

가정용 가습기의 사용자 습관에 따른 실내공기 중 바이오에어로졸의 발생특성

김익현 · 김기연* · 김대근†

서울과학기술대학교 환경공학과

*부산가톨릭대학교 산업보건학과

Characteristics of Bioaerosol Generation of Household Humidifiers by User Practices

Ik-hyeon Kim, Ki Youn Kim*, and Daekeun Kim†

Department of Environmental Engineering, Seoul National University Science & Technology

*Department of Industrial Health, Catholic University of Pusan

ABSTRACT

Objectives: This study was performed in order to evaluate the generation characteristics of airborne bacteria and fungi while operating a household humidifier, in consideration of user habits.

Methods: Microbial samples were collected in a closed chamber with a total volume of 2.76 m³, in which a humidifier was operated according to experimental strategies. A cultivation method based on the viable counts of mesophilic heterotrophic bacteria and fungi was performed. Experimental strategies were divided into three classes: the type of water in the water reservoir (tap water, cooled boiled water); the frequency of filling the reservoir (refill every day, no refill); and the sterilization method (sterilization function mode, humidifier disinfectants).

Results: Significant increases in the concentration of airborne bacteria were observed while the humidifier was in operation. The concentration had increased to 2,407 CFU/m³ by 120 hours when tap water filled the reservoir without any application of sterilization, while for cooled boiled water, it was merely 393 CFU/m³ at a similar time point. Usages of disinfectant in the water tank were more effective in decreasing bioaerosol generation compared to sterilization function mode operation. Generation characteristics of airborne fungi were similar to those of bacteria, but the levels were not significant in all experiments. Calculated exposure factor can be used as an indicator to compare biorisk exposure.

Conclusion: This study identified the potential for bioaerosol generation in indoor environments while operating a household humidifier. User practices were critical in the generation of bioaerosol, or more specifically, airborne bacteria. Proper usage of a humidifier ensures that any biorisks resulting from generated bioaerosol can be prevented.

Keywords: humidifier, bioaerosol, airborne bacteria, airborne fungi, user practice

I. 서 론

일상생활 중 실내 거주시간이 80~90%으로 증가

함에 따라 실내 환경이 건강에 미치는 영향에 대한 관심이 증대되고 있다.¹⁾ 실내 거주시간이 상대적으로 긴 겨울철의 경우에는 실내습도가 실내환경의 쾌

†Corresponding author: 172 Gongreung 2-dong, Nowon-gu, Seoul, Korea, Department of Environmental Engineering, Seoul National University of Science and Technology, E-mail: kimd@snut.ac.kr

Received: 22 August 2012, Revised: 5 October 2012, Accepted: 19 November 2012

Table 1. Experimental strategy for operating humidifier used in this study

Experiment	Operational condition		
	Type of water in the water tank	Frequency of filling the water tank	Sterilization method
A (Control)	Tap water	No refill	None
B	Tap water	Daily refill	None
C	Cooled-boiled tap water	No refill	None
D-1	Tap water	No refill	Sterilization function mode (Heating mode)
D-2	Tap water	No refill	Usage of disinfectant (chemical based product)
D-3	Tap water	No refill	Usage of disinfectant (natural based product)

적합을 결정하는 주요한 인자이며, 적절하지 못한 실내습도 관리는 호흡기 질환을 유발할 수 있다.^{2,3)}

가정용 가습기는 실내습도를 인위적으로 조절할 수 있는 장치이며, 호흡기 질환(기관지염, 후두염, 폐렴 등)의 예방과 치료를 위한 보조수단으로 활용될 수 있다.⁴⁾ 하지만 가습기 사용자의 사용습관에 따라 가습기 관리상태의 정도 차가 나타날 수 있으며, 이와 더불어 실내공기질에 영향을 미칠 수 있다. 특히 가습기 청소상태가 소홀해 질 경우에는 가습기 충전수의 미생물 증식으로 인하여 상당량의 미생물이 실내공기로 방출될 가능성이 있다.

