

사료공장내 바이오에어로졸의
분포와 동정에 관한 연구

연세대학교 보건대학원

산업보건학과

정 연 일

사료공장내 바이오에어로졸의
분포와 동정에 관한 연구

지도 원 종 욱 교수

이 논문을 보건학석사 학위논문으로 제출함

2006년 12월 일

연세대학교 보건대학원

산업보건학과

정 연 일

정연일의 보건학석사 학위논문을 인준함

심사위원 _____ 인

심사위원 _____ 인

심사위원 _____ 인

연세대학교 보건대학원

2006년 12월 일

감사의 글

새로운 지식에 대한 갈망으로 시작한 대학원 생활이 어느 덧 알찬 결실을 맺게 되어 보람을 느끼며 끝맺을 수 있도록 사랑으로 지켜봐주시고 도와주신 분들이 있기에 이 글을 올립니다.

깊이 있고 완성도 높은 논문이 될 수 있도록 지도해주신 원종욱 교수님께 존경과 감사의 말씀을 올립니다. 대학원 생활동안 언제나 변함없는 사랑으로 보살펴주시고 세심한 가르침을 주신 노재훈 교수님과 바쁘신 중에도 실험할 때 마다 직접 오셔서 아낌없는 지도와 격려를 해주신 김치년 교수님께 감사의 말씀을 올립니다. 또한 실험의 전반적인 틀을 가르쳐 주시고 조언을 아끼지 않으신 한양대 김기연 교수님과 함께 고생해준 구분주 선생님과 산업보건 연구소 식구들에게 감사의 말씀을 드립니다. 힘들 때 서로 의지가 되었던 동기들과 학기 선후배 선생님들께도 감사드립니다. 직장생활과 학업을 병행하면서 끝까지 마칠 수 있도록 많은 배려와 격려를 해주신 인천광역시 의료원 김종석 원장님, 김명한 과장님, 송도산 실장님, 퇴직하신 정옥자 실장님, 진단검사의학과 여러 선생님들께 진심으로 감사의 말씀을 드립니다. 본원 연세대 보건대학원 동문 여러분께도 감사를 드립니다.

어쩌다 부모님을 떠올리기만 하는 어리석은 자식을 항상 그 자리에서 한 시도 변함없는 사랑과 걱정을 해주시는 존경하는 아버지와 어머니!

쑥스러워 표현 한 번 한 적 없기에 이 글을 통해 머리 숙여 감사드리고 사랑한다는 말씀을 올립니다. 어디서나 묵묵히 따듯한 가족애로 힘이 되어주는 나의 형님과 형수님께 감사드립니다. 또한 멀리서 사위를 변함없는 믿음과 사랑으로 감싸주시며 혹여 사위가 조금이라도 부족해 할까봐 항상 걱정해주는 장인어른과 장모님께도 감사드립니다. 마음속으로 동생을 돌봐주듯 신경써주는 형님과 처형, 더할 나위 없이 믿음직스럽고 듬직한 처남에게도 감사드립니다.

사랑하는 아들 시훈아! 네가 있어 아빠 엄마는 즐겁고 행복하며 너를 너무나 사랑한다.

끝으로 부족한 남편 하나 믿고 와서 따라주며 든든한 후원자가 되어준 아내 유은지에게 사랑한다는 말과 함께 처음부터 끝까지 이 모든 노력과 결실이 조금이나마 위로와 힘이 되었으면 합니다.

2006년 12월

정연일 올림

차 례

국문 요약	i
I. 서 론	1
II. 연구 방법	4
1. 연구 대상	4
2. 실험 방법	4
III. 연구 결과	10
1. 실내공기질에 따른 부유 미생물 농도	10
2. 바이오에어로졸의 입자 크기	13
3. 동정 분석	16
IV. 고 찰	21
V. 결 론	26
참고 문헌	28
부 록	34
영문 초록	39

표 차 례

Table 1. Indoor and outdoor concentrations of airborne bioaerosol and environmental factors in the feed factory	10
Table 2. Size distribution of airborne viable bacteria by each stages	13
Table 3. Size distribution of airborne viable fungi by each stages	15
Table 4. Classification of microorganisms	16
Table 5. Respirable concentration of indoor process floating bacteria in feed factory	18
Table 6. Respirable concentration of indoor process floating fungi in feed factory	20

그 립 차 례

Figure 1. Chart for isolation and identification (Bergey, 1984)	7
Figure 2. Identification process of genus <i>Streptococcus</i> and <i>Enterococcus</i>	8

국 문 요 약

사료공장 근로자의 바이오에어로졸에 의한 건강장애를 조사하기 위하여 사료공장의 공기를 six-stage viable particulate cascade impactor로 포집하여 실내공기질의 오염지표인 이산화탄소와 온도·습도를 동시에 측정하고, 부유세균과 진균의 장소별 분포와 농도, 입자크기를 조사하여 비교지점인 실외와 비교하였다. 또한 동정실험을 통하여 감염성 세균의 존재유무를 확인하였다.

실내공기 오염지표인 습도와 CO₂는 곡분공정에서 모두 높았고, 평균 세균, 평균 진균의 농도도 높아서 물리적, 환경적 요인이 바이오에어로졸과 관련성이 있음을 알 수 있다.

배양된 세균은 8종으로 *Staphylococcus* 315균주, *Micrococcus* 190균주, *Bacillus* 112균주, *Corynebacterium* 52균주, *Streptococcus* 10균주, *Enterococcus* 9균주, 기타 12균주 등이 배양되었다. 펠렛공정에서 부유세균의 평균 농도는 226 cfu/m³이고, 호흡성 크기 (5 μm)의 부유세균의 평균 농도는 190 cfu/m³였다. 곡분공정에서 부유세균의 평균 농도는 396 cfu/m³이고, 호흡성 크기의 부유세균의 평균 농도는 291 cfu/m³였다.

진균의 종류로는 4종으로 *Cladosporium*이 198균주, *Penicillium*이 163균주, *Aspergillus fumigatus*가 5균주, *Aspergillus flavus*가 64균주, *Aspergillus terreus*가 33균주였다. *Cladosporium*은 198균주 (42.8%), *Penicillium*은 163균주 (35.2%), *Aspergillus*가 102균주 (22%)였다. 펠렛공정에서 *Cladosporium*의 평균 농도는 71 cfu/m³로 가장 높았고, 호흡성 크기의 진균도 65 cfu/m³로 높았다.

