J. Fd Hyg. Safety
Vol. 26, No. 4, pp. 361~365 (2011)

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

식품제조공장 내 공중부유미생물 오염도와 오염진균동정

곽현정* · 이헌준[1] · 이상호 · 나혜진
한국식품정보원 곰팡이연구센터, [1]일본위생미생물연구센터

Identification and Concentration of Airborne Microbes in Food Manufacturing Plants

Hyun-jung Gwak*, Hun-June Lee[1], Sang-Ho Lee, and Hye-Jin Na
Fungi Research Center, Korea Food information Institute, Korea
[1]Hygiene and Microbiology Research Center, Japan
(Received April 6, 2011/Revised July 11, 2011/Accepted September 29, 2011)

ABSTRACT - To evaluate the indoor air quality of food manufacturing plants, the presence of viable bacteria and fungi was assessed in the indoor air of the facilities at which 9 food items were manufactured. Air samples were collected from the general zone, low clean zone and clean zone of each factory with an air sampler, in combination with plate counts agar using for bacteria, and dichloran-glycerol agar for fungi. The samples were incubated at 25°C for 4 to 7 days. After culture, the colony forming units (CFU) on each plate were counted and corrected with a positive hole conversion table. The average concentration of bacteria was 2.2×10^3 CFU/m^3 in the general zone, 1.2×10^3 CFU/m^3 in the low clean zone and 7.3×10^2 CFU/m^3 in the clean zone. The average concentration of fungal microbes was 2.5×10^3 CFU/m^3 in the general zone, 2.6×10^3 CFU/m^3 in the low clean zone, and 2.0 × 102 CFU/m3 in the clean zone. No meaningful differences were detected between the general zone and the low clean zone, but the clean zone had significantly lower concentrations than the other zones. Additionally, the identification of the fungi was performed according to morphological method using a giant culture and slide culture. The fungi were identified as belonging to 18 genera, and the genera Cladosporium(33%), Penicillium(29%) and Aspergillus(26%), predominated. Aspergillus isolates were identified to species level, and A. ochraceus, a mycotoxigenic species, was identified. As part of the effort to control the quality of the indoor air of food manufacturing plants, our results show that continued studies are clearly warranted.

Key words: Food manufacturing plants, Airborne microbial, Fungi

국민의 삶의 질 향상과 식품안전에 대한 소비자들의 인식이 높아짐에 따라 각종 식품안전 사고가 중요한 사회적 이슈가 되고 있으며, 제조 식품의 이물발생 여부 등 이 식품제조업체의 위생상태 및 관리현황을 나타내는 지표로서의 의미를 가지게 되었다. 최근 식품종류별 소비자 불만 상담 건수 중 곰팡이가 원인이 된 것이 전체의 12.7%로 원인불명(25.8%), 벌레(23%)의 다음으로 발생건수가 많고, 곰팡이 분석의 기술적 어려움을 고려하면, 곰팡이가 원인이 된 불만사례는 실제로는 이 이상이 될 것으로 보인다[1]. 식품 중 곰팡이 이물은 외관상 불쾌감뿐만 아니라 품질저하, 각종 곰팡이 독에 의한 건강장애를 고려하면 식품 안전관리에 있어 주요한 위험요소 중 하나로 생각된다.

이물 발생 문제에 대한 식품업계의 노력에도 불구하고 식품의 종류가 다양해지고 대량생산이 이루어지는 가운데 이물을 완벽하게 제어하는 데는 현실적으로 여러 가지 어려움이 있다[2]. 현재 우리나라의 식품안전관리는 HACCP 제도의 실행으로 과거보다 위생관리 수준이 향상되었으나 그 효과에 대한 정량적인 평가가 이루어지지 않고 있으며 현재 식품 공장의 부유 진균 관리는 낙하법을 통한 반 정량적 균수 측정을 권고하는 수준에 머무르고 있어 공기 중 곰팡이 포자 등을 비롯한 정량적 자료와 부유 곰팡이의 균종에 대한 자료가 거의 전혀 없는 상태이다[3]. 또한 식품제조환경 내 잠재적 위해요인에 대한 관리가 비교적 소홀하다고 생각되며, 잠재적 요인 중 하나로서 식품제조환경의 공기 중 부유미생물에 대한 체계적이고 정량적인 점검이

*Correspondence to: Hyun-Jung Gwak, Korea Food Information Institute, 8, 9st floor welljicore 638-5 banseok-dong yuseonggu, Daejeon 305-150, Korea
Tel: 82-42-822-6850, Fax: 82-42-822-6853
E-mail: resadad@hanmail.net, resadad@gmail.com

필요하다고 생각된다.