실내공기 중으로 방출되는 미생물은 실내공기질의 생물학적 유해인자로 인식되고 있으며, 이를 바이오에어로졸(Bioaerosol)로 칭하고 있다. 바이오에어로졸은 부유세균(Airborne bacteria), 부유진균(Airborne fungi), 부유바이러스(Airborne virus) 등의 부유미생물군과 세포내독소(Endotoxin) 및 곰팡이독(Mycotoxin) 등을 포함한다.⁵⁾ 바이오에어로졸은 입자상 물질에 흡착되거나 그 자체로 호흡을 통해 인체와 가축의 폐포에 도달하여 폐렴, 천식, 기관지염, 비염 등과 같은 호흡기 계통의 질병을 유발하는 것으로 보고되고 있다.^{5,6)}

따라서 본 연구에서는 가정용 가습기의 사용자 습관에 따라 실내공기 중 바이오에어로졸의 발생특성을 파악하고자 하였다. 이에 가습기 사용습관을 충전수 방치시간, 충전수 종류, 충전수 살균방식으로 구분하여 실험조건을 구성하였으며, 실험조건에 따른 실내공기 중 바이오에어로졸(부유세균, 부유진균)의 농도를 상대적으로 비교하여, 가습기 사용에 따른 실내공기의 부유미생물 노출정도를 평가하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 실험 장치 및 구성

본 실험은 외부환경요인을 최소화 시킬 수 있도록 완전 밀폐가 가능하도록 장치한 실험용 챔버에서 실시되었다. 챔버의 총 부피는 2.76 m³(가로 1.5 m×세로 0.8 m×높이 2.3 m)이었으며, 필요시 챔버내 공기를 외부공기와 완전 치환이 가능하도록 송풍기를 장치하였다. 챔버내부는 실험전후에 70% 희석된 알코올(99.9% Ethyl Alcohol, Duksan inc. Korea)로 내부 소독을 실시하였다.

실험에 사용된 가습기는 일반가정용 초음파 가습방식의 제품이며, 제조회사가 상이한 총 2기를 구입하여 실험에 각각 적용하였다. 가습기의 물탱크 용량은 각각 5.1 L와 5.2 L이고, 최대 분무량은 각각 550 mL/hr와 300 mL/hr이었다. 실험은 두 가습기를 모두 사용하여 이루어졌으며, 사전 실험을 통하여 통계적으로 기기 간 차이가 없는 것으로 판단되었다. 가습기는 실험용 챔버의 바닥 정중앙에 위치시켰다. 가습기 수조 및 진동자 등의 외부에 노출 가능한 모든 부품은 실험 전에 소독 처리하였으며, 실험 중에는 별도 청소 또는 소독을 실시하지 않았다. 챔버내 공기온도는 20°C 내외를 유지하였다.

실험조건은 일반가정의 가습기 사용습관을 고려하여 충전수 방치시간, 충전수의 종류, 살균방식에 따라 구분하여, 총 6개 실험군을 대상으로 실험을 실시하였다. 실험 A는 전체 실험의 대조군에 해당되며, 나머지 실험은 실험조건을 달리한 실험군에 해당된다. 실험 B는 가습기 연속운전 조건, 실험 C는

끓인물을 충전수로 사용한 조건, 실험 D는 별도 살균을 실시한 조건을 선정하였다. Table 1에 실험조건을 정리하였다.

가습기 충전수의 초기부피는 5 L이었으며, 수돗물과 끓인물(100°C 가열 후 실온에서 자연 냉각)이 충전수로 선정되었다. 충전수는 최대 5일 동안 가습기 수조에 방치하였으며, 방치하는 동안에는 충전수의 교체나 재충전은 실시하지 않았다. 다만 가습기 연속운전의 경우(실험 B)에는 충전수를 간헐적(1회/일)으로 공급하여 충전수 부피를 2 L 이상으로 유지하였으며, 실험 중 별도의 청소 또는 소독을 실시하지 않았다. 가습기 운전시의 분무량은 150 mL/hr로 설정하여 실험을 실시하였다.