본 실험의 결과를 종합하면 배양된 모든 균들은 비병원성균으로 동정되었지만, 면역성이 저하된 근로자나 노인 또는 유아에게 치명적인 병원성을

나타낼 수 있는 기회감염균이었다. 사료공장 내 공기 중 바이오에어로졸의 분포와 동정의 결과로 보아 측정 공장의 실외와 비교해 볼 때 실내공기가 바이오에어로졸에 의해 오염되었음을 추정할 수 있다.

따라서 공장 내 공기 중에 부유미생물을 감소시키기 위해서는 환기를 자주 시켜 주어야 하며, 실내공기질의 개선을 위해서도 적절한 습도, 온도, CO₂ 등의 유지를 위한 능동적인 대처가 필요하다.

핵심되는 말 : 바이오에어로졸, 호흡성 크기, 실내외비(I/O ratio), 비병원성균, 기회감염균, 부유미생물.

I. 서 론

최근 많은 사람들이 실내에서 생활하는 시간이 많아짐에 따라 '새집증후군', '화학물질과민증'과 같이 실내공기질과 오염된 실내공기로 인한 건강영향이 대두되어 많은 사람들의 관심을 모으고 있다 (Carrer 등, 2001). 일반적으로 도시인들의 경우 하루 24시간 중 85%이상을 가정, 일반사무실, 실내 작업장, 공공건물, 지하시설물, 지하철 등에서 생활하는 것으로 보고 되어 있어 (Clark 등, 1983) 근본적으로 다양한 직업을 가진 도시인은 개인에 따라 대기오염의 영향을 받기보다는 하루 중 많은 시간을 보내는 실내공간 공기오염의 영향을 받을 수 있다고 할 수 있으므로 실내공기의 위생은 매우 중요한 문제이다 (Kang과 Frank, 1989).

비듬, 털, 꽃가루, 피부 부스러기, 포자, 박테리아, 해초, 균류, 바이러스, 단백질 조각 (Anthony 등, 2001) 등과 같은 바이오에어로졸은 Humidifier Fever, 천식 등과 관련성이 있어 실내공기질의 지표중의 하나로 보고 되고 있다 (Dales 등, 1991; 환경부, 2004). 공기질의 중요성이 인식되면서 실내 환경에서 세균, 진균, 바이러스와 같은 미생물 오염에 대한 공중보건학적 관심도 증가하고 있다 (김윤신, 1989). 실내공기중의 세균과 진균은 실내 거주자의 호흡기질환, 과민성질환, 감염성질환, 알러지나 독성작용을 일으키는 원인으로도 보고 되고 있으며 기회감염균이 공기를 매체로 하여 폐 및 기타 기관에 전달되어 심한 경우 사망에 이르게 할 수도 있다 (Macher와 First, 1984).

곡물분진은 곡물 (밀, 보리, 귀리 등)의 경작, 양곡, 제분, 저장.운반, 제분된 곡분의 취급 등 곡물의 경작에서부터 2차 가공 작업과정에서 발생될 수 있다. 곡물분진은 천식, 기침, 만성기관지염, 호흡곤란, 천식, 농부폐, 진균중독증, 알레르기성 폐염, 비염, 결막염, 곡물열, 피부염 등을 유발할 수 있

으며, 미국산업위생전문가협회 (American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH) 에서 발행한 자료에 의하면 밀가루 제분소에서 근무하던 근로자들에게서 기관지 천식이 발생되었고, 영국에서 수행된 호흡성 질환 연구결과에 의하면 제빵사의 천식 발생건수는 백 만 명당 290~409명에 달하는 것으로 보고하고 있으며, 일부 국가에서는 제빵사의 천식은 가장 일반적인 형태의 직업성 천식인 것으로 보고하고 있다 (ACGIH, 2001). 한편 국내 학회지에 보고 된 자료에 의하면 곡물을 이용한 사료제조 사업장에서 근로자 6명에게 직업성 천식이 발생한 바 있다 (김규상 등, 1997). 사료공장에서 발생하는 곡류분진에 노출되면 호흡기질환을 야기하며 이는 곧 분진입자에 바이러스, 세균, 진균 등의 생물학적 오염물질이 흡착되어 공기 중에서 이동하는 것을 의미한다. 또한 사료재료로 쓰이는 곡분원료 저장기간 중 온도·습도에 의해 세균이나 진균이 서식할 가능성을 배제할 수 없다.

공기 중 바이오에어로졸은 입자의 공기역학적 직경에 따라 호흡기에 침착되는 부위가 다르며, 그것의 건강상 영향은 물리적 특성뿐만 아니라 크기와 상당한 관련성을 가지고 있다 (Reponen 등, 1992). 공기역학적 직경이 10 μm 보다 큰 바이오에어로졸은 호흡기로 들어올 확률이 적으며, 5-10 μm 인 바이오에어로졸은 상기도부분에 침착하여 비염과 같은 질병을 유발한다. 5 μm 보다 작은 것은 호흡성크기로 폐포를 통과하여 알러지성질환과 심각한 질병을 야기 한다 (Pastuszka 등, 2000). 이는 Reponen 등과 Pastuszka의 연구에서도 5 μm 의 공기역학적 직경을 가지는 바이오에어로졸이 그 이상 크기에서 폐포에 영향을 미치는 것보다 크다고 나타낸 연구에서도 알 수 있다 (Reponen 등, 1994).

1970년대 이후부터 영국, 미국을 비롯한 선진국에서 실내공기오염이 새로운 사회적 환경 공해 문제로 다루어지고 있으나 이에 비해 우리나라는

아직도 실내공기오염의 중요성에 대한 인식도 부족하고 연구도 미비한 실정이다 (조준호와 박석환, 1999). 우리나라에서는 다중이용시설의 공기오염에 대한 심각성이 인식됨에 따라 환경부에서 1996년에 개정된 지하생활공간공기질 관리법을 수정 개편하여 2004년 5월 30일부터 다중이용시설등의 실내공기질관리법을 입법화하여 시행하고 있다 (환경부, 2004). 국내에서는 다중이용시설들의 실내공기질관리법에서 부유세균 규제항목으로 적용되고 있는 병원 (이창래 등, 2005), 유치원 (조정아, 2005), 노인복지시설 (박재범 등, 2006), 산후조리원과 대중교통 수단 중 하나인 지하철 실내 공기 중 바이오에어로졸 농도를 현장 평가한 연구 (김기연 등, 2006)는 보고 되고 있지만, 사료공장 등과 같은 작업장내 공기 중 바이오에어로졸의 분포와 동정에 관한 연구는 없었다.