최근 개정 공포된 다중이용시설 등의 실내 공기 질 관리법의 공기 중의 세균 수에 한하여 병원, 어린이집 등의 다중이용시설에서 800 CFU/m^3 로 규제기준이 마련되어 있으나[4] 식품제조 환경에 대한 규제기준이 명시되어 있지 않으며, HACCP 관리 기준서 지침에서도 제조 공장 내 공기 질 관리에 대한 언급이 없는 실정이다[5]. 우리나라의 실내 공기 질 연구의 대부분은 아파트, 공동주택, 병원, 학교, 보육시설 등을 대상으로 한 것이며, 식품제조 공장에 대한 연구는 보고가 없다[6-13].

식품공장의 부유 곰팡이에 대한 정량적 검사는, 현재의 위생관리 상태와 관리법에 대한 검증자료로서뿐만 아니라 관리기준 선정에도 중요한 자료가 된다.

따라서 본 연구에서는 각종 식품제조 공장 내의 실내부유미생물 수를 정량적으로 측정하고 부유 진균을 동정하여 현재의 오염상태를 파악함과 동시에 식품 제조공장의 공기 질 안전관리 기준 마련의 기초 자료로 제공하고자 한다.

재료 및 방법

실험대상공장

2010년 9월에 전라북도에 소재하는 품목이 서로 다른 식품제조공장 9개소를 대상으로 하였다. 대상 공장의 제조 품목은 개량 숙면, 캔디류, 음료, 냉동만두, 냉동면, 유아식, 장류, 빙과류, 고춧가루이었다.

실험방법

실내공기의 포집

대상공장 내부를 일반구역, 준 청결구역, 청결구역으로 구별한 후, 이 등[2]의 방법에 따라 에어샘플러(SAS DUO 360, Italy)를 이용하여 지면으로부터 0.3~0.5 m의 높이에서 실내공기 100 L를 동안 흡입·포집하였다. 또한, 일반세균의 분리에는 PCA (plate count agar)를, 진균의 분리에는 DG18 (Dichloran-glycerol agar)를 분리배지로 사용하였다[14-16].

포집공기의 배양 및 생균수측정

세균 분리용의 PCA배지는 37°C, 48~72시간, 진균 분리용의 DG18 배지는 25°C, 5~10일간 배양 후, 배지 상에 형성된 집락을 카운트하였다. 또한, 카운트한 집락 수는 보정표(Conversion table SAS Isolator & Duo SAS 360 Table)를 이용하여 보정한 후 실내공기 1 m^3 중 부유 생균수를 계산하였다.

분리곰팡이의 동정

분리배지에서 검출된 곰팡이는 형태학적 동정법을 이용하여 동정하였으며, 필요에 따라 거대배양과 슬라이드 배양을 이용하여 검출된 곰팡이의 집락의 지름, 색, 균사의 색깔, 성상, 삼출액, 색소, 균핵, 자낭과 등의 항목을 조사한 후 실체 현미경과 위상차 현미경을 이용하여 형태적 동정을 실시하였다. 또한, 발암성진균독을 생성하여 식품위생학적으로 매우 중요한 *Aspergillus* sp.는 분리된 모든 균주의 동 동정을 실시하였고, 그 외 진균은 족 동정을 실시하였다. 호건성 곰팡이의 동정에는 M40Y 배지를 병행 사용하였다[17].

통계처리

실험 결과는 3회 반복실험을 하여 측정하였고, 통계 프로그램 Statistical Package for Social Sciences (SPSS, 17.0)을 이용하여 One Way ANOVA 분석을 시행하였으며, 시료간의 유의성은 Duncan's multiple range test로 $p < 0.05$ 수준에서 비교하였다.

