

# 대학실험실과 병원진단검사실에서의 부유진균 농도와 환경영향인자

황성호<sup>1</sup> · 박동욱<sup>2</sup> · 하권철<sup>3</sup> · 박현희<sup>4</sup> · 주세익<sup>5</sup> · 윤충식<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>서울대학교 보건대학원 환경보건학과, 보건환경연구소, <sup>2</sup>한국방송통신대학교 환경보건학과,  
<sup>3</sup>창원대학교 보건 의과학과, <sup>4</sup>한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원,  
<sup>5</sup>서울대학교병원 진단검사의학과

## Concentrations and environmental influences of airborne fungi at university laboratories, hospital diagnostic laboratories

Sung Ho Hwang<sup>1</sup> · Dong Uk Park<sup>2</sup> · Kwon Chul Ha<sup>3</sup> · Hyun Hee Park<sup>4</sup> · Se Ik Joo<sup>5</sup> · Chung Sik Yoon<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>; *Institute of Health and Environment, School of Public Health, Seoul National University,*

<sup>2</sup>; *Department of Environmental Health, Korea National Open University,*

<sup>3</sup>; *Department of Biochemistry and Health Science, Changwon National University,*

<sup>4</sup>; *Occupational Safety and Health Research Institute, Korea Occupational Safety and Health Agency,*

<sup>5</sup>; *Department of Laboratory Medicine, Seoul National University Hospital.*

This study evaluated the airborne concentrations of fungi in university laboratories, hospital diagnostic laboratories in Seoul. The incubated fungi was identified by lactophenol cotton blue (LPCB) staining method. Variables such as types of ventilation, temperature and relative humidity were investigated to explain laboratory airborne fungal concentrations. A total of 97 air samples were collected from 10 facilities in two institutions. *Aspergillus spp.*, including *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus* and *Penicillium spp.* were found as predominant species. Airborne fungal concentrations ranged from not detected (ND) to 1,890 CFU/m<sup>3</sup>. Airborne fungal concentrations were high in general-ventilated facilities and in laboratories where relative

humidity (> 60 %) were high (p < 0.001). Therefore, we suggest that relative humidity should be maintained to properly reduce the concentration of fungal in university and hospital laboratories.

Key Words: Airborne fungi; laboratory; ventilation; temperature; relative humidity

접수일: 2010년 9월 9일, 채택일: 2010년 12월 17일

\* 교신저자: 윤충식 (서울특별시 관악구 관악로 599,

Tel: 02-880-2734, Fax: 02-745-9104, E-mail: csyoon@snu.ac.kr)

## I. 서론

현대인들은 최대 90% 이상의 시간을 실내에서 보내므로 실내환경은 인간의 환경오염물에 대한 노출평가에 있어서 매우 중요한 부분을 차지한다. 여러가지 다양한 환경오염물질 중에는 생물학적 인자들이 포함되어 있기 때문에 정상적인 환경에서 생활하는 사람들은 누구나 생물학적 인자들에 노출될 수밖에 없다(박주영 등, 2001; IMNAS, 2004). 생물학적 인자 중 대표적인 오염원인 진균은 크게 감염성 질환(피부, 손톱, 머리카락, 점막)과 과민성 질환(I-type allergy 반응, 과민성 폐렴)을 일으킬 수 있고 그 밖에도 진균 독소, 글루칸, 미생물이 발생시키는 휘발성 유기화합물 등은 그 자체가 독성이 있다(Saijo 등, 2004; Macher, 1999; 김영권 등, 2000). 진균 중에서도 *Penicillium spp.*는 폐렴, 요로감염, 진균증, 과민성 폐렴(Macher, 1999; Bernstein 등, 1983) 등을 일으키는 것으로 알려져 있고, *Aspergillus spp.*는 재채기, 숨가쁨, 천식의 악화 등을 유발한다(Selim 등, 1998; Desai 등, 1986; Payne 등, 1986). 이러한 부유진균은 미생물을 취급하는 대학실험실, 병원진단검사실 등에서 발생될 수 있다. 최근에 이와 관련된 연구는 대학실험실(황성호 등, 2010)과 병원(송주희 등, 2007; 김기연 등, 2006)이 있지만 병원 진단검사실에서 환자로부터 채취된 각종 검체를 직접 취급하는 작업환경에서 부유진균에 대한 농도평가와 농도에 영향을 미치는 환경인자가 무엇인지 조사한 연구는 없었다. 실제로 건물 내에서 부유진균의 농도에 영향을 미치는 인자에는 지리적 위치, 계절, 기후조건, HVAC시스템의 설계 및 가동, 수분의 침입, 미생물 증식, 인간의 활동 등이 있는 것으로 보고되고 있다(Macher, 1999).