살균방식에 따른 실험은 가습기의 자체기능을 이용한 실험과 외부물질(살균제)을 충전수에 투입하는 실험으로 구분하였다. 실험에 사용된 가습기의 내장된 살균기능은 가열살균방식이었으며, 가습기의 충전수를 가열한 후 외부로 방출하는 방식이다. 선정된 살균용 외부물질은 인공화학물질인 Polyhexamethyleneguanidine hydrochloride (PHMG, $(C_7H_{15}N_3)_n x(HCl)$)와 천연물질인 피톤치드(Phytoncide)(주요성분물질 : 편백나무 정유 피톤치드)이었다. 5 L 충전수에 첨가한 PHMG의 부피는 20 mL이었으며, 동일한 첨가부피를 피톤치드에도 적용하였다.

2. 시료채취

공기시료 채취주기는 충전수의 방치시간을 기준으로 하였으며, 각 실험별로 총 4회(방치후 0 hr, 24 hr, 72 hr, 120 hr) 실시하였다. 정해진 시료채취 시기에 맞춰 가습기를 가동시켜 챔버내 습도가 60~70%를 유지되게 한 후 가동을 중지하였다. 공기시료는 가습기 중지 직후에 채취되었으면 3회 연속 채취하였다. 시료채취 후 챔버의 송풍기를 가동시켜 챔버 내 공기가 외부공기와 완전 치환될 수 있도록 함으로서 시간대별 시료채취 조건이 동일하게 유지될 수 있도록 하였다. 또한 가습기 가동 직전에 챔버 내 공기를 채취하여 바이오에어로졸의 배경농도로 이용하였다.

시료채취는 관성충돌포집방식을 적용한 One-stage viable particulate cascade impactor(Buck bio culture B30120 pump, A. P. BUCK inc. USA)를 사용하여 실시하였다. 시료 포집기는 실험에 사용 전 70%의 알코올을 이용하여 소독을 실시하였으며, 유량을 28.3 L/min

으로 보정 후 실험을 실시하였다. 공기시료의 채취시간은 5분이었으며, 채취장비의 채취유량은 28.3 L/min으로 총 141.5 L의 공기시료를 채취하였다.

3. 생물학적 인자 정량분석

부유세균 및 부유진균은 관성충돌법에 의하여 시료포집이 완료된 평판배지를 배양하여 정량 분석하였다. 사용된 평판배지는 부유세균의 경우 Trypticase Soy Agar(TSA)배지이며, 부유진균의 경우 SDA+Cycloheximide(SDAC)배지를 사용하였다. TSA 및 SDAC배지는 냉장 보관을 통하여 보관되었으며, 실험 실시 전 클린벤치에서 내부에서 생성된 수분을 제거한 후 실험에 사용하였다. 포집이 완료된 부유세균배지는 항온기에서 38°C의 조건으로 4일간, 부유진균 배지는 25°C의 조건으로 7일간 배양을 실시하였으며, 배양과정 중에 발생할 수 있는 미생물 군락의 마스킹효과(Masking effect)를 방지하기 위하여 12시간 간격으로 계수를 실시하였으며, 계수산정에 적용한 최저 군락수는 부유세균은 50개, 부유진균은 10개이었고 300개를 초과하지 않은 군락수를 실험값으로 산정하였다.⁹⁾ 바이오에어로졸의 농도산출은 배지에 형성된 집락(Colony unit)을 계수한 값에 채취한 공기량으로 나누는 방법을 적용하였으며, 농도단위는 CFU(Colonies Forming Unit)/m³이었다. 모든 실험은 재현성을 확보하기 위하여 3회 반복 실시되었다.

$$CFU/m^3 = \frac{\text{Counted CFU on agar plate}}{\text{Air Volume}(m^3)} \quad (1)$$