결 과

2010년 9월에 전라북도에 소재하는 유아식, 음료, 냉동면, 개량 숙면, 장류, 고춧가루, 빙과류, 양갱, 만두류 식품제조공장을 대상으로 공장 내 구역별 실내부유미생물의 오염도를 조사한 결과를 Table 1에 나타내었다. 식품제조공장 중 일반구역, 준 청결구역, 청결구역의 일반세균 오염도는 각각 2.2×10^3 CFU/m^3, 1.2×10^3 CFU/m^3, 7.3×10^2 CFU/m^3로 일반구역이 가장 오염도가 높았다. 또한, 진균 오염도는 각각 일반구역, 준청결구역, 청결구역의 경우 2.5×10^3 CFU/m^3, 2.6×10^3 CFU/m^3, 2.0×10^2 CFU/m^3으로 일반 구역과 준청결구역의 오염도 수준이 유사하였다. 그러나 청결구역은 다른 구역에 비해 낮은 오염수치를 나타내었다.

일반 세균은 일반구역에서 냉동면, 준 청결구역에서 유아식과 만두류, 청결구역은 유아식과 만두류가 가장 낮은 일반세균의 오염도를 나타내었다($p < 0.05$). 진균의 경우 일반구역은 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 준 청결구역

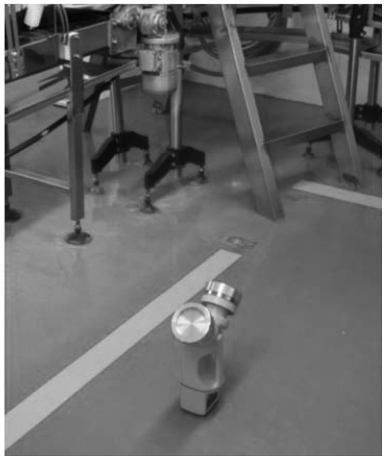

Fig. 1. Collection of airborne fungi.

Table 1. Concentration of airborne microbial in food manufacturing plants

Measurement position		Viable counts of Airborne Bacteria (CFU/m^3)	Viable counts of Airborne Fungi (CFU/m^3)
Section	Items		
general zone	Baby food	^{A} 2.0×10^3	^{NS} 2.5×10^3
	Drink	^{A} 2.2×10^3	2.5×10^3
	Frozen noodles	^{B} 1.3×10^3	TNTC
	Cooked noodles	^{A} 2.3×10^3	2.6×10^3
	Fermented soybean sauce	TNTC	TNTC
	dried red pepper powder	^{A} 2.6×10^3	2.6×10^3
	Ice cream	^{A} 2.6×10^3	2.4×10^3
	Mandu	^{A} 2.2×10^3	2.5×10^3
	Average	2.2×10^3	2.5×10^3
low clean zone	Baby food	^{C} 7.5×10^2	^{C} 6.5×10^2
	Drink	^{AB} 1.9×10^3	^{B} 1.6×10^3
	Frozen noodles	^{B} 9.0×10^2	^{B} 1.2×10^3
	Cooked noodles	^{B} 9.0×10^2	^{B} 1.6×10^3
	양갱	^{B} 9.8×10^2	^{A} 2.4×10^3
	Fermented soybean sauce	^{A} 2.8×10^3	TNTC
	Mandu	^{BC} 8.5×10^2	^{B} 1.9×10^3
	Average	1.2×10^3	2.6×10^3
clean zone	Baby food	^{D} 2.0×10^2	^{CD} 4.0×10^2
	Drink	^{A} 1.2×10^3	^{B} 1.7×10^3
	Frozen noodles	^{B} 8.0×10^2	^{D} 1.2×10^2
	Cooked noodles	^{BC} 6.0×10^2	^{D} 1.4×10^2
	Fermented soybean sauce	^{B} 8.0×10^2	^{AB} 2.0×10^3
	dried red pepper powder	^{B} 9.5×10^2	^{A} 2.5×10^3
	Ice cream	^{B} 9.5×10^2	^{A} 2.7×10^3
	Mandu	^{D} 2.0×10^2	^{C} 7.0×10^2
	Average	7.3×10^2	2.0×10^2

TNTC; Too numerous to count.
^{NS}Not Significantly.
Means followed by different superscript letters in each column are significantly different ($p<0.05$).