본 연구의 목적은 대학실험실, 병원진단검사실에서 부유진균의 농도를 측정하고 농도에 영향을 미칠 수 있는 환경변수로 실험실 종류, 환기시스템, 상대습도, 온도를 조사하고 공기중에 존재하는 주요 진균의 종을 동정하는 것이다.

## II. 연구대상 및 방법

### 1. 연구대상

본 연구는 2009년(6월) ~ 2009년(9월) 서울에 소재한 종합대학교 2곳(8개 실험실)의 대학실험실(미생물실험실 6곳, 어류실험실 1곳, 동물실험실 1곳)과 2곳의 3차 종합병원을 대상으로 하였다. 측정위치는 실험실 중앙, 실험실 개수대, 생물안전작업대 앞, 실험실 입구의 4개 지점(실험물질폐기장소는 중앙, 실험물질폐기물 봉투 위, 모퉁이 3개 지점)을 선정하여 상부 1m ~ 1.5m 지점에서 총 97 개의 공기 중 시료를

측정하였다.

### 2. 측정 및 분석방법

#### 1) 시료채취 및 배양

28.3 l/min의 유량으로 보정된 Andersen one-stage sampler (Quick Take 30, SKC Inc, USA)를 사용하였다. 시료채취는 시료채취 위치에서 5분 동안 각각의 위치에서 입구쪽만을 제외하고 3번씩 반복 채취하였으며, 시료 채취 전에는 알코올 솜으로 Sampler 내부를 소독처리 후 멸균된 배지를 Sampler에 장착하였다. 배지는 진균 집락을 성장시킬 수 있는 Sabouraud Dextrose Agar(SDA)를 하였고, 채취가 완료된 배지는 35 °C에서 72시간 동안 Incubator에서 배양시킨 후, 집락(Colony)수를 개수하여 공기 중 단위 용량당 집락 수를 보정계산하여 농도(CFU/m<sup>3</sup>)를 나타내었다. 시료의 오염과 오차를 방지하기 위해 전체시료의 10%는 공시료를 사용(NIOSH, 1994) 하였다. 시료채취 시간 동안 온도와 습도는 Velocicalc® Air Velocity Meter(Model 9555 Series, TSI)를 이용하여 시료채취 때마다 측정하여 온습도의 정확성을 높였다.

#### 2) 부유진균의 동정

부유진균배양을 위하여 순수분리 배양된 SDA 배지는 동정 전문가에 의해 집락의 형태로 관찰하였으며 필요에 따라 슬라이드배양을 통해 균사와 포자 형성 등을 lactophenol cotton blue(LPCB) 염색을 통해 형태학적 동정을 실시하였다. 필요에 따라 새로운 SDA 배지에 순수 분리 배양하였으며 3주간 관찰하여 배양되지 않았으면 배양되지 않은 것으로 판단하였다. LPCB 염색을 통해 균사만 관찰되고 포자형태가 보이지 않은 경우는 Unidentified mold로 분류하였다.

#### 3) 통계분석

통계분석은 SPSS package (version 12.0)프로그램을 사용하였다. Shapiro-Wilk test 결과 비정규분포를 나타내어 모든 통계분석은 비모수 방법을 이용하여 수행하였다. 부유진균 농도와 환경인자간에 상관성을 알아보기 위해 Spearman test 분석법을 적용하여 통계적 상관성을 검정하였고, 기관별의 농도 차이 여부와 대학실험실 종류에 따른 유의성을 검정을 위해 Mann-Whitney 와 Kruskal-Wallis test 분석방법을 사용하였다.

