

일부 음식점 주방의 부유세균 및 부유진균 조사연구

김종규 · 박정영 · 김종순*†

계명대학교 공중보건학과, *계명대학교 경영공학과

Assessment of Bacterial and Fungal Aerosols in the Kitchens of Restaurants

Jong-Gyu Kim, Jeong-Yeong Park, and Joong-Soon Kim*†

Department of Public Health, Keimyung University, Daegu, Korea

*Department of Industrial and Management Engineering, Keimyung University, Daegu, Korea

ABSTRACT

Objectives: The purpose of this study was to determine airborne bioaerosols such as bacteria and fungi in the kitchens of restaurants, and to assess the effects of thermal factors on the levels of the bioaerosols.

Methods: Air samples were taken from kitchens of nine restaurants. An Anderson type air sampler was used for sampling and measurements. Petri dishes filled with a microbiological culture medium(trypticase soy agar for bacteria and Sabouraud dextrose agar for fungi) were used as the sampling surface.

Results: The levels of bacterial aerosol measured were $10 \cdot 10^3$ CFU/m³ and fungal aerosol $10 \cdot 10^2$ CFU/m³, respectively. The mean values of air temperature and relative humidity in the kitchens were 24.6°C and 46.4%, respectively. Overall, the levels of bacterial aerosol varied by the restaurant type, and fungal aerosol by the business period($p < 0.05$). The main effect of air temperature and interaction effect of air temperature and relative humidity onto the bacterial level were significant($p < 0.05$), whereas the effects were not significant onto the fungal level.

Conclusions: The results indicate a wide variation in the levels of bioaerosols among different kitchens. The observed differences in bioaerosol levels in the kitchens reflect different periods of use. The interactions of air temperature and relative humidity onto the bacterial level suggest that constant attention should be paid to avoid peaks of contamination during the summer season.

Keywords: bioaerosol, bacteria, fungi, kitchens

I. 서 론

지난 십 수 년간 생활양식과 고용형태가 달라지면서 가정 밖에서 음식을 섭취하는 기회가 증가하였다. 근년에 우리나라 20세 이상 성인 중 음식점(음식업소, 분식점, 패스트푸드점, 노점/편의점/제과점, 기타)에서 식사하는 비율은 아침 3.5%, 점심 25.7%, 저녁 17.1%로 나타나 있다.^{1,2)}

한편으로 가정 밖에서의 음식물 섭취는 식품매개성 질환의 발생을 증가시키는 것으로 나타나고 있다. 우리나라의 식중독 발생현황 통계에서 원인시설별 식중독 발생현황을 보면 연도별로 차이는 있지만, 음식점에서 섭취한 식품이 원인이 된 경우가 2002년에 발생수 30건, 환자수 583명이었으며, 10년 후인 2012년에는 발생수 95건, 환자수 1,139명을 기록하고 있다.³⁾ 외식의 증가와 더불어 이로 인한 식중독

†Corresponding author: Department of Industrial and Management Engineering, 1095 Dalgubeol-daero, Dalseo-gu, Daegu 704-701, Korea, Tel: +82-53-580-5289, Fax: +82-53-580-5165, E-mail: jskim@kmu.ac.kr

Received: 14 April 2014, Revised: 24 April 2014, Accepted: 28 April 2014

발생이 증가함을 알 수 있다. 외국의 여러 나라에서도 음식점에서 섭취한 식품으로 인한 식중독 발생이 보고되어 있다.^{4,7)}

식중독 등을 일으키는 병원성 미생물이 식품 또는 음식물에 오염되는 원인에는 여러 가지가 있을 수 있다. 그 하나는 안전하지 못한 출처로부터 기인되는 식자재 오염으로 이는 대개 감염/오염된 식물, 동물 등으로부터 오는 오염이다. 다른 하나는 취급 상의 오염으로 흔히 교차오염이라 불리기도 한다. 이는 사람 또는 동물 유래 배설물, 이물, 오염물과 먼지, 그리고 식품을 취급하는 작업환경 및 도구, 공기 등으로부터의 오염이다. 식품취급환경 중 공기는 식품오염에 주요 역할을 할 수 있다.⁸⁾