에서 유아식 제품이 유의적으로 낮은 진균 오염도를 나타냈으며, 청결구역에서 유아식, 냉동면, 개량 숙면 제품군이 유의적으로 낮은 진균 오염도를 나타냈었다($p < 0.05$). 또한, 식품제조공장 중에 장류제조 공장은 일반구역에서 일반세균과 진균 모두 TNTC로 나타났으며. 준 청결구역은 일반세균 2.8×10^3 CFU/m^3, 진균에서는 TNTC로 다른 식품 품목에 비해 높은 수치를 나타내었다. 냉동면 제조 공장 내 일반구역에서도 진균수의 경우 TNTC로 나타났으며, 준 청결 구역으로만 이루어진 양갱 제조 공장 내의 평균 일반세균수는 9.8×10^2 CFU/m^3, 평균 진균수의 경우 2.4×10^3 CFU/m^{3}로 각각 측정되었다. 고춧가루 제조 공장 내 공기 중의 세균수를 측정한 결과 일반구역에서의 평균 세균수는 2.6×10^3 CFU/m^{3}로 나타났으며, 청결구역에서는 9.5×10^2 CFU/m^{3}로 나타났다. 진균의 경우 일반구역 내 평균 진균수는 2.6×10^3 CFU/m^{3}으로 나타났으며, 청결구역에서는 2.5×10^3 CFU/m^{3}이였다. 빙과류 제조 공장 내 공기 중에서 세균수를 측정한 결과 일반구역의 평균 세균수는 2.6×10^3 CFU/m^{3}으로 나타났으며, 청결구역의 세균수는 9.5×10^2 CFU/m^{3}로 나타났다. 진균수 측정결과 일반구역 내 평균 진균수는 2.4×10^3 CFU/m^{3}으로 나타났으며, 청결구역에서는 2.7×10^3 CFU/m^{3}으로 나타났다. 만두류 제조 공장 내 환경에서 세균수 측정 결과 일반구역 내 평균 세균수는 구역별로 일반구역 2.2×10^3 CFU/m^3, 준청결구역 8.5×10^2 CFU/m^3, 청결구역은 2.0×10^2 CFU/m^{3}로 측정되었다. 진균수 측정결과에서는 일반구역 2.5×10^3 CFU/m^3, 준 청결구역 1.9×10^3 CFU/m^3, 청결구역은 7.0×10^2 CFU/m^{3}로 측정되었다.

대상 공장의 실내공기로부터 분리된 진균의 균종을 동정한 시험결과를 Table 2에 나타내었다. 분리된 진균은 18개의 속이었으며 그 중 *Cladosporium* sp. 이 전체의 33%, 그 다음으로 *Penicillium* sp.이 29%, *Aspergillus* sp.가 26%를 나타내었고 이외에도 *Eurotium* sp., *Nigospora* sp., *Phoma* sp. 등의 곰팡이도 동정할 수 있었다[18-20]. 분리된 *Aspergillus* sp. 중에서는 식품 위생상 문제가 되는 진균독 산생종을 확인한 결과, 발암성 진균독인 ochratoxin을 생산하는 *A. ochraceus*가 확인되었다(Fig 2. D)[21]. 이들 균 속이 대상 식품공장의 주요 실내부유진균으로 동정되었다.

Table 2. Fungi isolated and identified 9 different items of food factories

Identified fungi		Isolation frequency(%)
Aspergillus sp.	*Aspergillus oryzae*	*6.5*
	Aspergillus niger	*11.7*
	Aspergillus versicolor	*4.3*
	Aspergillu ochraceus	*3.5*
Acremonium sp.		*0.8*
Actinomycetes sp.		*0.9*
Arthrinium sp.		*0.4*
Alternaria sp.		*0.6*
Aureobasidium sp.		*0.3*
Botrytis sp.		*0.4*
Cladosporium sp.		*33*
Eurotium sp.		*1.1*
Exophiala sp		*0.3*
Fusarium sp.		*1.5*
Mucor sp.		*1.8*
Neurospora sp.		*0.6*
Penicillium sp.		*29*
Paecilomyces sp.		*0.6*
Phoma sp.		*0.8*
Rhizopus sp.		*1.6*
Trichoderma sp.		*0.3*