## III. 연구결과

### 1. 기관별 일반적인 특징 및 진균의 농도

Table 1은 대학교실험실(8곳), 병원진단검사실(2)의 특징과 농도분포를 나타낸 것이다. 2개 기관의 온도는 전체평균이

**Table 1. Fungal concentrations and environmental factors investigated in university laboratory, hospital diagnostic laboratory and biowaste stie**

Institution	F*	n	Species of fungi identified	Mean ± SD (CFU/m <sup>3</sup> )	In/Out ratio	Temperature (°C)	Relative humidity (%)	Ventilation system
University laboratory	A <sup>a</sup>	9	<i>Aspergillus species</i> , <i>Aspergillus flavus</i> , <i>Penicillium species</i> , Unidentified mold	122 ± 99.7	NA	26.7 ± 0.4	54.2 ± 1.8	GV <sup>e</sup>
	B <sup>a</sup>	10	<i>Aspergillus species</i> , <i>Penicillium species</i> , Unidentified mold	347 ± 122	NA	26.3 ± 0.5	71.3 ± 2.5	GV <sup>e</sup>
	C <sup>a</sup>	10	<i>Aspergillus species</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>Penicillium species</i>	56 ± 46	0.4	24.7 ± 1.5	62.9 ± 6.0	GV <sup>e</sup>
	D <sup>a</sup>	10	<i>Aspergillus species</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>Penicillium species</i>	13 ± 13	0.1	26.7 ± 1.2	43.4 ± 5.4	HVAC <sup>f</sup>
	E <sup>a</sup>	10	<i>Aspergillus species</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>Penicillium species</i> , Unidentified mold	36 ± 27	0.9	26.1 ± 1.9	48.9 ± 5.2	HVAC <sup>f</sup>
	F <sup>a</sup>	9	<i>Aspergillus species</i> , <i>Penicillium species</i> , Unidentified mold	49 ± 35	1.2	23.0 ± 1.0	46.6 ± 1.1	GV <sup>e</sup>
	G <sup>b</sup>	10	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>Penicillium species</i> , Unidentified mold	804 ± 503	9.3	25.3 ± 0.4	60.7 ± 2.6	GV <sup>e</sup>
	H <sup>c</sup>	10	Unidentified mold	11 ± 17	0.5	24.2 ± 1.1	51.8 ± 8.6	HVAC <sup>f</sup>
Hospital diagnostic laboratory	I <sup>d</sup>	9	<i>Aspergillus species</i> , <i>Penicillium species</i> , Unidentified mold	18 ± 16	NA	25.4 ± 0.9	27.9 ± 3.2	HVAC <sup>f</sup>
	J <sup>d</sup>	10	<i>Aspergillus species</i> , Unidentified mold	23 ± 51	NA	23.1 ± 1.5	56.3 ± 2.2	HVAC <sup>f</sup>
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>97</b>		<b>151 ± 293</b>		<b>25.1 ± 1.7</b>	<b>52.8 ± 12.0</b>	

\*; Facility, a; microbial lab, b; fish lab, c; mouse lab, d; diagnostic lab, t; consists of solids, liquids, laboratory waste and hazardous chemicals with biological components that are potentially infectious or dangerous, e; General ventilation, f; heating, ventilation, and air conditioning, NA ; No application (rainy days except for J)

25.1°C로 범위는 19.9 ~ 29.8°C를 나타내었고, 상대습도는 평균이 52.8 %, 범위가 22.9 ~ 74.5 %로 나타났다. 시설에 따른 환기시스템은 대학과 병원을 포함한 10개 시설 중 5개 시설 (A, B, C, F, G, K)이 전체 환기시설(자연환기 방식)이었고, 5개 시설 (D, E, H, I, G)이 공조환기시설을 갖추고 있었다.

부유 미생물에 의한 내부 오염도를 평가하기 위해 일반적으로 I/O ratio (실내외 농도비)를 실험실 별로 측정된 결과 C, D, E 실험실의 I/O ratio 비율이 1이하로 외부농도가 내부농도보다 높은 것으로 나타났고 F, G 실험실이 1 이상으로 내부농도가 외부농도보다 높은 것으로 나타났다.

대학교실험실과 병원진단검사실에서 측정된 부유진균은 주로 *Aspergillus spp.*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Penicillium spp.*로 동정되었다.

기관별에 따른 부유진균의 농도분포는 Table 2와 같다. 대학실험실 (Mean ± SD = 113 ± 140 CFU/m<sup>3</sup>)이 병원진단검사

실 (21 ± 38 CFU/m<sup>3</sup>)에 비해 높은 농도수준을 나타내었다 (p < 0.001).

대학실험실의 종류에 따른 부유진균의 농도를 비교한 결과 어류실험실 (804 ± 503 CFU/m<sup>3</sup>)농도가 가장 높았고 그 다음이 미생물실험실 (104 ± 134 CFU/m<sup>3</sup>), 동물실험실 (11 ± 17 CFU/m<sup>3</sup>) 순으로 나타났다 (Fig1.).