비록 공기 중 미생물이 실내 환경의 자연적인 오염물질이기는 하지만, 그 부하의 증가는 건강위해요인이 될 수 있으며, 특히 취급하는 식품에 부패성 및 병원성 미생물의 오염 가능성을 증가시킨다. 이들 미생물의 대부분은 공기 중에 부유하는 먼지 입자와 물방울, 소위 바이오에어로졸(bioaerosol)에 의해 운반된다.⁹⁾ 미국환경보호청(EPA) 등에서는 공기를 통한 생물학적 유해요인 중에서 바이오에어로졸을 천식유발, 감염성 질환 등의 유발 원인으로 지목하였다.¹⁰⁾ 실내 공기 중 바이오에어로졸에 의한 이러한 위험이 제기되면서 실내에서의 바이오에어로졸에 관하여 연구가 시작되었다. 초기에는 병원 환경에서의 바이오에어로졸이 주요 관심사로 대두되기도 하였다.¹¹⁻¹³⁾ 이후 보육원, 학교, 양곡 보관창고, 제과점 및 도서관, 사회복지시설, 사무실 등에서 바이오에어로졸에 대한 조사가 이루어졌다.¹⁴⁻¹⁸⁾ 또한 일반 주거 환경의 실내 공기 중 바이오에어로졸에 대한 조사도 시작되었다.¹⁹⁾ 국내에서도 병원을 비롯하여 아파트를 포함한 일반주택 등에서 바이오에어로졸 조사가 진행된 바 있으며,²⁰⁻²²⁾ 또한 알레르기 환자 가정에서 유해인자에 대한 노출평가로 바이오에어로졸 연구가 수행되기도 하였다.²³⁾

이와 같이 국내·외적으로 실내 공기 중 바이오에어로졸에 대한 연구가 활발함에도 불구하고 식품 관련 업소들에 조사 연구는 매우 미흡한 실정이다. 특히 식자재를 다루고 또 직접 조리하는 음식점 주방에서의 바이오에어로졸에 대한 조사연구는 거의 찾아 볼 수가 없는 실정이다. 이에 본 연구는 일부 음식점의 주방 공기 중 바이오에어로졸을 조사하고

영업 특장별 비교와 더불어 주요 온열요소와의 관련성을 분석함으로써 음식점의 식품위생관리 및 안전향상을 위한 기초자료를 마련하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 조사 대상

조사 대상으로 일 지역에 위치한 음식점을 무작위로 선정하여 현장 답사하였다. 그 중 본 연구의 취지와 목적을 이해하고 협조 가능한 음식점 9개 업소를 대상으로 하였다. 음식점업은 매우 다양하여 업종별로 식자재 종류와 그것을 취급하는 방식이 다르므로 이로부터 주방 내 미생물 환경이 달라질 수 있다. 그러므로 한가지 음식종을 표방하는 음식점 4개 업소(한식, 중식, 양식 및 분식)와 다양한 음식을 취급하는 음식점(퓨전 음식점) 5개 업소로 구분하였다. 조사에 협조된 업소별로 영업기간이 모두 다르게 나타났다. 영업기간에 따라 영업장소 건물 등 식품취급의 환경위생적 상황이 달라질 수 있으므로 이들을 5년 이내, 10년 이내, 10년 이상으로 구분하였다.

시료 채취 및 측정은 10월 하순-11월 초순 중 오후 시간(점심시간 후로부터 저녁시간 전)에 수행하였다. 각 음식점 주방별로 3회씩 측정하였다.

2. 조사 항목 및 측정 방법

조사 항목은 온도, 습도(상대습도), 그리고 공중부유 미생물이었다. 공중부유 미생물로는 전반적인 공기 유래 세균수를 알 수 있는 총부유세균, 그리고 전반적인 진균수를 알 수 있는 총부유진균을 포집 대상으로 하였다.