4. 노출인자의 산정

본 연구에서는 실내공간의 노출시간과 배경농도를 고려하여 바이오에어로졸 노출인자(Exposure factor, EF)를 산출하였다. 노출인자는 실험조건에 따라 가습기에서 실제 발생한 바이오에어로졸의 상대적 농도를 수치화한 값이다. 노출인자의 계산은 식2와 같으며, C_{0a} 는 충전수 방치직후(0 hr)의 농도, C_{0b} 는 배경농도, C_{ta} 는 충전수 방치시간(t)의 농도이며, C_{tb} 는 충전수 방치시간(t)에서의 배경농도를 의미한다.

$$EF = \frac{C_{ta} - C_{tb}}{C_{0a} - C_{0b}} \quad (2)$$

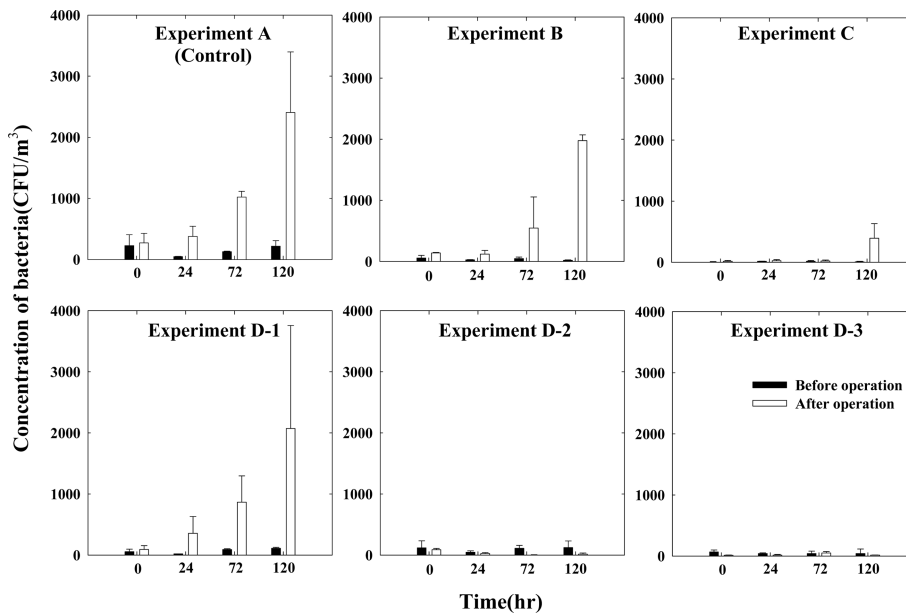


Fig. 1. Concentration of airborne bacteria generated from humidifier as a function of a duration of water remaining in the water tank.

5. 통계분석

측정된 부유세균 및 진균의 데이터들이 각 조건 별로 유의한 차이를 알아보기 위하여, EXCEL 2007 (Microsoft Inc, USA)를 이용하여 t-test를 실시하였다.

III. 연구결과

1. 가습기의 사용자 습관에 따른 부유세균 발생특성

Fig. 1은 가습기 수조 내 충전수의 방치시간에 따라 가습기 가동 전후에 측정된 부유세균의 농도변화를 보여주고 있다. 수도물을 충전수로 사용한 실험 A와 B, D-1에서 시간경과에 따라 부유세균의 농도가 현저하게 증가하였다. 끓인 물을 사용한 실험 C에서는 방치 72시간까지는 부유세균의 발생은 25 ± 14 CFU/m³ 수준으로 낮게 발생되었으나, 방치 120시간 후에는 다소 증가하는 경향을 보였다. 하지만 외부 살균제를 수도물에 주입한 실험 D-2와 D-3에서는 부유세균은 모든 시간대에서 18 ± 8 CFU/m³와 24 ± 9 CFU/m³ 수준으로 검출되었으며, 부유세균이 거의 발생되지 않는 것으로 보였다. 방치 120시간 후에 측정된 부유세균의 발생농도는 $2,408 \pm$

989 CFU/m³(실험 A), $1,976 \pm 95$ CFU/m³(실험 B), 393 ± 238 CFU/m³ (실험 C), $2,072 \pm 1685$ CFU/m³ (실험 D-1), 188 ± 17 CFU/m³(실험 D-2), 24 ± 9 CFU/m³ (실험 D-3)이었다.

