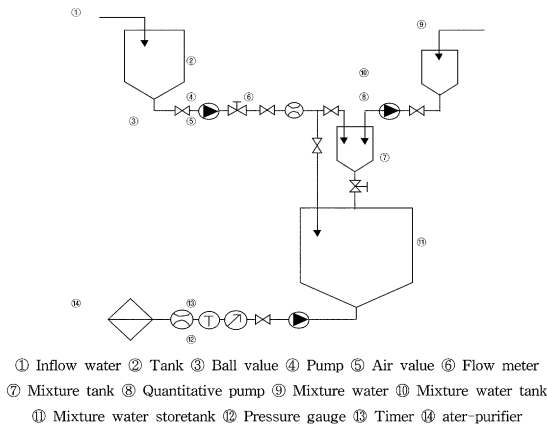


Fig. 1. Flow chart of water-purifier evaluation system.

2.2. 정수기 성능평가장치

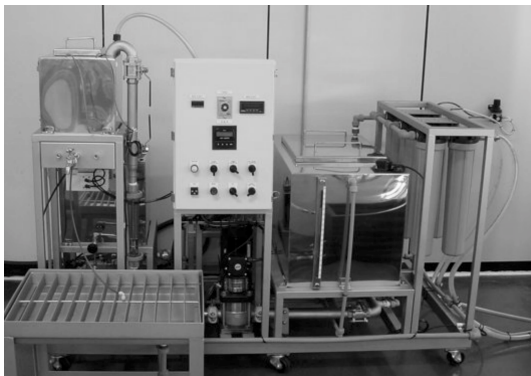


Fig. 2. water-purifier evaluation system.

3. 정수기 성능평가장치를 이용한 실험

3.1. 가정용 정수기의 VOCs 용출특성

정수기를 시험장치에 연결하고 유입수를 통과시켜 정수기에 가득 채우고 340 kPa(50 psig, 3.4 kgf/cm²)의 압력을 가한 후 24시간정지 후 2 L의 시료를 채취하고, 물을 버린 후 이전 조작을 2회 반복하여 6 L의 통과수를 분석시료로 하였다. 채취한 시료는 Purge & Trap, GC/MSD를 이용하여 분석⁶⁾하였고 분석조건은 Table 1과 같다.

3.2. 가정용 정수기의 Mn, Cu 제거특성

정수기를 시험장치에 연결하고 초기수압을 10±20 kPa(60±3 psig, 4.1 kgf/cm²)에서 최대작동유량으로 정수기의 적정유속으로 통과하도록 하여 16시간/day은 30

Table 1. Condition of analysis of Purge & Trap, GC/MSD

Kinds	Condition
Carrier gas	He (99.999%)
Column	HP-1 (60 m×0.32 mm id, 0.25 μm)
Oven Temp	40°C for 2min, 40 - 200°C at 5°C/min
Injection	Purge & Trap (Tekmar-Dohrmann, LSC 3100 Sample Concentrator)
Detector	GC/MSD
Trap	Tenax
Preheat	175°C, - Desorb : 180°C for 2min
Mass mode	SIM

Table 2. Test conditions water of chemical reduction.

Parametes	Condition
pH	7.5± 0.5
Temp	20±2.5°C (68±5°F)
Total Dissolved solids(TDS)	200~500 mg/L
Total Organic Carbon(TOC)	>1.0mg/L
Turbidity	<1 NTU

Table 3. Test condition water of heavy-metal removal rates

Parametes	Condition
Cu	3.0 mg/L ± 10%
Mn	1.0 mg/L ± 10%

분주기(50%-on/50%-off)로 통과시키고, 8시간/day은 압력 하에서 정체한다. bed volume의 10배가 통과한 것을 시점으로 해서 시스템능력의 20, 40, 60 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200%(without performance indication devices)에서 유입수와 유출수를 채취하여 분석시료로 한다. 유입수는 Table 2의 기준에 만족하는 수도수에 Table 3의 조건에 따라 조제하였다. 채취한 시료는 I.C.P를 이용하여 분석⁷⁾하였다.