따라서 본 연구의 목적은 사료공장 근로자의 바이오에어로졸에 의한 건강장애를 조사하는 것이다. 이를 위하여 실내공기질의 오염지표인 이산화탄소와 온습도를 동시에 측정하고, 부유세균과 진균의 장소별 분포와 농도, 입자크기를 조사하였다. 또한 동정실험을 통하여 감염성 세균의 존재유무를 확인하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 2006년 8월 20일부터 9월 20일까지 인천에 소재한 사료공장 2곳을 임의로 선정하여, 펠렛공정과 곡분공정을 실험대상으로 조사하였으며, 비교지점으로 사료공장의 실외에서 사료공장내로 공기가 들어가는 공기 유입구 부근을 선정하였다.

2. 실험 방법

가. 바이오에어로졸 포집 및 분석

인천에 소재한 2곳의 사료공장을 대상으로 펠렛공정과 곡분공정에서 1회씩 동일한 위치에서 공기 중 바이오에어로졸을 포집하였다 (부록 1). 시료 채취는 입경별 크기 분포를 알아보기 위하여 six-stage viable particulate cascade impactor (Model 10-800 Andersen Inc, USA)를 사용하여 지상 약 1m높이에서 분당 28.3ℓ의 유량으로 10분씩(± 3분) 공기를 포집하였다. 이 six-stage viable particulate cascade impactor를 이용해 표본 포집 시 멸균 확인된 배지를 사용기에 장착하고 채취하고자 하는 미생물의 종류에 따라 배지를 교체할 때와 포집 전 기기 외부를 70% 알콜로 소독처리하여 오염을 예방하였다. 포집된 배지는 오염방지를 위하여 곧바로 실험실

용 필름을 이용하여 봉한 후 보관하여 미생물실로 즉시 운반하여 세균용 배지인 Trypticase soy agar (TSA)(Lot 3087230, Becton Dickinson and Company,USA)는 37℃에서 24-48시간, 진균용 배지인 Sabouraud dextrose agar (SDA)(Lot 5111476, Becton Dickinson and Company, USA)는 실온인 25℃에서 72시간 이상 배양 시킨 (부록 2) 후 매일 관찰하는 것을 원칙으로 하며, 전체집락 (total colony) 개수는 다음과 같이 배양된 집락수를 공기량(m³)으로 나눈 CFU/m³의 값으로 표시하였다 (식 1, 2).

$$\text{CFU (colonies forming unit)/m}^3 = \text{Colony counted on agar plate} / \text{Air volume(m}^3\text{)} \dots \text{식(1)}$$

$$\text{Air volume(m}^3\text{)} = 28.3 \ell / \text{min} \times \text{sampling time(min)} / 10^3 \dots \text{식(2)}$$

표본 수는 한 사료공장에 2공정씩 시료채취지점 2곳에서 1회씩 포집하여 세균과 진균의 배지를 각각 6개씩 사용하여 24개의 표본과 비교지점에서 12개의 표본을 얻어 총 표본 수는 72개였다.

동시에 배양된 TSA배지와 SDA배지를 구분하고 각 단계별로 균 집락의 형태를 관찰하고 그람염색과 순수염색을 하여 검경한 후 그람양성균, 그람 음성균, 진균과 효모와 같은 곰팡이류를 분류하였다. TSA배지에 배양된 세균 집락은 혈액 한천배지와 MacConkey 한천배지에 옮겨 증균 시킨 후 그람양성구균은 혈액 한천배지에서 용혈유무로 구분하였다.

그람양성균과 그람음성균을 구분하기 위하여 혈액 한천배지에서 18-24시간 순수 배양된 세균을 슬라이드에 도말, 건조한 후 crystal violet 2%용액으로 약 1분간 염색 후 수세하였다. 수세 후 iodine 용액으로 다시 1분간 염색, 수세하고 acetone alcohol로 완전히 탈색시킨 후 수세하여 safranin O 2.5%용액으로 약 1분간 최종 염색을 하였다.

최종 염색한 슬라이드를 건조한 후 고배율(1000X)로 균을 관찰하여 자주

색이나 보라색을 띠면 그람양성, 붉은색을 띠면 그람음성으로 구분 하였다. SDA배지에 자란 진균은 집락의 색깔과 성상을 확인하고 10% KOH와 0.5% lactophenol cotton blue로 염색 후 건조된 슬라이드를 현미경(400X)으로 관찰 하였다 (이건섭 등, 1996). 모든 균종은 Bergey's manual 분류법에 의하여 동정하였으며 (Bergey, 1984)(Figure 1), 그람양성구균이며 혈액 한천배지에서 자란 catalase 음성인 세균의 동정은 그림 2와 같이 조사하였다 (Figure 2). 동정은 자동동정 분석기 (VITEK II system, bioMerieux Vitek Inc, USA)를 이용하였다 (부록 3).