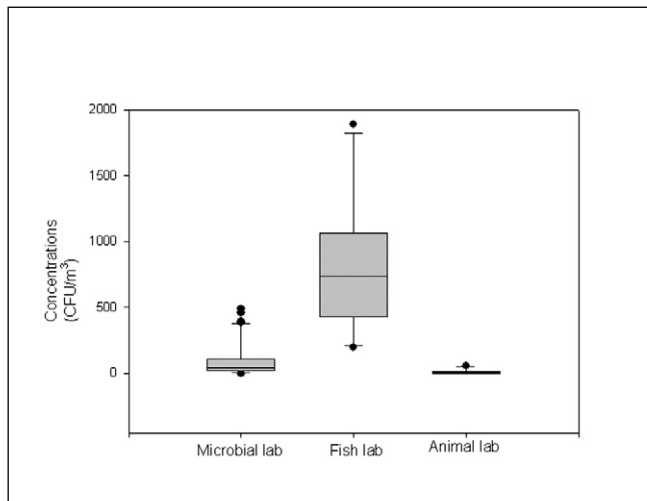
## 2. 부유진균의 영향인자

Table 3은 부유진균의 영향을 미치는 인자를 알아보기 위해 환기시스템을 전체환기와 공조환기로 구분하고 상대습도는 60 %, 온도는 전체평균 (25 °C)을 기준으로 평균 이상과 이하로 구분하여 나타낸 것이다. 환기시스템은 전체환기시설이 공조환기시설보다 부유진균의 농도가 유의하게 높은 결과 (p<0.001)를 나타내었고 상대습도 역시 상대습도가

**Table 2. Comparisons of airborne fungal concentrations according to the institution type**

Characteristic	Variable	No. of samples	Airborne fungi concentration (CFU/m <sup>3</sup> )				
			Mean ± SD	Min	Median	Max	p-value
Institution	University lab	78	113 ± 140	ND	48.4	18907	<0.001 <sup>a</sup>
	Hospital diagnostic lab	19	21 ± 38	ND	7	167	

a; Mann - Whitney test, ND; No detection



**Fig 1. Box plots of airborne fungal concentration according to type of laboratories (microbial lab. (n=58), fish lab. (n=10) and animal lab. (n=10), p<0.001**

60% 이상 일 때가 60% 이하 일 때 보다 부유진균의 농도가 유의하게 높은 것으로 나타났다 ( $p < 0.001$ ). 하지만 온도가 25 °C 이상 일 때와 이하일 때는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 부유진균의 환경인자들(상대습도, 온도)과 부유진균 농도간의 상관성분석 결과 온도와 상대습도에 유의한 상관성이 있는 것으로 나타났다 ( $p < 0.001$ ).

상대습도에 가장 영향을 많이 받는 부유진균의 농도를 좀 더 구체적으로 알아보기 위해 상대습도를 약 10% 단위로 구분하여 진균의 농도분포를 보았다 (Table 4). 농도분포 결과 40-50%에서 평균이 18 CFU/m<sup>3</sup>로 가장 낮은 농도를 나타내었고 60-70%가 430 CFU/m<sup>3</sup>로 가장 높은 농도를 나타내었다.

#### IV. 고찰

미국 노동성 산업안전보건청(U.S. Occupational Safety and Health

Administration, OSHA)에서는 공기 bioaerosols에 대한 권고 기준을 1,000 CFU/m<sup>3</sup>로 제시하고 있다. 본 연구결과 OSHA 권고기준치 1,000 CFU/m<sup>3</sup>를 초과하는 실험실은 어류실험실 2개 시료를 제외하고는 모두 1,000 CFU/m<sup>3</sup> 미만인 것으로 나타났다.

현재까지 부유진균과 관련된 인자에 관한 연구는 빌딩의 사무실(Wu 등, 2005), 레크레이션 시설과 초등학교 (Jo 와 Seo, 2005), 꽃가게와 애견미용실 및 진료소(Jo 와 Kang, 2006), 보육시설(Zuraimi 등, 2008)등과 본 연구주체를 포함하는 대학 실험실(황성호 등, 2010)에 관한 연구는 있었지만 대학실험실, 병원진단검사실에서 부유진균의 영향인자를 조사한 연구는 상대적으로 부족하다.