4. 결과 및 결론

4.1. VOCs 용출 분석결과

VOCs 표준용액을 분석조건에 따라 분석하여 얻은 크로마토그램으로부터 피크면적 비를 구하여 각 성분의 검량선을 작성한다. 각 용출조건에 따라 채취한 시험용액을 분석조건에 따라 분석하여 VOCs를 분석하였다. 분석결과는 Table 4와 같다. 별도로 R/O 및 UF 필터를 식품의약품안전청 고시 제 2004-28호⁸⁾에 따라 용출시험을 실시하여 용출액을 Table 1의 조건으로 분석한 결과는 Table 5와 같다.

Table 4. Test results of VOCs, Purge & Trap method, GC/MSD unit; ppb

Test Item	R/O unit			UF unit			Test Item	R/O unit			UF unit		
	S-1	S-2	S-3	U-1	U-2	U-3		-1	S-2	S-3	U-1	U-2	U-3
1,1-dichloroethylene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ethylbenzene	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Methylene Chloride	ND	ND	ND	ND	ND	ND	m,p-xylene	ND	ND	ND	ND	ND	ND
trans-1,2-dichloroethylene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	styrene	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,1-dichloroethane	ND	ND	ND	ND	ND	ND	bromoform	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cis-1,2-dichloroethane	ND	ND	ND	ND	ND	ND	isopropylbenzene	ND	ND	ND	ND	ND	ND
bromochloromethane	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1,1,2,2-tetrachloroethane	ND	ND	ND	ND	ND	ND
chloroform	ND	ND	ND	ND	ND	ND	bromobenzene	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,1,1-trichloroethane	ND	ND	ND	ND	ND	ND	n-propylbenzene	ND	ND	ND	ND	ND	ND
CCl4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2-chlorotoluene	ND	ND	ND	ND	ND	ND
benzene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1,3,5-trimethylbenzene	ND	ND	ND	ND	ND	ND
trichloroethylene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	4-chlorotoluene	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,2-dichloropropane	ND	ND	ND	ND	ND	ND	tert-butylbenzene	ND	ND	ND	ND	ND	ND
dibromomethane	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1,2,4-trimethylbenzene	ND	ND	ND	ND	ND	ND
bromodichloromethane	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1,4-dichlorobenzene	ND	ND	ND	ND	ND	ND
toluene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	n-butylbenzene	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,1,2-trichloroethane	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1,2-dichlorobenzene	ND	ND	ND	ND	ND	ND
dibromochloromethane	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1,2,4-trichlorobenzene	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,2-dibromoethane	ND	ND	ND	ND	ND	ND	hexachlorobutadiene	ND	ND	ND	ND	ND	ND
chlorobenzene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	naphthalene	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Table 5. Leaching test results of VOCs, Purge & Trap method, GC/MSD unit; ppm

Test Item	R/O Filter			UF Filter		
	S-1	S-2	S-3	U-1	U-2	U-3
Methylene Chloride	ND	ND	ND	13.8	ND	ND
Cis-1,2-dichloroethane	ND	ND	ND	4.52	ND	ND
chloroform	ND	ND	ND	4.33	ND	1.28
benzene	ND	ND	ND	ND	ND	ND
toluene	0.05	0.15	0.28	ND	0.35	0.52
chlorobenzene	ND	2.09	1.51	ND	ND	ND
m,p-xylene	ND	ND	ND	ND	ND	0.76
styrene	1.92	ND	ND	ND	ND	4.07

4.2. Cu, Mn 제거를 분석결과

역삼투막 가정용 정수기 3종류와 한외여과막 가정용 정수기 3종류를 정수기 성능평가 장치를 이용하여 Table 2, 3에 따라 오염수를 조제한 후 3.2의 방법으로 성능시험을 실시하여 500 L 간격으로 6,000L 까지 채취한 시료를 I.C.P를 이용하였다. 분석결과는 Table 6 과 같다.