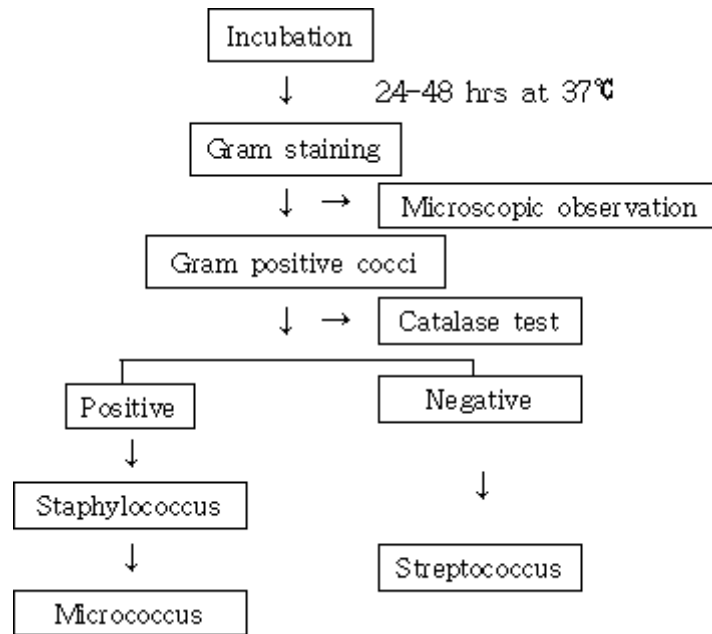


Figure 1. Chart for isolation and identification (Bergey, 1984)

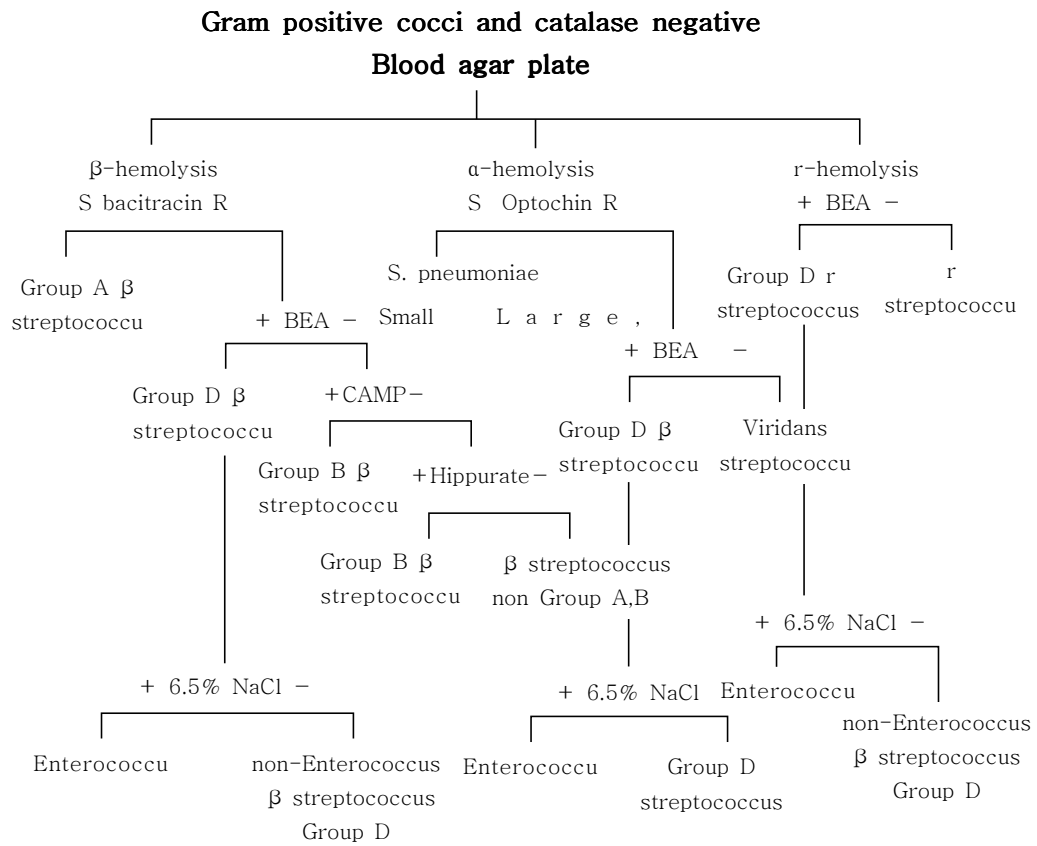


Figure 2. Identification process of genus *streptococcus* and *enterococcus*

나. 환경요인의 측정

환경요인도 함께 측정하여 사료공장 내 공기 중 바이오에어로졸 농도와 상관성을 분석하였다. 온도와 이산화탄소는 실내공기질 직독식 측정장비 (SensorLynk, IST inc, USA)로 사용하고, 상대습도는 아스만통풍건습계 (SATO R-704, SATO Inc, Japan) 를 사용하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 실내공기질에 따른 부유 미생물 농도

사료공장 내 공기 중 바이오에어로졸의 농도를 두 공정을 선택하여 시료를 채취하고, 비교지점으로 실외를 선택하였다. 또한 동일지점에서 CO₂, 온도·습도를 조사하였다 (Table 1).

사료공장 내부 공정별 부유세균의 농도는 펠릿공정이 A공장에서 100 cfu/m³, B공장에서 126 cfu/m³여서 평균 부유세균의 농도는 113 cfu/m³ 이었고, 부유진균은 A공장에서 85 cfu/m³, B공장에서 93 cfu/m³여서 평균 부유진균의 농도는 89 cfu/m³이었다.

Table 1. Indoor and outdoor concentrations of airborne bioaerosol and environmental factors in the feed factory

Sites	Bacteria (cfu/m ³)	Fungi (cfu/m ³)	Temperature (°C)	Relative-humidity(%)	CO ₂ (ppm)
Pellet	113	89	33.1	46.0	475.0
Grain powder	198	124	27.6	65.0	495.0
Outdoor	34	19	29.2	47.0	470

곡분공정에서 부유세균의 농도는 A공장이 205 cfu/m³, B공장이 191 cfu/m³ 여서 평균 부유세균의 농도는 198 cfu/m³ 이었고, 부유진균은 A공장이 128 cfu/m³, B공장에서 119 cfu/m³ 여서 평균 부유진균의 농도는 124 cfu/m³이었다.

국내는 실내공기질관리법의 총부유세균에 대한 실내공기질 유지기준은 환경부 고시 '다중이용시설등에 관한 법률'에 의해 의료기관, 보육시설, 학교, 극장, 백화점 등에서 800 cfu/m³ 이하로 설정되어 있으며, 실내공기질 관리법의 유지기준과 시험방법에서 공기 중 진균과 관련한 항목은 언급이 없다. 이 기준으로 볼 때, 실험된 사료공장의 부유 미생물의 농도는 기준치를 초과하지 않았다.