2. 가습기의 사용자 습관에 따른 부유진균 발생특성

Fig. 2는 가습기 수조 내 충전수의 방치시간에 따라 가습기 가동 전후에 측정된 부유진균의 농도변화를 보여주고 있다. 수도물을 충전수로 사용한 실험 A와 B, D-1에서는 가습기 가동 후에 부유진균의 농도가 다소 증가하는 경향이 관찰되었다. 특히 실험 A와 B에서는 이의 실험군 보다 다소 높은 부유진균 발생농도를 보였다. 끓인 물을 사용한 실험 C에서는 가습기 가동 후에 부유진균이 거의 검출되지 않았다. 외부 살균제를 수도물에 주입한 실험 D-2와 D-3에서는 가습기 가동 후 부유진균이 감소하는 경향을 보였으며, 가습기에 사용에 따른 부유진균의 발생이 없는 것으로 보였다. 방치 120시간 후에 측정된 부유진균의 발생농도는 247 ± 25 CFU/m³(실험 A), 98 ± 22 CFU/m³(실험 B), 0 CFU/m³(실험 C), 273 ± 23 CFU/m³(실험 D-1), 31 ± 5 CFU/m³(실험 D-2), 53 ± 18 CFU/m³(실험 D-3)이었다.

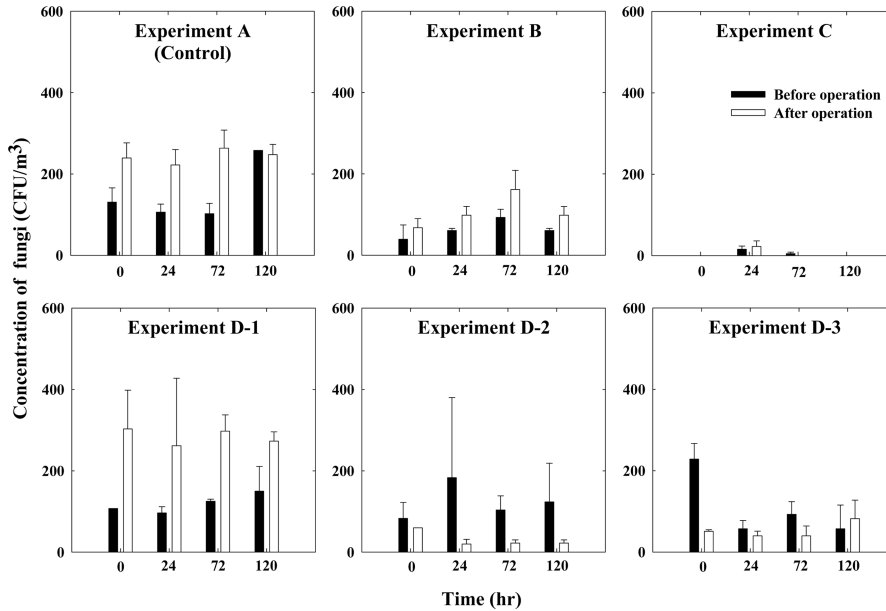


Fig. 2. Concentration of airborne fungi generated from humidifier as a function of a duration of water remaining in the water tank.

IV. 고 찰

본 연구는 가정용 가습기의 사용상태에 따른 실내 공기 중 바이오에어로졸의 발생특성을 파악하기 위해 실시되었으며, 가습기 충전수의 종류와 충전수의 살균방식, 충전수의 방치시간에 따른 부유세균과 부유진균의 노출정도를 평가하였다.