Table 6. Test results of Cu and Mn unit; ppm

Test item	Kind	R/O unit			UF unit			Test item	R/O unit			UF unit		
		S-1	S-2	S-3	U-1	U-2	U-3		S-1	S-2	S-3	U-1	U-2	U-3
Cu	In flow	3.090	3.070	3.060	3.070	3.070	3.090	Mn	0.920	0.914	0.911	0.915	0.920	0.915
	500 L	ND	ND	ND	0.202	0.217	0.197		ND	ND	ND	0.818	0.879	0.801
	1000 L	ND	ND	ND	0.206	0.216	0.195		ND	ND	ND	0.837	0.877	0.793
	1500 L	ND	ND	ND	0.207	0.215	0.198		ND	ND	ND	0.841	0.872	0.805
	2000 L	ND	ND	ND	0.200	0.213	0.194		ND	ND	ND	0.813	0.863	0.789
	2500 L	ND	ND	ND	0.205	0.219	0.200		ND	ND	ND	0.833	0.889	0.813
	3000 L	ND	ND	ND	0.203	0.217	0.200		ND	ND	ND	0.825	0.880	0.812
	3500 L	ND	ND	ND	0.204	0.215	0.198		ND	ND	ND	0.829	0.871	0.802
	4000 L	ND	ND	ND	0.204	0.222	0.198		ND	ND	ND	0.829	0.900	0.802
	4500 L	ND	ND	ND	0.206	0.223	0.208		ND	ND	ND	0.834	0.905	0.844
	5000 L	ND	ND	ND	0.204	0.223	0.201		ND	ND	ND	0.828	0.905	0.815
	5500 L	ND	ND	ND	0.205	0.222	0.207		ND	ND	ND	0.833	0.900	0.841
6000 L	ND	ND	ND	0.204	0.223	0.204	ND	ND	ND	0.829	0.906	0.829		

5. 결 론

가정용 정수기의 성능평가 시스템을 개발하기 위하여 ANSI/NSF 42, 53에 있는 test apparatus의 Flow chart를 참고로 하여 정수기 성능평가 장치를 설계하고 제작하였고 이 평가장치를 활용하여 정수기 뿐만 아니라 각종 Filter의 성능평가에 이용될 수 있다. 정수기 성능평가 장치를 이용한 시험평가는 시중에 시판중인 가정용 역삼투압 정수기와 한외여과막 정수기를 각 3종류 구입하여 정수기 용출물의 VOCs 분석과 중금속 중 Cu, Mn의 제거율 평가를 실시했다. 평가 결과 용출물의 VOCs는 검출이 되지 않았고 Cu, Mn의 경우, 역삼투압막 정수기는 90% 이상의 제거율을 나타냈으며, 한외여과막 정수기의 경우 Cu는 80%이상, Mn은 20% 이상의 제거율을 나타내었다.

참고문헌

1. 환경부(2002), 정수기의 기준·규격 및 검사기관 지정 고시
2. 선향(2000), 분리막 신기술인증과 국제 표준화 동향, 제1회 분리막 표준화, 한국막학회
3. 정건용(2001), 정수기용 분리막의 성능평가방법 표준화, 제2회 분리막 표준화, 한국막학회
4. ANSI/NSF 42(2002) Drinking water treatment units-Aesthetic effects
5. ANSI/NSF 53(2002) Drinking water treatment units-Health effects
6. APHA(1998) Pure & Trap Capillary Column Gas Chromatographic/Mass Spectrometric 6200 B, 20nd Ed. U.S.A
7. APHA(1998) Inductively Coupled Plasma Method 3120 B, 20nd Ed. U.S.A
8. 식품의약품안전청(2004), 식품의약품안전청고시 제2004-28호