비교지점인 실외의 세균 평균 농도는 A공장이 35 cfu/m³, B공장이 33 cfu/m³이여서 평균 부유세균의 농도는 34 cfu/m³이었고, 부유진균은 A공장이 20 cfu/m³, B공장이 18 cfu/m³이여서 평균 부유진균의 농도는 19 cfu/m³이었다.

온도는 펠렛공정에서 평균 33.1℃일 때 부유세균과 부유진균의 평균 농도가 각각 113 cfu/m³와 89 cfu/m³을 이었고, 곡분공정은 평균 27.6℃일 때 부유세균과 부유진균의 평균 농도가 각각 198 cfu/m³와 124 cfu/m³ 이여서 온도와 부유 미생물과의 평균 농도는 비례하지 않았다.

상대습도는 곡분공정이 평균 65.0%일 때 부유세균의 평균농도가 198 cfu/m³, 부유진균의 평균농도는 124 cfu/m³이었고, 펠렛공정에서의 상대습도가 평균 46.0%일 때 부유세균의 평균농도가 113 cfu/m³이었고, 부유진균의 평균농도는 89 cfu/m³이여서 부유세균과 부유진균의 평균 농도가 모두 펠렛 공정 보다 곡분공정이 각각 더 높았다

CO₂는 곡분공정이 495.0 ppm으로 펠렛공정 475.0 ppm 보다 높았고, 부유세균과 부유진균의 평균 농도가 각각 198 cfu/m³와 124 cfu/m³이여서, 펠렛

공정 부유세균과 부유진균의 평균 농도 각각 113 cfu/m³와 89 cfu/m³에 비해 높았다.

사료공장 공정 특성상 일하는 근로자는 극히 소수였지만, 시료 채취 시 펠렛공정에 비해 곡분공정에서 일하는 근로자가 좀더 많아서 CO₂농도가 더 높은 것으로 판단된다. 사료공장 내 바이오에어로졸의 농도는 CO₂와 상대습도에 비례해서 증가하여 환경요인이 실내공기오염에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

2. 바이오에어로졸의 입자 크기

가. 측정위치에 따른 입자 크기별 세균의 분포

Sites별 부유세균의 평균농도를 stage로 구분하였다 (Table 2)

세균을 입자 크기별로 조사한 결과 5단계 (1.1~2.1 μm)에서 31.6%와 6단계 (0.65~1.1 μm)에서 20.1%로 각각 높게 나왔고, 장소별 입자크기는 곡분 공정에서 5단계 13.3%로 가장 높게 차지했다. 집락수는 5단계에서 221 cfu/m³로 가장 높았고, 3단계 (3.3~4.7 μm)에서 49 cfu/m³로 가장 낮았다.

동정된 전체 세균에서 호흡성 크기의 세균은 541 cfu/m³ (77.3%)로 나타났고, 호흡성 크기의 진균은 336 cfu/m³ (72.5%)이었다. ACGIH에서 제시한 유해성이 큰 공기 중에 부유세균 직경 4 μm 미만의 분포는 61.5%이었다 (ACGIH, 1996).

Table 2. Size distribution of airborne viable bacteria by each stages

Sites	Stages					
	1	2	3	4	5	6
Pellet	11	7	4	23	18.5	49.5
Grain powder	27.5	25	15	39.5	83.5	7.5
Outdoor	5	4	5.5	2.5	8.5	13.5

펠릿공정에서 부유세균을 입자크기의 분포별로 살펴보면 6 stage에서 49.5 cfu/m³, 1 stage에서는 11 cfu/m³이었고, 부유진균은 4 stage에서 31 cfu/m³, 6 stage에서 3 cfu/m³이었다 (Table 3). 곡분공정에서 부유세균을 입자크기의 분포별로 살펴보면 5 stage에서 83.5 cfu/m³, 6 stage에서 7.5 cfu/m³이었고, 부유진균은 4 stage에서 38.5 cfu/m³, 6 stage에서 7.5 cfu/m³이었다. 대체로 부유세균은 비병원성의 *Staphylococcus*속이 대부분 분포하였고, 작은 cocci 이기 때문에 입자 크기가 작은 5 stage나 6 stage에서 많은 분포를 보였다. 반면 부유진균은 부유세균에 비해 size가 크기 때문에 1 stage 와 4 stage에 비교적 많이 검출되었다. 사료공장에서는 부유세균의 농도가 5 stage에서 110.5 cfu/m³와 6 stage 70.5 cfu/m³에서와 같이 size가 작은 부유세균이 많이 분포하였고, 실외도 상대적으로 작은 수이기는 하나 마찬가지로 5 stage 8.5 cfu/m³ 와 6 stage 13.5 cfu/m³에서와 같이 size가 작은 부유세균의 분포가 많았다.

나. 측정위치에 따른 입자 크기별 진균의 분포

Sites별 부유진균의 평균농도를 stage로 구분하였다 (Table 3). 진균을 입자 크기별로 조사한 결과 4단계 (2.1~3.3 μm)에서 31.1%로 가장 높았고, 장소별 입자크기는 곡분공정에서 4단계 (2.1~3.3 μm)에서 8.6%로 가장 높았다. 집락수는 4단계에서 144 cfu/m³로 가장 높았고, 6단계 (0.65~1.1 μm)에서 31 cfu/m³로 가장 낮았다. 사료공장과 sites별 존재하는 부유진균의 분포를 입자 크기별로 살펴보면 (Table 3), 부유진균의 농도는 3 stage에서 36 cfu/m³, 4 stage에서 72 cfu/m³이었고, 실외에서의 부유진균의 농도는 3 stage에서 2 cfu/m³, 6 stage에서 5 cfu/m³이었다. 사료공장의 부유세균과 부유진균의 농도는 비교지점인 실외와 비교했을 때, 상대적으로 많은 분포를 보여 사료공장의 실내가 실외에 비해 오염되었음을 알 수 있다.