수돗물을 충전하고 별도의 살균방식을 채택하지 않을 경우, 충전수 방치시간에 따라 부유세균의 급속한 발생이 확인되었다(실험 A). Mary *et al.* (2001)는 여과와 멸균되지 않은 수돗물에서 *Aeromona*균을 대상으로 미생물 증식을 실험한 결과, 초기농도 2.45×10^2 CFU/ml에서 5일 경과 후 6.03×10^5 CFU/ml로 증식되는 것으로 확인하였다.⁷⁾ 또한 유사한 실험 결과가 Vivas *et al.* (2004)의 연구에서도 보고되었다.⁸⁾ 따라서 방치된 충전수에서 미생물이 증식되고, 증식된 미생물이 가습장치를 통해 공기 중으로 분출된 것으로 판단된다.

가습기 연속실험(실험 B)에서 72시간 경과이후 부유미생물의 현저한 발생이 관찰되었으며, 끓인 후 자연 방냉된 충전수를 사용한 실험(실험 C)에서도 일정시간 경과이후 부유미생물의 발생이 확인되었다.

한국소비자원에서 보고한 연구에 의하면, 초기 미생물농도가 1.3×10^2 CFU/ml인 물을 가습기 수조 내에 24시간 방치할 경우에 미생물 농도가 3.3×10^3 CFU/ml로 증가하였지만, 가습기 사용 후 매일 행귀주고 물 교환을 병행한 경우에는 수조 내 미생물 농도가 4.2×10^2 CFU/ml이었고, 매일 물 교환을 실시하고 2일마다 솔이나 부드러운 천으로 세척한 실험의 경우에는 2.2×10^2 CFU/mL의 미생물 농도가 검출되었다.⁹⁾ 이는 가습기의 물 교환과 살균된 물의 사용이 부유미생물의 발생을 억제할 수 있음을 보여준다.

가습기의 살균기능을 가동한 실험(실험 D-1)에서는 실험 A와 유사한 경향을 보였고, 가습기 자체의 내장된 살균기능이 부유미생물의 발생 억제에 적절하지 않음을 보여 주고 있다. 하지만 자체 내장된 살균기능은 제조회사와 제품에 따라 성능의 차이가 있을 수 있기 때문에 부유미생물 발생억제의 효과를 단정 지을 수는 없다.

외부물질을 투입하여 살균기능을 대체한 실험(실험 D-2와 D-3)에서는 초기 대비 90% 이상이 저감 효과를 보였다. 화학성분의 살균제는 Polyhexamethylene guanidine (PHMG)와 Oligo(2-(2-ethoxy)-ethoxyethyl)-guanidinium-chloride(PGH)를 함유하고 있다. 화학살

균제는 부유미생물 발생억제의 효과가 확인되었지만, 주요성분인 PHMG와 PGH는 인체 유해성이 보고¹⁰⁾ 되었기 때문에 사용가능성이 없는 것으로 판단된다. 천연성분 살균제에 포함된 피톤치드는 주위 환경에 노출될 경우에 알레로파시(Allelopathy)를 발생시키고, 높은 항세균 및 항진균 효과를 나타내는 것으로 알려져 있다.¹¹⁾ 하지만, 저항성이 있는 미생물이 과다하게 번식할 경우에는 부유미생물 발생억제의 효과는 저감될 가능성이 있을 것으로 판단된다.

가습기에서 발생하는 부유진균은 모든 실험에서 부유세균과 비교하여 낮은 발생농도로 분석되었다. 곰팡이는 외부환경에 대한 저항성이 높은 것으로 알려져 있으며, 물 속에 미생물막(biofilm)이 형성될 경우에는 생존력이 매우 높다고 보고되고 있다.¹²⁾ Daniel *et al.* (2002)의 연구결과에 따르면 밀봉되어 있는 생수병 내에서도 곰팡이가 성장하였으며, *Penicillium* spp, *Cladosporium*, *Rhizopus*, *Aspergillus*, *Phoma* 등이 발견되었다.¹³⁾ 비록 본 연구에서는 부유진균의 발생농도가 상대적으로 낮았지만, 가습기 수조 내 곰팡이균의 서식조건이 형성되면 공기 중으로 노출될 가능성이 매우 높은 것으로 판단된다.