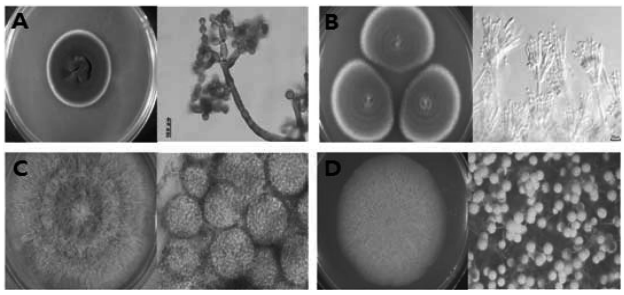

Fig. 2. Photographs of (A) *Cladosporium* sp., (B) *Penicillium* sp., (C) *Eurotium* sp. (D) *Aspergillus ochraceus*, isolated from various Food manufacturing plants.

결 과

2010년 9월에 전라북도에 소재하는 식품제조공장 9개소를 대상으로 공장 내 구역별 실내부유미생물의 오염도를 조사한 결과, 평균 세균수는 일반구역 2.2×10^3 CFU/m^3, 준청결구역 1.2×10^3 CFU/m^3, 청결구역은 7.3×10^2CFU/m^{3}로 나타내었다. 또한, 평균 진균수는 일반구역 2.5×10^3 CFU/m^3, 준 청결구역 2.6×10^3 CFU/m^3, 청결구역에서는 2.0×10^2 CFU/m^{3}로 나타내어, 일반구역과 준 청결구역에는 의미 있는 차이가 없었다. 그러나 청결구역은 다른 구역에 비해 낮은 오염수치를 나타내었고, 이는 현행의 구역별 위생관리의 성과로 생각된다. 그러나 대상으로 한 9가지 품목 중 장류와 고춧가루 제조공장의 경우, 측정구역에 따라 검출한

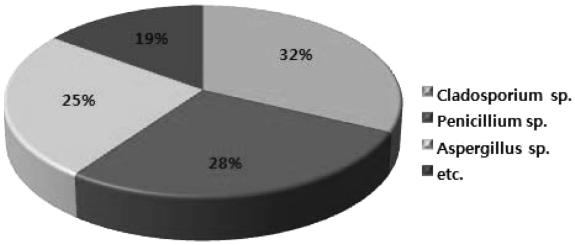

Fig. 3. Distribution chart of airborne fungi in food manufacturing plants.

계를 초월하는 높은 오염도를 나타내었으며, 일반구역과 청결구역 오염도에도 유의한 차이가 없었다.

분리된 진균을 동정한 결과, 20여 종을 확인할 수 있었으며, 그 중 *Cladosporium* sp. 이 전체의 32%, 그다음으로 *Penicillium* sp.이 28%, *Aspergillus* sp.가 25%를 나타내었고 이외에도 *Eurotium* sp.(Fig. 2, C), *Nigospora* sp., *Phoma* sp. 등의 진균도 동정할 수 있었다. 이들 균 속이 대상 식품공장의 주요 실내부유 진균임이 밝혀졌다.

분리된 *Aspergillus* sp. 중 식품 위생상 문제가 되는 진균독 산생종을 확인한 결과, 발암성 진균독인 ochratoxin을 생산하는 *A. ochraceus*가 확인되었다.

현재 식품 공장의 부유미생물 관리는 반 정량적인 방법인 낙하법을 권고하는 수준에 머무르고 있으나, 본 연구와 같은 정량적인 시험을 통한 관리가 바람직한 것으로 생각되며, 본 연구결과를 통해 식품제조업체들이 적극적으로 공기 중 부유미생물에 대한 중요성을 인식하고 이를 개선해 나가는 계기가 되었으면 한다. 본 연구 결과를 바탕으로 준청결구역 및 청결구역의 관리 기준별 균수, 발생 진균의 동정을 통한 제품 안전관리에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다. 또한, 이번에 확인된 것과 같은 발암성 진균독산생균종의 오염원, 분리빈도 등에 관한 감시가 필요한 것으로 생각되며, 금후, 연구 대상 범위의 확대와 더불어 지속적인 연구를 수행하여 식품제조환경의 오염미생물 관리에 참고가 되는 자료를 제공하고자 한다.