공중부유 미생물 측정을 위하여 에어샘플러(air sampler, MAS-100, Merck, Germany)을 사용하여 공기 시료를 채취하였다. MAS-100 air sampler는 관성충돌방식으로 공기 흡입구에 설치된 직경 0.7 mm의 구멍 400개를 통해 유속 0.45 m/sec, 유량 100 L/min으로 흡입된 공기가 배지 위에 충돌하도록 되어 있다.

사용된 배지는 총부유세균에는 trypticase soy agar(TSA)(BD Difco, U. S. A), 총부유진균에는 Sabouraud dextrose agar(BD Difco, U. S. A.)이었다. 각 배지를 조제하여 담은 페트리디시(Petri dish)를 MAS-100 air sampler에 고정시키고 주방의 중앙

부 상방 1.2~1.5 m 위치에서 2~5분간 공기 시료를 채취하였다. 각 미생물이 포집된 Petri dish를 세균의 경우 35°C에서 2일간, 진균의 경우 25°C에서 5~7일간 배양하였다. 배양 후 형성된 집락을 관찰하고 집락수(CFU, colony forming unit)를 계수하여 공기 중 농도(CFU/m³)로 나타내었다.

공기 시료 채취와 더불어 주방별로 중앙부의 상방 1.2~1.5 m 위치에서 온도와 습도를 측정하였다. 온도와 습도 측정에는 온습도계(In/out thermo-hygrometers, Sanyo, Japan)를 사용하였다. 각 측정 지점에 계기를 설치하고 3분 이상 안정된 후에 측정하였다.

3. 자료 분석 및 통계처리

온도, 습도, 그리고 공중부유 미생물 측정 자료는 Minitab(R) 15.1(Minitab Inc., PA, U.S.A.)을 이용하여 분석하였다. 측정항목별로 평균과 표준오차를 계산하여 제시하였다. 한가지 음식종을 표방하는 음식점과 퓨전 음식점간에 총부유세균 및 총부유진균의 차이 여부, 또는 영업기간별로 총부유세균 및 총부유진균의 차이 여부를 알아보기 위하여 t-검정(t-test) 또는 일원배치 분산분석(one-way ANOVA, analysis of variance) 및 Duncan's multiple range test를 수행하였다. 또한 온도 및 습도와 공중부유 미생물 농도와의 연관성을 알아보기 위하여 일반선형모형분석을 수행하였다. 통계적으로 유의한 차이는 p<0.05를 기준으로 하였다.

III. 결 과

1. 총부유세균과 총부유진균 측정 결과

1) 업소별 분포

음식점 주방에서 총부유세균과 총부유진균을 측정 한 결과는 Table 1과 같다. 총부유세균은 40~1,715 CFU/m³으로 업소별로 편차가 컸다. 전체 업소의 총부유세균 평균은 428±123 CFU/m³이었다. 총부유진균은 50~100 CFU/m³으로 업소별로 또한 차이를 보였다. 전체 업소의 총부유진균 평균은 61±15 CFU/m³이었다.

2) 영업기간별 분포

음식점의 영업기간별로 5년 이내, 10년 이내, 10년 이상으로 구분하여 총부유세균과 총부유진균을

Table 1. Bacterial and fungal aerosol in different kitchens of restaurants

Restaurants	Bacteria(CFU/m ³)	Fungi(CFU/m ³)
1	1,715±275	50±5
2	455±195	75±35
3	500±300	75±35
4	240±70	50±5
5	110±10	50±5
6	40±10	50±5
7	485±15	50±5
8	230±40	50±5
9	75±25	100±9
Overall	428±123	61±15

Values are the mean±S.E. of three measurements.