Table 3. Size distribution of airborne viable fungi by each

stages							
Stages							
Sites	1	2	3	4	5	6	
<i>Pellet</i>	5	8	19.5	31	22.5	3	
Grain powder	26.5	17.5	14.5	38.5	19	7.5	
Outdoor	3	3.5	2	2.5	8	5	

3. 동정 분석

가. Bacteria의 종류와 집락수

동정결과 본 실험에서 TSA배지 36개에 배양된 균주는 모두 700균주로 평균 350균주였다. 균의 종류로는 8종으로 *Staphylococcus* 315균주, *Micrococcus* 190균주, *Bacillus* 112균주, *Corynebacterium* 52균주, *Streptococcus* 10균주, *Enterococcus* 9균주, 기타 12균주 등이 배양되었다. TSA배지에서 배양된 균주를 조사한 결과 gram positive cocci가 524균주 (74.9%), gram positive bacilli가 164균주 (23.4%), gram negative bacilli가 12균주 (1.7%)이다 (Table 4). 장소별 세균의 분포는 실내에서 622균주, 실외에서 78균주로 조사되었다. 비병원성 *Staphylococcus*가 실내와 실외에서 가장 많이 분포하였고, 특이한 균이나 병원성 균은 검출되지 않았다.

Table 4. Classification of microorganisms

Classification of microorganisms	Colony	%
Gram positive cocci	524	74.9
Gram positive bacilli	164	23.4
Gram negative bacilli	12	1.7
Total	700	100

나. 공정별 부유세균 동정

Six-stage viable particulate cascade impactor에서 호흡성 크기 ($5 \mu\text{m}$ 이하)의 분포는 stage 3 ($3.3\sim 4.7 \mu\text{m}$)에서 stage 6 ($0.65\sim 1.1 \mu\text{m}$)에 걸쳐서 분포하게 된다.

본 실험 사료공장 내부의 stage별 호흡성 크기의 부유세균 동정결과는 Table 5와 같다. 실내와 비교지점인 실외와의 전체 세균 농도비는 $622 \text{ cfu}/\text{m}^3$ 와 $78 \text{ cfu}/\text{m}^3$ 로 실내외비 (I/O ratio)가 유의한 차이를 보여서 실외에 비해 실내공기가 오염되었다 (부록 4). 검출된 세균별로 보면 펠릿공정에서 *Corynebacterium*이 7.5로 가장 높았고, 곡분공정에서는 *Acinetobacter lwoffii*가 10.0 으로 높았으며, 그 외의 균들도 I/O ratio가 대체로 높았다. 동정된 전체 세균에서 호흡성 크기의 세균은 $541 \text{ cfu}/\text{m}^3$ (77.3%)였다. 펠릿공정에서 부유세균의 평균농도는 $226 \text{ cfu}/\text{m}^3$ 이고, 호흡성 크기의 부유세균의 평균농도는 $190 \text{ cfu}/\text{m}^3$ 였다. 곡분공정에서 부유세균의 평균농도는 $396 \text{ cfu}/\text{m}^3$ 이고, 호흡성 크기의 부유세균의 평균농도는 $291 \text{ cfu}/\text{m}^3$ 였다 (Table 5). 호흡성 세균의 농도는 ACGIH에서 권고하고 있는 실내 미생물의 농도인 $1,000 \text{ cfu}/\text{m}^3$ 를 초과하지 않았다 (ACGIH, 1999). 펠릿공정, 곡분공정 모두 비병원성 *Staphylococcus*가 각각 $80 \text{ cfu}/\text{m}^3$, $111 \text{ cfu}/\text{m}^3$ 로 이었고, 호흡성 크기도 각각 제일 높은 비율로 검출되었다.

Table 5. Respirable concentration of indoor process floating bacteria in feed factory

Species sites		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Total
Pellet	*Conc ₃ (cfu/m ³)	2	29	16	9	46	4	4	0	80	0	190
	(%)	1.1	15.3	8.4	4.7	24.2	2.1	2.1	0.0	42.1	0.0	100
	¶ I/O ratio	-	7.3	1.8	4.5	3.5	-	2.0	-	2.7	-	3.2
Grain powder	Conc ₃ (cfu/m ³)	0	17	59	27	64	5	4	4	111	0	291
	(%)	0.0	10	20	10	20	0.0	0.0	0.0	40	0.0	100
	I/O ratio	-	4.3	6.6	13.5	4.9	-	2.0	-	3.7	-	4.9
Outdoor	Conc ₃ (cfu/m ³)	0	4	9	2	13	0	2	0	30	0	60
	(%)	0.0	6.7	15	3.3	21.7	0.0	3.3	0.0	50	0.0	100
	I/O ratio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* : Respirable concentration - Sum of airborne bacteria concentration measured on the 3~6 stage

¶ : ratio of indoor and outdoor concentration of airborne bacteria

A: *B.subtilis*, B: *Corynebacterium*, C: *S. sciuri*, D: *B.megaterium*, E: *M. luteus*,

F: *Enterococcus*, G: *Streptococcus*, H: *A. lwoffii*, I: *S. epidermidis*, J: *S. warneri*

다. Fungi의 종류와 집락수

동정결과 본 실험에서 SDA배지 36개에 배양된 균주는 463균주로 평균 231균주였다.

균의 종류로는 4종으로 *Cladosporium* 198균주, *Penicillium*이 163균주, *Aspergillus fumigatus* 5균주, *Aspergillus flavus* 64균주, *Aspergillus terreus*가 33균주였다 (부록 5). SDA배지에서 자란 균주를 조사한 결과 *Cladosporium*은 198균주 (42.8%), *Penicillium*은 163균주 (35.2%), *Aspergillus*가 102균주 (22%)이었다. 펠렛공정에서 *Cladosporium*의 평균 농도는 71 cfu/m³로 가장 높았고, 호흡성 크기의 진균도 65 cfu/m³로 높았다 (Table 6). 실내와 실외의 비율인 실내외비 (I/O ratio)는 *Cladosporium*의 전체 평균농도에서 3.9와 호흡성 크기의 평균농도 9.3이 나와서 실외에 비해 실내가 더 오염되었음을 알 수 있다. 곡분공정에서도 *Cladosporium*의 평균 농도가 109 cfu/m³로 가장 높았고, 호흡성 크기의 진균도 57 cfu/m³로 높았으며, I/O ratio도 높았다. 동정된 전체 진균에서 호흡성 크기의 진균은 336 cfu/m³ (72.5%)였다.