참고문헌

1. 강경모: 식품이물의 감별・동정, *Food Industry*, **214**, 35-57 (2010).
2. 이헌준: 식품과 식품제조환경의 곰팡이 검사법, 식품과학과산업, **42**, 20-25 (2009).
3. Joao P.S. Cabral: Can we use indoor fungi as bioindicators of indoor air quality Historical perspectives and open questions, *Sci. Total Environ*., **408**, 4285-4295 (2010).
4. 박경수, 최상곤, 홍진관: 다중이용시설의 실내공기 미생물 오염실태에 관한 연구, 설비공학논문집, **18**, 620-626 (2006).
5. 식품의약안전청: 중소규모업체를 위한 HACCP적용 지침서. 식품의약품안전청 식품안전국 (2008).

6. 최정민: 학교 실내공기질 개선을 위한 제언, 한국교육시설학회지, **16**, 21-26 (2009).
7. 양원호, 손부순, 임성국: 주택의 실내공기질 개선 평가 방법, 한국환경보건학회지, **33**, 255-263 (2007).
8. 송주희, 민진영, 조경아, 윤영희, 백남원: 서울시 일부 종합병원의 공기 중 미생물 농도 분포, 한국환경보건학회지, **33**, 104-114 (2007).
9. 이아미, 김나영, 김소연, 김종설: 학교 실내환경에서 공기중 미생물의 분포 및 특성, 한국미생물학회지, **41**, 188-194 (2005).
10. 신미수, 김혜숙, 홍지은, 장동순: 공동주택 단지의 실내 공기질 향상을 위한 수치 해석적 연구, 대한환경공학회지, **31**, 521-530 (2009).
11. 양원호: 학교 실내공기질 및 건강 영향, 한국환경보건학회지, **35**, 143-152 (2009).
12. 김윤신: 실내공기오염, 대한의학협회지, **32**, 1279-1285 (1989).
13. Gorny, R.L. and J. Dutkiewicz: Bacterial and fungal aerosols in indoor environment in Central and Eastern European countries, *Ann. Agric. Environ. Med.* **9**, 17-23 (2002).
14. Tamami Kawasaki, Takashi Kyotani, Tomoyoshi Ushiogi, Yasuhiko Izumi, Hunjun Lee and Toshio Hayakawa: Distribution and Identification of Airborne Fungi in Railway Stations in Tokyo, Japan, *J. Occup. Health*, **52**, 186-193 (2010).
15. Jay M. Portnoy, MD, Charles S. Barnes, PhD, and Kevin Kennedy, BA, EHS : Sampling for indoor fungi, *J. Allergy Clin. Immunol.*, **113**, 189-198 (2004).
16. Verhoeff AP, Van Wijnen JH, Brunekreef B, Fischer P, Van Reenen-Hoekstra ES, Samson RA: The Presence of viable mould propagules in indoor air in relation to house damp and outdoor air. *Allergy,* **47**, 83-91 (1992).
17. 조갑연, 이철우: 한국 재래식 누룩 중의 곰팡이의 분리 및 동정, 한국식품과학회지, **26** 759-766 (1997).
18. 김주희, 이왕휴, 정성수: 수확 후 배 푸른곰팡이병을 일으키는 Penicillium속의 종류 및 특성, 식물병연구, **8**, 107-112 (2002).
19. 권진혁, 강수웅, 김정수: Penicillium oxalicum에 의한 멜론 푸른곰팡이병, 식물병연구, **8**, 220-223 (2002).
20. Beuchat, L.R., Hwang, C. A.: Evaluation of modified dichloran 18% glycerol (DG18) agar for enumerating fungi in wheat flour: a collaborative study, *Int. J. Food Microbiol.* **29**, 161-166 (1996).
21. G. A. Helal: Bioconversion of Straw Into Improved Fodder: Mycoprotein Production and Cellulolytic Activity of Rice Straw Decomposing Fungi, *Mycobiology.* **33** 90-96 (2005).