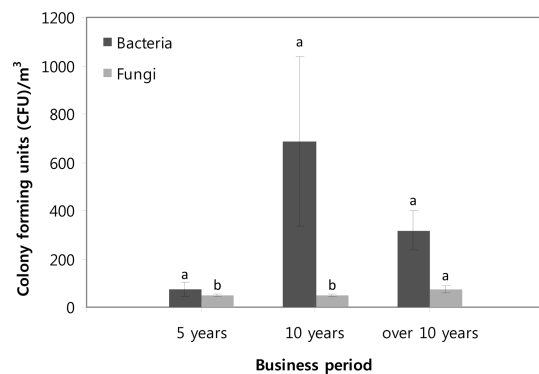


Fig. 1. Comparison of bacterial and fungal aerosols in the kitchens according to business period. Each bar is the mean ± S.E. of three measurements. The bars with different letters are significantly different by ANOVA and Duncan's multiple range test(p < 0.05).

나타낸 결과는 Fig. 1과 같다. 총부유세균은 10년 이내인 경우에 686±351 CFU/m³으로 가장 높았으며 5년 이내인 경우에 평균 75±30 CFU/m³로 가장 낮았으나 영업기간별로 유의한 차이를 나타내지 않았다. 총부유진균은 10년 이상인 경우에 75±16 CFU/m³으로 가장 높았으며 5년 이내 및 10년 이내인 경우는 10년 이상인 경우보다 유의하게 낮았다(p<0.05).

3) 음식업종별 분포

취급하는 음식에 있어 한 가지 종류를 표방하는 음식점(한식, 중식, 양식, 분식 등)과 여러 가지 음

식을 복합적으로 취급하는 음식점(퓨전식)으로 구분하여 총부유세균과 총부유진균을 나타낸 결과는 Fig. 2와 같다. 총부유세균은 한 가지 음식 종류를 표방하는 음식점에서 728±54 CFU/m³로 퓨전 음식점 235±188 CFU/m³에 비하여 높았으며, 유의한 차이를 나타내었다(p<0.05). 총부유진균은 각각 63±8 CFU/m³과 60±7 CFU/m³으로 음식점종별로 차이를 나타내지 않았다.

2. 온도 및 습도 측정 결과

각 주방의 온도와 습도를 측정한 결과는 Table 2와 같다. 기온은 23.8~25.7°C, 습도는 40.7~54.2%이었다. 전체 업소의 평균 온도는 24.6±0.8°C, 평균 습도는 46.4±6.1%로 나타났다.

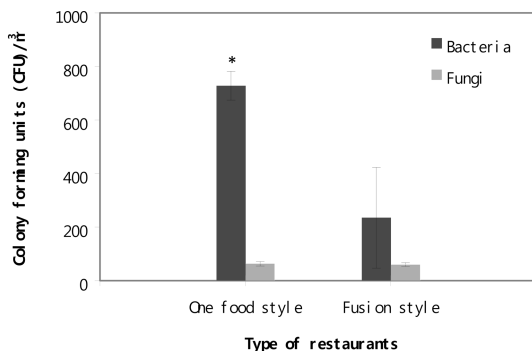


Fig. 2. Comparison of bacterial and fungal aerosols in the kitchens according to restaurant types. Each bar is the mean ± S.E. of three measurements. *: p < 0.05.

Table 2. Air temperature and relative humidity in different kitchens of restaurants

Restaurants	Temperature(°C)	Relative humidity(%)
1	24.6±0.9	45.8±1.6
2	24.3±0.4	48.8±0.3
3	23.8±0.4	43.9±3.1
4	23.9±0.1	41.5±0.1
5	24.9±0.7	40.7±0.2
6	24.7±0.5	46.6±3.1
7	25.7±0.2	48.3±2.8
8	24.8±0.4	54.2±1.1
9	24.5±0.4	50.4±2.0
Overall	24.6±0.8	46.4±6.1

Values are the mean±S.E. of three measurements.