본 연구에서 조사된 병원진단검사실에서서의 진균의 평균 농도(21 CFU/m<sup>3</sup>)를 기초로 하여 다른 병원장소에 측정된 결과를 보면 종합병원 Main lobby가 평균 156 CFU/m<sup>3</sup>, 병원 실험실이 평균 126 CFU/m<sup>3</sup> (김기연 등, 2006)로 나타나 본 연구 결과 보다 높은 부유진균농도를 나타내었다. 이는 병원진단 검사실이 병원균을 취급하는 곳으로 다른 병원의 실내보다도 깨끗하고 청결하게 유지관리 해야 하는 장소이기 때문인 것으로 판단되었다.

본 연구에서 부유진균의 농도는 환기시스템이 전체환기인 시설, 높은 상대습도(>60%)가 대학실험실, 병원진단검사실에 영향을 주었다. 본 연구에서는 공조시스템을 가동하는 실험실에서 부유진균의 농도가 낮고, 자연환기가 이루어지는 실험실인 경우가 부유진균의 농도가 높았는데 이는 부유진균의 농도에 직접영향을 주는 상대습도가 전체환기가 이루어지는 실험실(Mean = 62.5%)이 공조시스템 가동 실험실 (Mean = 48.1%)에 비해 부유진균의 생장에 좋은 환경조건이었기 때문인 것으로 추정되었다. 실제로 향상된 실내의 환기는 업무의 효율과 수행력을 증진시킨다 (Seppänen 등, 2006). 하지만 공조환기시스템이 적절하게 설비되어 관리 운영되지 않으면 유해한 물질이 실내로 침입해 실내환경을 오염시킬 수 있고 공조환기시스템의 실패로 인해 건물이 수해를 입을 경우, 누수된 부분의 건물자재에 수분함량을 높여 미생물이 자랄 수 있는 좋은 여건을 제공하게 되어, 결국 건물구조

**Table 3. Univariate predictors of airborne fungal concentrations**

	Groups	No. of samples	Airborne fungi concentrations (CFU/m <sup>3</sup> )				p-value
			Mean ± SD	Min	Median	Max	
Ventilation system	GV <sup>b</sup>	48	283 ± 372	ND	112	1890	<0.001 <sup>a</sup>
Relative Humidity(%)	HVAC <sup>c</sup>	49	21 ± 29	ND	7	168	
Temperature (°C)	>60	21	246 ± 240	ND	198	998	<0.001 <sup>a</sup>
	≤60	76	156 ± 361	ND	28	1890	
	>25	52	123 ± 311	ND	28	1890	0.40 <sup>a</sup>
	≤25	45	181 ± 270	ND	50	1251	

a; Mann-Whitney test, b: General ventilation, c: heating, ventilation, and air conditioning, ND; No detection

**Table 4. Spearman correlation between fungal concentrations and environmental factors**

	Fungal concentrations(CFU/m <sup>3</sup> )	Temperature (°C)	Relative humidity (%)
Fungal concentrations (CFU/m <sup>3</sup> )	1.00		
Temperature (°C)	0.30*	1.00	
Relative humidity (%)	0.57*	0.23	1.00

\*p < 0.01

**Table 5. Airborne fungal concentrations according to relative humidity range**

Relative humidity range (%)	No. of samples	Airborne fungi concentrations (CFU/m <sup>3</sup> )			
		Mean ± SD	Min	Median	Max
< 40	14	18 ± 15	ND	18	42
40 - ≤ 50	22	37 ± 18	ND	18	198
50 - ≤ 60	34	80 ± 178	ND	25	998
60 - ≤ 70	18	430 ± 519	ND	229	1890
>70	9	341 ± 130	42	377	485

ND; No detection

내의 생물학적 오염문제를 야기하게 된다(Wu 등, 2005; Mendell 등, 2008; Fisk 등, 2009, 박주형, 2009).

전형적으로 높은 상대습도는 미생물의 성장을 활발하게 하는 원인으로 보고되었다(ACGIH, 1999). 특히 상대습도는 온도가 낮은 상태에서도 미생물이 성장에 결정적인 역할을 하는 것으로 알려지고 있다(Tsai 와 Liu, 2009).

상대습도를 약 10% 단위로 구분한 부유진균의 농도분포 결과 40-50%에서 가장 낮은 농도를 나타내었고 60-80% 이상이 가장 높은 농도를 나타내어 상대습도가 올라갈수록 부유진균의 농도가 높아지는 경향을 볼 수 있었다. 이는 Lin과 Li (2000)의 연구에서 미생물의 성장은 상대습도가 60% 이상에

서 자라기 유리한 조건이라고 보고한 결과와 일치하였다.