본 연구의 실험결과를 통계적 유의성 측면에서 검정해 보면, 실험 A의 부유세균 측정값은 실험 C($p<0.01$)와 D-2($p<0.01$), D-3($p<0.01$)와 통계적으로 유의한 관계에 있지만, 실험 B($p=0.16$)와 D-1($p=0.32$)는 통계적 유의성이 낮은 것으로 분석되었다. 따라서 끓인 물 또는 외부살균제 사용이 부유세균 발생억제에 효과가 있는 것으로 해석된다.

모든 실험에서 부유미생물의 배양농도가 달랐기 때문에 측정된 부유미생물의 절대농도값으로 노출경향을 평가하기에는 다소 무리가 있다고 판단된다. 따라서 실내공간의 노출시간과 배경농도를 고려한 바이오에어로졸의 노출인자(Exposure factor, EF)를 Fig. 3에 제시하였다. 식 2에 제시된 바와 같이 EF가 1 이상일 경우에 가습기에 의한 부유미생물의 실내공기 노출이 발생하는 것으로 평가할 수 있다. 실험 A와 B에서 현저한 부유세균의 노출을 확인할 수 있으며, 실험 C와 D-1에서는 72시간 경과 이후에 부유세균의 노출이 발생하는 것으로 해석된다. 부유진균의 경우에는 모든 실험에서 매우 낮은 노출정도를 보였다. 한편, 배경농도에 비해 가습기 가동 후 바이오에어로졸의 농도가 동일하거나 낮게 측정될 경우에는 실

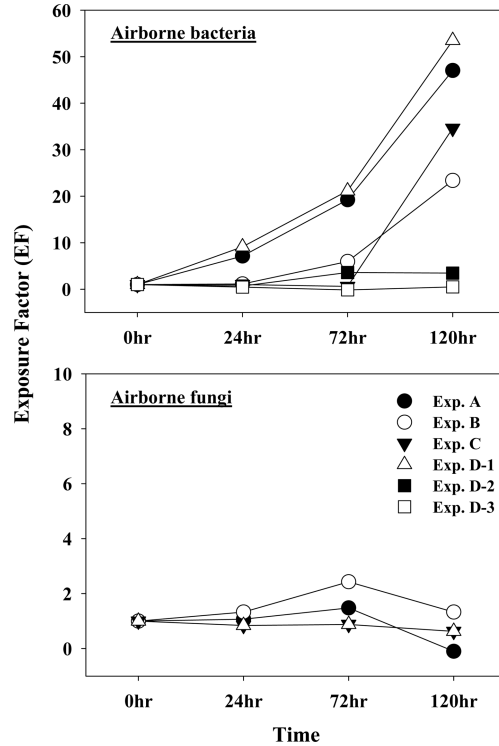


Fig. 3. Calculated exposure factor(EF) of bioaerosol in all experiments. For experiment D-2 and D-3, exposure factors of airborne fungi were not available because those concentrations subsequent to humidifier operation decreased.

질적인 바이오에어로졸의 발생이 없는 것으로 간주될 수 있다. 본 연구에서는 실험 D-2와 D-3의 부유진균에서 이와 같은 분석값이 나왔고, 실험 D-2와 D-3의 실험조건에서는 가습기의 가동에 따른 부유진균의 실내노출이 없는 것으로 볼 수 있다.

본 실험에서는 배양 가능한 미생물만을 대상으로 측정 분석하였기 때문에 측정된 발생농도와 인체 유해성의 상관관계를 규명하기는 어렵다. 인체에 미치는 위해성을 정확하게 판단하기 위해서는 검출된 미생물의 정성평가 및 독성평가(세포내 독소, 곰팡이독)를 추가할 필요가 있다. 다만 본 연구를 통해 가습기에서 발생하는 바이오에어로졸로 인하여 실내공기질이 저하될 가능성이 확인되었으며, 가습기에 의한 바이오에어로졸의 노출을 최소화하기 위하여 가습기 사용자의 기기사용에 대한 올바른 습관이 필요하다.