3. 온도 및 습도와 부유미생물의 관련성

주방의 온도와 습도가 총부유세균과 총부유진균에 미치는 영향을 알아보기 위한 일반선형모형분석 결과는 Table 3 및 Table 4와 같다. 총부유세균에 있어 온도에 의한 주효과는 유의하게 나타났으나(p<0.01) 습도에 의한 주효과는 유의하지 않았다. 그렇지만 총부유세균에 대한 온도와 습도의 교호작용 효과는 유의하였다(p<0.05). 총부유진균에 있어서는 온도나 습도의 주효과가 유의하지 않았으며 온도와 습도의 교호작용 효과도 유의하지 않았다.

IV. 고 찰

본 연구의 조사대상 음식점 주방에 분포하는 총부유세균과 총부유진균의 농도는 각각 10²~10³ CFU/m³, 10¹~10² CFU/m³ 수준이며 차이가 비교적 컸다. 이는 현장시료에서 나타나는 특징적 결과로 보인다. 음식점 주방의 부유미생물 수준을 조사한 국내 연구는 아직까지 보고된 바가 없어 비교할 수 없으나 병원, 보육원, 노인복지센터, 산후조리원 등에서 총부유세균 및 진균이 294~931 CFU/m³ 및 334~536 CFU/m³

Table 3 Interaction effect of air temperature and relative humidity on the bacterial aerosol concentration in the kitchens

Source of variation	df	MS	F	p value
Air temperature(T)	2	1191721.0	9.02	0.004**
Relative humidity(RH)	1	538283.0	4.08	0.066 ns
T × RH	2	728875.0	5.52	0.020*
Error	12	132057.0		
Sum	17	2590936		

df: degrees of freedom, MS: mean square, ns; not significant, *: p<0.05, **: p<0.01

Table 4. Interaction effect of air temperature and relative humidity on the fungal aerosol concentration in the kitchens

Source of variation	df	MS	F	p value
Air temperature(T)	2	276.2	0.66	0.533 ns
Relative humidity(RH)	1	101.2	0.24	0.631 ns
T × RH	2	625.0	1.50	0.262 ns
Error	12	416.7		
Sum	17	1419.1		

df: degrees of freedom, MS: mean square, ns; not significant

로 보고되었다.²⁰⁾ 또 일반사무실에서는 총부유세균 및 진균이 426 CFU/m³ 및 234 CFU/m³이었다.²⁴⁾ 본 연구결과에서 나타난 평균치는 이들 보고에 비하여 총부유세균은 유사한 수준을 보였으며 총부유진균은 낮은 편이었다. 국외의 경우 가정에서 총부유세균 및 진균을 조사한 결과 각각 1,021 CFU/m³ 및 225 CFU/m³이었다는 보고가 있었다.²⁵⁾ 푸드코트의 음식물 섭취 장소에서 총부유세균 및 진균을 조사한 결과 120 CFU/m³ 및 501 CFU/m³이었다는 보고가 있었다.²⁶⁾

우리나라에서 음식점 공기나 주방의 공기에 대한 기준은 마련되어 있지 않다. 실내공기질관리법의 다중이용시설 등(의료기관, 어린이집, 노인요양시설, 산후조리원)에 대한 실내공기질 유지 기준에서 총부유세균은 800 CFU/m³이다.²⁷⁾ 총부유진균에 대한 WHO 권고기준치는 500 CFU/m³이다.²⁸⁾ 본 연구대상 음식점 주방 중 일부는 이중 세균의 기준을 초과하였다. 음식점이나 음식점 주방 공기는 다른 시설과 달리 종사자의 건강 뿐만 아니라 무엇보다도 취급하는 음식에 미치는 영향이 지대할 것이므로 이에 관한 기준이 마련되어야 할 것이다.