**Table 6. Respirable concentration of indoor process floating fungi
in feed factory**

sites	species	a	b	c	d	e	Total
	*Conc. (cfu/m ₃)	65	57	0	21	9	152
Pellet	(%)	42.8	37.5	0	13.8	5.9	100
	¶ I/O ratio	9.3	5.7	-	7	2.3	6.1
	Conc. (cfu/m ₃)	57	47	0	40	15	159
Grain powder	(%)	35.8	29.6	0	25.2	9.4	100
	I/O ratio	8.1	4.7	-	13.3	3.8	6.4
	Conc. (cfu/m ₃)	7	10	1	3	4	25
Outdoor	(%)	28	40	4	12	16	100
	I/O ratio	-	-	-	-	-	-

* : Respirable concentration - Sum of airborne bacteria concentration measured on the 3~6 stage

¶ : ratio of indoor and outdoor concentration of airborne bacteria

a: *Cladosporium*, b: *Penicillium*, c: *Aspergillus fumigatus*, d: *Aspergillus flavus*,

e: *Aspergillus terreus*

IV. 고 찰

본 연구에서는 사료공장 근로자들이 바이오에어로졸에 의한 건강장애를 조사하기 위하여 실내공기질의 오염지표인 이산화탄소와 온도·습도를 동시에 측정하고, 부유세균과 진균의 장소별 분포와 농도, 입자크기를 조사하고, 동정실험을 통하여 감염성 세균의 존재유무를 확인하였다.

실내공기 오염지표인 습도와 CO₂는 곡분공정에서 모두 높았고, 평균 세균, 평균 진균의 농도도 높아서, 바이오에어로졸은 온도·습도와 같은 물리적 환경요인과 환기상태 및 인간활동에 의해 발생하는 이산화탄소와 같은 화학적 환경요인에 영향을 받는다 (Mancinelli와 Shulls, 1978; 강경희, 1996)는 선행연구와 같았다. 실내공기 중 미생물의 성장에 가장 중요한 환경조건은 습기이다. 특히 상대습도가 70% 이상일 때 진균의 성장은 촉진된다 (ACGIH, 1999). 사료공장 공정 특성상 근로자가 많지 않았으나, 시료 채취 시 펠렛공정에 비해 곡분공정이 일하는 근로자가 좀더 많아서 CO₂ 농도가 더 높게 나온 것으로 판단된다. 각 공정별 CO₂의 농도는 환경부에서 제시한 실내 공기질법 관리기준인 1,000 ppm을 초과하지 않았다. 형태학적 관찰을 통하여 TSA배지에 자란 세균의 총 집락수 700균주 중 gram positive cocci가 524균주 (74.9%), gram positive bacilli가 164균주 (23.4%), gram negative bacilli가 12균주 (1.7%)의 분포를 보였다. 사료공장의 선행자료가 전무하기에 지금까지의 병원 내 공기 중 바이오에어로졸의 선행연구를 살펴보면 (박천제, 1997)는 gram positive cocci가 72%, gram positive bacilli가 6.1%, gram negative bacilli가 15%, 기타 균이 6.9%로 분포한다고 하였고, (최종태, 1992)는 gram positive cocci가 71.8%, gram positive bacilli가 16.8%, gram negative bacilli가 6.7%, 기타 균이

4.7%로 보고하였다. (이창래 등, 2004)는 gram positive cocci가 68.6%, gram positive bacilli가 25.6%, gram negative bacilli가 1.2%, 기타 균이 5.6%로 보고 되어, gram positive cocci가 524균주 (74.9%), gram positive bacilli가 164균주 (23.4%), gram negative bacilli가 12균주 (1.7%)의 분포를 가진 본 연구가 선행실험 결과와 유사하였다.

일반적으로 실내 부유미생물을 측정하는데 있어 선행 연구자들에 의해 적용된 방법은 흡수법, 필터법, 관성충돌법등으로 분류할 수 있다. Six-stage viable particulate cascade impactor는 배지를 충돌기 (impactor)에 곧바로 장착하고 분당 28.3ℓ의 유량으로 공기 중의 세균과 진균을 배지에 충돌시켜 직접 부유미생물을 포집하기 때문에 채취 효율이 상대적으로 높고 측정과정이 상대적으로 간편하다는 이유로 최근에 폭넓게 이용되고 있으며, 우리나라에서도 병원 등에서의 실내 부유 미생물 오염도 측정 시 가장 많이 활용되고 있다 (정선희와 백남원, 1998; 조현중 등, 2000; 김윤신 등, 2002). 하지만, 분석 장비의 가격이 고가이며 장시간 시료 채취 시 배지에 과포집 되어 미생물의 군락을 계수할 수 없는 경우도 발생한다 (Thorne 등, 1992). Six-stage viable particulate cascade impactor의 원리는 분당 28.3ℓ의 유량으로 공기를 흡입하며 흡입공기가 상단의 배지면 으로부터 단계적으로 하단의 배지면에 접촉하면서 통과되며 분출구멍의 크기는 각 stage내에서는 동일하지만, 연속적으로 stage를 내려가면서 작아진다. 따라서 분출속도는 각 stage내에서 동일하지만 연속적으로 stage를 내려가면서 증가한다. 또한 각 stage별 포집 입경이 달라 보통 0.01~100 μm 이하의 바이오에어로졸이 포집되어 호흡기계의 침착도에 따라 측정이 가능하다 (Andersen Instruments Inc, 2000).