대학실험실에서 높은 부유진균의 농도는 G실험실(어류실험실)에서 가장 높은 농도로 관찰되었는데 이는 G실험실의 내부 환경이 실험실 특성상 어항으로 둘러싸여있고, 바닥은 과다한 수분으로 덮혀져 있었기 때문에 수분의 영향을 크게 받은 것으로 판단되었다. 실내에 존재하는 과다한 수분은 실내에 습기를 공급할 뿐 만 아니라 그 자체가 부유진균의 농도를 높이는 가장 중요한 요인으로 간주되기 때문이다(Nilsson 등, 2003; 박주형, 2009). 미국의 환경보호청(EPA)에서는 부유진균을 저감시키기 위한 대책의 일환으로 실내 공간에 존재하는 수분의 원인을 규명하고, 습도를 낮추며, 그 원

인들을 제거하라고 제안하고 있다(EPA, 2001).

본 연구는 대학실험실, 병원진단검사실의 부유진균 농도와 관련인자를 평가한 연구로 대학실험실에 비해 병원진단 검사실이 상대적으로 시료수가 적은 것과 SDA 배지가 진균 뿐 아니라 세균 집락 형성에도 우호적 조건을 형성하는 단점 때문에 부유진균의 농도가 과대평가될 수 있는 것이 본 연구의 제한점이다.

그렇지만 본 연구는 지난 연구(황성호 등, 2010)에서 미흡 하였던 반복측정을 각 위치마다 3번씩 측정하고 포집 시마다 측정위치에서 온도와 상대습도를 측정하여 이전 연구보다 신뢰할 수 있는 부유진균의 농도를 평가한 사례연구로써 연구자들의 작업환경에 대한 위해요소 예방을 위한 기초자료로 사용될 수 있다.

## V. 결론

본 연구는 대학실험실, 병원진단검사실을 대상으로 부유진균의 농도수준과 관련인자 및 영향인자를 조사한 연구로

1. 전체환기시설이 공조환기시설보다 부유진균의 농도가 유의하게 높은 결과 ( $p < 0.001$ )를 나타내었다.
2. 상대습도 역시 상대습도가 60% 이상 일 때가 이하 일 때보다 부유진균의 농도가 유의하게 높은 것으로 나타났다 ( $p < 0.001$ ).
3. 부유진균과 환경인자들(상대습도, 온도)간의 상관성분석결과 온도와 상대습도가 유의하게 높은 상관성을 나타내었다 ( $p < 0.001$ ).

## 감사의 글

본 연구는 2009년 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구연구원연구용역-병원체 취급 근로자의 작업환경 실태조사 및 안전보건지침 작성 연구과제- 일환으로 진행되었으므로 본 조사연구의 연구비 지원에 감사드립니다.

## REFERENCES

김기연, 이창래, 김치년, 원종욱, 노재훈. 종합병원의 실내공기에 분포하는 부유세균과 진균의 입경별 종류와 특성. 한국산업위생학회지 2006;16(2):101-109

김기연, 정연일, 김치년, 원종욱, 노재훈. 사료제조공장 내 공기 중 세균과 진균 분포에 관한 연구. 한국산업위생학회

지 2007;17(4):335-342

김영권, 김태운, 김신무, 김성권, 김승곤, 김영자, 김충환, 김봉철, 이건설, 정경석, 이장호, 최양순. 임상진균학. 고려의학;2000.

박주형. 실내환경에서 생물학적 인자에 대한 노출평가. 한국환경보건학회지 2009;35(4):239-248

송주희, 민진영, 조경아, 윤영희, 백남원. 서울시 일부 종합병원의 공기 중 미생물 농도 분포. 한국환경보건학회지 2007;33(2):104-114

환경부. 다중이용시설등의 실내공기질관리법 시행규칙, 환경부령 2004;제156호

황성호, 조현우, 박동욱, 윤충식, 류경남, 하권철. 일부 대학교 미생물실험실 및 화학실험실에서의 진균 분포 및 관련인자. 한국산업위생학회지 2010;20(1):41-46

Desai, M. S., Ghosh, S. K. : Aflatoxin related hazards among rice mill workers. J Toxicol.-Toxin Reviews 1989; 8: 81-88.