온도와 습도는 주요 온열요소이면서 주방의 경우 특히 환기와 열원의 영향을 받는다. 주방의 온습도에 대해서는 산업보건기준 등에 설정되어 있지 않으며, 일반적으로는 18~24°C, 40~70%의 온습도 범위가 바람직한 것으로 알려져 있다. 집단급식소의 식재료 보관상 위생관리를 위해서는 온도 15-25°C, 습도 50-60% 유지가 권장되기도 하였다.²⁹⁾ 그렇지만 음식물을 취급하는 장소에서 강한 작업이 수반될 경우에는 이보다 훨씬 낮은 온도를 유지하여야 한다고 제시되기도 하였다.^{30,31)} 음식점 주방에 대한 온습도 조사 자료가 축적되어 있지 않아 본 연구 결과와 비교할 수 없지만, 학교급식소 조리실의 온도 조사 결과 21.4-22.4°C였다는 보고가 있다.³²⁾ 본 연구대상 주방의 습도는 비교적 양호한 편이지만 온도는 음식물 취급 장소로서는 좀 더 낮추어져야 할 것으로 보인다.

음식점은 각종 식자재를 다루고 조리엔 열원을 사용하므로 천장에 수증기 응축 등이 일어나게 된다. 특히 고압 증기와 같은 요인이 바이오에어로졸에 영향을 미칠 수 있다.³⁰⁾ 천장에 수증기 응축 방지 시설을 하는 것이 바람직하지만 조사된 음식점들은 이러한 설비를 갖추지 못하였다. 장소 사용기간이 길

수록 이러한 현상은 더 가중될 것이다. 그러므로 본 연구에서 장소 사용기간(영업기간) 별로 총부유세균 및 진균의 차이 여부를 알아본 결과, 조사된 음식점의 영업기간별로 총부유세균의 경우 영업기간 10년 이내인 업소에서 비교적 높고, 총부유진균은 10년 이상인 업소에서 유의하게 높게 나타난 점이 특이하다. 반면 음식업종별로는 퓨전 음식점 보다는 한 가지 음식 종류를 표방하는 음식점에서 총부유세균이 유의하게 높게 나타났고 진균은 업종별로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 그러므로 본 연구 대상 음식점 주방에서 부유미생물의 발생원이 될 수 있는 식자재, 환기 시스템, 또는 증기 등 실내 환경요인들이 각각 다름으로 인하여 나타난 결과로 볼 수 있다. 본 연구에서 이에 대해서는 조사되지 않아 특정의 원인으로 단정할 수 없으며 앞으로 더 조사가 필요한 부분이다.

실내의 부유미생물 분포는 우선적으로 환경요인에 따라 달라질 수 있을 것이다. 특히 온도와 습도는 실내 환경과 공기에 영향 미칠 수 있음이 제시된 바 있다.³³⁾ 본 연구에서는 주방의 온도 및 습도가 부유미생물에 실제로 영향 미치는 지를 알아보았다. 총부유세균에 대해서 기온의 주작용, 온도와 습도의 교호작용은 유의하였다. 그러나 총부유진균에 대해서는 이들 온열요소가 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 조사대상 주방의 환기시스템 등을 조사하지 못하여 이에 의한 영향까지 알아내지 못하였으며, 또한 조사대상 수가 적어 연구제한점으로 남는다. 따라서 향후 주방별로 온열요소, 환기시스템 등에 대한 상세한 조사와 더불어 더 많은 음식점 주방을 대상으로 장시간에 걸쳐 모니터링함으로써 주방 내 부유미생물에 영향 미치는 요인들과 그 영향 정도를 정확히 파악할 수 있을 것으로 본다.

V. 결 론

본 연구는 음식점 주방의 공기 중 바이오에어로졸(총부유세균과 총부유진균)을 측정하고 주요 온열요소와의 관련성을 분석하였다. 일 지역에서 9개 음식점을 선정하여 주방을 현장 조사하였다. 관성충돌방식의 air sampler를 사용하여 공기 시료를 포집하였으며, 온도 및 습도를 측정하였다. 총부유세균 측정