V. 결 론

본 연구에서는 가습기의 사용자 습관에 따라 가습기 충전수 내에서 증식되어 실내로 방출되는 부유세균 및 부유진균의 경시적 발생특성을 파악하였다. 본 연구를 통해 가습기 사용에 따라 실내공기질 중 생물학적 유해인자의 노출가능성을 확인할 수 있었다. 도출된 주요 결론은 다음과 같다.

- (1) 가습기 충전수의 수조 내 방치시간에 따라 부유미생물의 발생량은 증가하였으며, 부유세균의 농도는 120 hr 경과 후 최대 2,408 CFU/m³이었다.
- (2) 충전수를 끓여서 방냉시켜 사용하거나 외부살균물질을 주입하여 원수의 미생물을 초기에 억제함으로써 부유미생물의 발생을 저감시킬 수 있다.
- (3) 일반가정의 수돗물을 충전수로 그대로 사용하고자 할 경우에는 충전수를 주기적으로 교체함으로써 부유미생물의 발생을 저감시킬 수 있다.
- (4) 부유진균의 발생은 부유세균과 비교하여 발생농도가 낮았으며, 경시적 변화가 없는 것으로 확인되었다.

감사의 글

본 연구는 서울과학기술대학교 교내 학술연구비 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Lee BS, Park JK. Comparison about time serial change of carbon dioxide's concentration and ventilation at apartment room. *J. Kor. Soci of Environmental Administration*. 2006; 12(1): 27-36.
2. Cho SH, Kim H. A review of health effects of relative humidity in office building. *Kor. J. of Occup. Med.* 1990; 2(2): 123-133.
3. ASHRAE. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, 1992; American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers Standard 55.
4. Bae NR, The effect of education and providing of environmental parameter on residents' management of indoor environment, [dissertation]. [Seoul]: Yonsei University: 2006.
5. Burge HA. Bioaerosols, Boca Raton, Florida. CRC Press; 1995. p.1-33.
6. Olson DK, Bark SM. Health hazards affecting the animal confinement farm worker. *Am. Assoc. Occup. Health Nurse J.* 1996; 44(4): 198-204.
7. Mary P, Buchet G, Defives C, Hornez JP. Growth and survival of clinical vs. environmental species of *Aeromonas* in tap water, *Int. J. Food. Microbiol.* 2001; 69(3): 191-198.
8. Vivas J, Carracedo B, Riano J, Razquin BE, Lopez-Fierro P, Acosta F, Naharro G, Villena AJ. Behavior of an *Aeromonas hydrophila* aroA Live Vaccine in Water Microcosms, *Appl. Environ. Microbiol.* 2004; 70(5): 2702-2708.
9. Korea Consumer Agency, Information of consumer safety center, Available: <http://www.kca.go.kr/modules/board/view.jsp?&menuNo=295&boardConfigNo=129&boardNo=9900&ctx=0103> [accessed 21 August 2012]
10. Ministry of Health and Welfare, The first animal test on inhalation of humidifier disinfectants completed, Available: http://www.mw.go.kr/front/al/sal0301vw.jsp?PAR_MENU_ID=04&MENU_ID=0403&CON_T_SEQ=265978&page=31 [accessed 21 August 2012]
11. Lee HO, Baek SH, Han DM. Antimicrobial effects of *Chamaecyparis obtusa* essential oil, *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2001; 29(4): 253-257.
12. Hendrickx TLG, Meskus E, Keiski RL. Influence of the nutrient balance on biofilm composition in a fixed film process, *Water Sci. Tech.* 2002; 46(4): 7-12.
13. Daniel C, Virginia EFP. Fungal spoilage of bottled mineral water. *Int. J. Food Microbiol.* 2002; 72(1-2): 73-76.