Fisk, W.J., Mirer, A.G., Mendell, M.J.: Quantitative relationship of sick building syndrome symptoms with ventilation rates, Indoor Air 2009;19: 159-165

Guo, H., Lee, S.C., Chan, L.Y. Indoor air quality investigation at air-conditioned and non-air conditioned markets in Hong Kong. Int J Science Total Environ 2004;323: 87-98

Institute of Medicine of the National Academies of Science. : Exposure Assessment. Damp indoor spaces and health. Washington D.C, National Academies Press, 2004.

Jo, W. K., Seo, Y. J.: Indoor and outdoor bioaerosol levels at recreation facilities, elementary schools, and homes, Chemosphere 2005; 61: 1570-1579.

Jo, W. K., Kang, J. H. : Workplace exposure to bioaerosols in pet shops, pet clinics, and flower gardens, Chemosphere 2006; 65: 1755-1761

Lavoie J, Dunkerley CJ, Kosatsky T, Dufresne A. Exposure to aerosolized bacterial and fungi among collectors of commercial, mixed residential, recyclable and compostable waste. Sci Total Environ 2006;370(1);23-28

Lin, W.H., Li, C.S. : Associations of fungal aerosols, air pollutants, and meteorological factors, Aerosol Sci. Tech 2000; 32: 359-368

Macher, JM. Bio-aerosols, Assessment and control, American Conference of Governmental Industrial Hygienists : Cincinnati.;1999.

- Mendell, M.J., Gomez, Q.L., Mirer, A.G., Seppänen, O., Brunner, G. : Risk factors in heating, ventilating, and air-conditioning systems for occupant symptoms in US office buildings: the US EPA BASE study, *Indoor Air* 2008; 18: 301-316
- National Institute for Occupational Safety and Health(NIOSH), NIOSH Manual of Analytical Methods. 4th edition, DHHS Publication, 1994; 94-113
- Nilsson, A., Kihlstrom, E., Lagesson, V., Wessen, B., Szponar, B., Larsson, L., Tagesson, C. : Microorganisms and volatile organic compounds in airborne dust from damp residences. *Indoor Air* 2003;14:74-82
- Park, J. H., Gold, D. R., Spiegelmen, D. L., Burge, H. A., Milton, D. K. : House dust endotoxin and wheeze in the first year of life. *Am J Respir Crit Care Med*, 2001;163: 332-328
- Payne, G.A. Epidemiology of aflatoxin formation by *aspergillus flavus*. In aflatoxin and *aspergillus flavus* in corn, V.L. Dena, Dena, R.L Asquith, and J.W. Dickens, eds. Auburn, AL: Southern cooperative series bulletin.; 1983.p.16-30
- Rusca, S., C. N., D. P., O. A. : Effects of bioaerosol exposure on work-related symptoms among Swiss sawmill workers. *Int Arch Occup Environ Health* 2007; 1: 12-17
- Saijo, Y., Kishi, R., Sata, F., Katakura, Y., Urashima, Y., Hatakeyama, A., Kobayashi, j. S., Jin, K., Kurahashi, N., Kondo, T., Gong, Y.Y., Umemura, T. : Symptoms in relation to chemicals and dampness in newly built dwellings. *Int Arch Occup Environ Health*, 2004;77:461-470
- Selim, M.I., Juchems, A.M., Popendorf, W. : Assessing airborne Aflatoxin B1 during on-farm grain handling activities. *Am Ind Hyg Assoc J*, 1998;59:252-256
- Tsai, M. Y., Liu, H. M. : Exposure to culturable airborne bioaerosols during noodle manufacturing in central Taiwan, *Sci. Total Environ* 2009; 407: 1536-1546
- United States Environmental Protection Agency, Clean your home of asthma triggers. EPA/402-F-99-005. USEPA, Washington, DC; 1999
- United States Occupational Safety and Health Administration, Sampling instrumentation and method, OSHA Technical manual. Washington, DC; 1992
- Wu, P.C., Li, Y.Y., Chiang, C.Y., Huang, C.Y., Lee, C.C., Li, F.C., Su, H.J., 2005. : Changing microbial concentrations are associated with ventilation performance in Taiwan's air-conditioned office buildings, *Indoor Air* 2005;15: 19-26
- Zuraimi, M. S., Tham, K. W., 2008. Indoor air quality and its determinants in tropical child care centers, *Atmos. Environ* 2008; 42: 2225-2239