에는 trypticase soy agar(TSA)를, 그리고 총부유진균에는 Sabouraud dextrose agar(SDA)를 사용하였다. 주방의 총부유세균은 10^2 - 10^3 CFU/m³, 진균은 10 - 10^2 CFU/m³ 수준이었다. 주방의 온도는 평균 24.6°C, 습도는 46.4%였다. 영업기간별로 총부유세균은 유의한 차이가 없었으며, 총부유진균은 10년 이상인 업소에서 유의하게 높았다($p < 0.05$). 음식점별로 한 가지 음식종을 취급하는 음식점과 퓨전 음식점 사이에 총부유세균에서 유의한 차이가 있었으며($p < 0.05$) 총부유진균은 유의한 차가 없었다. 주방의 총부유세균 수준은 온도에 의한 영향, 온도-습도 교호작용의 영향을 받는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 본 연구결과로부터 총부유세균 및 진균은 주방별로 차이가 크며 주방 점유기간에 따라 달라질 수 있음을 알 수 있다. 또 온도 및 습도라는 환경 변인이 주방의 총부유세균 수준에 주요한 역할을 하는 것으로 나타나 기온이 높아지는 시기에 바이오에어로졸이 급격히 상승할 수 있으므로 각별한 주의가 필요하다. 또한 향후 주방의 식자재, 집기, 설비 인력 등에 대한 추가적 조사를 통해 미생물학적 안전성을 총괄적으로 평가해야 할 것이다.

References

1. Korea centers for disease control and prevention. The Fourth Korea National Health and Nutrition Examination Survey(K-NHANES IV). 2007. Available: https://knhanes.cdc.go.kr/knhanes/sub04/sub04_03.do?classType=7. [accessed 12 February 2014].
2. Korea centers for disease control and prevention. The Fourth Korea National Health and Nutrition Examination Survey(K-NHANES IV). 2008. Available: https://knhanes.cdc.go.kr/knhanes/sub04/sub04_03.do?classType=7. [accessed 12 February 2014].
3. Ministry of food and drug safety, Korea(MFDS). Food Poisoning Statistics, 2013 Available: <http://www.mfds.go.kr/e-stat/index.do> [accessed 12 February 2014].
4. Black AP, Kirk MD, Millard G. *Campylobacter* outbreak due to chicken consumption at an Australian capital territory restaurant. *Commun Dis Intell Q Rep*. 2006; 30(3): 373-377.
5. Brila A, Innuse M, Perevosikovs J, Lucenko I. An Outbreak of Salmonella Enteritidis Infections linked to a Restaurant in Riga, August 2006. Available: <http://www.eurosurveillance.org/ew/2006/061026>.
6. Medus C, Smith KE, Bender JB, Besser JM, Hedberg CW. *Salmonella* outbreaks in restaurants in Minnesota, 1995 through 2003: evaluation of the role of infected foodworkers. *J Food Prot*. 2006; 69: 1870-1878.
7. Moffatt CR, Combs BG, Mwanri L, Holland R, Delroy B, Cameron S, et al. An outbreak of *Salmonella typhimurium* phage type 64 gastroenteritis linked to catered luncheons in Adelaide, South Australia, June 2005. *Commun Dis Intell Q Rep*. 2006; 30(4): 443-448.
8. Lutring KR, Linton RH, Zimmerman NJ, Peugh M, Heber AJ. Distribution and quantification of bioaerosols in poultry slaughtering plants. *J Food Prot*. 1997; 60(7): 804-810.
9. Di Giulio M, Grande R, Di Campli E, Di Bartolomeo S, Cellini L. Indoor air quality in university environments. *Environ Monit Assess*. 2010; 170(1-4): 509-517.
10. EPA. Indoor air pollution: introduction for health professionals. US: EPA Press; 2005.
11. Klanova K, Hollerova J. Hospital indoor environment: screening for micro-organisms and particulate matter. *Indoor Built Environ*. 2003; 12: 61-67.
12. Li S, Hou PA. Bioaerosol characteristic in hospital clean rooms. *Sci Total Environ*. 2003; 305(1-3): 169-176.
13. Obbard JP, Lim SF. Airborne concentration of bacteria in a hospital environment in Singapore. *Water Air Soil Pollut*. 2003; 144: 333e41.
14. Zuraimi MS, Tham KW. Indoor air quality and its determinants in tropical child care centers. *Atmos Environ*. 2008; 42(9): 2225-2239.
15. Aydogdu H, Asan A, Otkun MT, Ture M. Monitoring of fungi and bacteria in the indoor air of primary schools in Edirne city, Turkey. *Indoor Built Environ*. 2005; 14(5): 411-425.
16. Jain AK. Survey of bioaerosol in different indoor working environments in central India. *Aerobiologia*. 2000; 16: 221-225.
17. Rolka H, Krajewska-Kulak E, Lukaszuk C, Oksiejczuk E, Jakoniuk P, Leszczynska K, et al. Indoor air studies of fungi contamination of social welfare home in Czerewki in north-east part of Poland. *Annales Academiae Medicae Bialostocensis*. 2005; 50(Suppl 1): 26-30.
18. Kalogerakis N, Paschali D, Lekaditis V, Pantidou A, Eleftheriadis K, Lazaridis M. Indoor air quality-bioaerosol measurements in domestic and office premises. *J Aerosol Sci*. 2005; 36(5-6): 751-61.

19. Nasir ZA, Colbeck I. Assessment of bacterial and fungal aerosol in different residential settings. *Water Air Soil Pollut.* 2010; 211(1-4): 367-377.
20. Kim KY, Kim CN. Airborne microbiological characteristics in public buildings of Korea. *Build Environ.* 2007; 42(5): 2188-196.
21. Kim KY, Kim YS, Kim D. Distribution characteristics of airborne bacteria and fungi in the general hospitals of Korea. *Ind Health.* 2010; 48: 236-243.
22. Lee JH, Jo WK. Characteristics of indoor and outdoor bioaerosols at Korean high-rise apartment buildings. *Environ Res.* 2006; 101(1): 11-17.
23. Moon KW, Byeon SH, Choi DW, Kim YW, Lee JH, Lee EI. Exposure assessments on biological contaminants in homes of allergy patients - bacteria, fungi, house dust mite allergen and endotoxin. *J Environ Health Sci.* 2005; 31(2): 120-126.
24. Kim KY, Roh YM, Kim YS, Lee CM, Sim IS. Profile of airborne microorganisms distributed in general offices. *J Korean Soc Occup Environ Hyg.* 2008; 18(1): 11-19.
25. Pastuszka JS, Paw UKT, Lis DO, Wlazio A, Ulfig K. Bacterial and fungal aerosol in indoor environment in Uper Silesia, Poland. *Atmos Environ.* 2000; 34(22): 3833-3842.
26. Rajasekar A, Balasubramanian R. Assessment of airborne bacteria and fungi in food courts. *Build Environ.* 2011; 46(10): 2081-2087.
27. Korea ministry of government legislation(KMGL). Indoor Air Quality Control in Public use Facilities. Available: <http://www.law.go.kr/lsSc.do?menuId=0&pl=&subMenu=1&nwYn=1&query=%EB%8B%A4%EC%A4%91&x=0&y=0#liBgcolor0>. [accessed 12 February 2014].
28. WHO. Household Air Pollution and Health. Available: [http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs292/en/\(2005\)](http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs292/en/(2005)) [accessed 12 February 2014].
29. Korea food and drug administration. Manual of sanitary management in food service institutions. Seoul: KFDA Press; 2009. p.17.
30. Kim JG. Food hygiene and sanitation. Seoul: Shingwang publications Press; 2006. p.194.
31. Sprenger RA. Hygiene for management. Doncaster: Highfield publications Press; 2005. p.194.
32. Kim JG. A survey on the sanitary condition of kitchens in school food-service programs. *Kor J Environ Health.* 2003; 29(2): 87-93.
33. D'Orazio M, Palladini M, Aquilanti L, Clementi F. Experimental evaluation of the growth rate of mould on finishes for indoor housing environments: effects of the 2002/91/EC directive. *Build Environ.* 2009; 44(8): 1668-1674.