본 실험에서 모든 균들은 비병원성균으로 동정되었지만 면역성이 저하된 근로자나 노인 또는 유아에게 치명적인 병원성을 나타낼 수 있는 기회감염

균이었다 (안태석, 2000). 공기감염은 직경 5 μm 이하의 미생물을 포함하는 입자들이 공기 중에 먼지와 함께 부유하다가 흡입으로 전파되기도 하는 데면역 기전이 저하되어 있는 노약자, 환자의 경우에는 집단감염의 우려가 있다고 강조한 바가 있다 (조모현, 1998). 특히, 최근 gram positive cocci는 원내감염 주요 원인균으로 항생제 사용의 증가와 남용으로 80%이상의 균주가 내성을 보이고 있어서 바이오에어로졸은 집락수 뿐만 아니라 배양균의 동정실험을 통한 정확한 감염균의 조사 및 치료가 요구된다. 사료공장 공정 특성상 근로자가 적어서 CO₂ 농도보다는 비교지점으로 선정한 실외와의 균주 비교가 본 연구에서는 의미가 더 컸다. 실내와 실외의 세균 농도비는 전체 세균 농도비는 622 cfu/m³와 78 cfu/m³로 실내외비 (I/O ratio)가 8이라는 큰 유의한 차이를 보여서 실외에 비해 실내공기가 오염되었다. 그러나 단순히 농도만으로 오염의 정도를 평가하는 것은 문제가 있으며 구체적으로 바이오에어로졸에 대한 유해인자의 특성이나 종간의 유해성, 특성 등을 고려하여 실내와 실외의 농도를 비교하는 것이 바람직하다 (박동욱, 2004). SDA배지에 자란 진균을 동정한 결과 *Cladosporium*이 198균주, *Penicillium*이 163균주, *Aspergillus* 102균주 순으로 측정되었다. 사료공장의 실험이 처음이라 타 연구와 비교해 볼 때, 병원의 선행연구에서 (이창래 등, 2004)는 *Cladosporium*, *Penicillium*, *Aspergillus* 순으로, (오재원과 이하백, 1997)은 *Cladosporium*, *Alternaria*, *Leptopheria*으로 동정되어 모두 *Cladosporium*이 높았고, 학교 실내 환경에 관한 연구에서는 *Cladosporium*속, *Penicillium*속, *Aspergillus*속 등이 공기 중 진균의 77.1%를 차지하였으며, 이 중 *Cladosporium*속이 가장 많았고 (이아미 등, 2005), 다중이용시설의 선행연구 (Kim과 Kim, 2006)에서도 *Cladosporium*이 가장 많아 본 실험은 선행연구들과 유사한 결과를 보였다. 유치원에서 포집한 공기 중 진균의 동정 결과를 보면, *Penicillium*속이 가장 많았고,

*Aspergillus*속과 *Mucor* 속도 출현하였으나, 본 연구와 달리 *Cladosporium* 속은 확인되지 않았으며, 이는 유치원에서 동정한 집락의 수가 많지 않은 이유인 것으로 판단된다 (황광환 등, 2003). 실내 공기 중에 *Cladosporium*, *Alternaria*가 높은 이유는 실외에서 실내로 유입되는 공기 때문이다 (Damato와 Spieksma, 1995). 동정된 전체 바이오에어로졸에서 호흡성 크기의 세균은 541 cfu/m³ (77.3%) 이었고, 호흡성크기의 진균은 336 cfu/m³ (72.5%)로 호흡성 미생물의 농도가 큰 것을 알 수 있다. 이는 Li등이 6곳의 아파트의 거실, 침실, 주방에서 측정된 호흡성진균의 농도가 실외의 70%~85%를 차지하였고 (Li와 Kuo, 1992), Pastuszka 등이 오염된 실내 (가정과 사무실)와 그렇지 않은 곳에서 측정된 호흡성 세균과 호흡성 진균의 농도가 총 농도의 약 70%, 80%를 차지한 보고와 비슷한 수준이다 (Pastuszka 등, 2000). 국내의 다중이용시설을 대상으로 한 선행연구에서 총 부유 세균 농도에 대한 호흡성 세균의 평균 비율은 55~70%의 범위를 나타냈고, 총 부유 진균 농도에 대한 호흡성 진균의 평균 비율은 50~60%였다 (Kim과 Kim, 2006).

현재까지는 실내공기 중 미생물에 대한 공인된 노출기준은 없다. 다만 미국산업위생학회 (AIHA), 미국산업안전보건청 (OSHA), 미국산업위생전문가협회 (ACGIH) 에서는 실내의 오염정도를 실외와 비교하여 판단하도록 실내와 실외 공기 중 미생물의 농도를 비교하도록 권하고 있다. ACGIH에서는 실내공기 중 세균, 진균 농도의 권고치로 1,000 cfu/m³ 이하를 (ACGIH, 1999), 세계보건기구 (WHO) 에서는 공기 중 진균 농도의 권고치로 150 cfu/m³ 이하를 제시하고 있다 (Heyder 등, 1986). 국내는 실내공기질관리법의 총부유세균에 대한 실내 공기질 유지기준은 환경부 고시 '다중이용시설등에 관한 법률'에 의해 의료기관, 보육시설, 학교, 극장, 백화점 등에서 800 cfu/m³ 이하로 설정되어 있으며, 실내공기질 관리법의 유지

기준과 시험방법에서 공기 중 진균과 관련한 항목은 언급이 없다. 본 실험 사료공장에 대한 현재 국내 법적기준이 없는 바 ‘다중이용시설에 관한 법률’의 부유세균 800 cfu/m³ 이하에 견주어 볼 때, 본 실험 결과는 세균은 350 cfu/m³, 진균은 231 cfu/m³ 균주로 나와 세균은 기준 이하이고, 진균은 법적기준도 없는 터라 법, 제도 마련이 시급한 실정이다. 바이오에어로졸은 특히, 세균, 진균과 같이 살아있는 작은 미생물이기 때문에 생물학적 특성의 접근방법이 필요하다고 사료 되며 또한 세균과 진균은 채취, 배양, 분석(계수)이 가능한 생물학적 유해인자만을 근거로 노출기준을 설정하는 것은 문제가 있고 배양성이 까다롭거나 불가능한 인자(혐기성 미생물, 바이러스 등)에 의한 건강상의 영향이 고려되지 않는 점이 문제라고 할 수 있다. 다시 말해, 환경시료에 존재하는 미생물 군집의 모든 개체균을 배양할 수 없다는 방법상의 한계를 가지고 있다고 볼 때 본 연구의 결과가 살아있는 공기 중 미생물을 과소평가하거나 미생물 군집의 주요 개체균을 반영하지 못했을 가능성이 여전히 있다고 할 수 있다. 바이오에어로졸의 분자적 검출 및 정량을 위한 미생물 포집방법의 개발도 필요하다고 사료된다. 선진국에서는 특별한 관심을 갖고 생물학적 유해인자에 대한 측정 및 분석방법, 노출기준 설정 등을 위한 노력을 계속하고 있으나 우리나라는 이런 생물학적 유해인자가 주된 위험인자인 많은 업종이나 환경에서조차도 생물학적 유해인자의 측정에 대한 법적의무가 없을 뿐만 아니라 측정할 수 있는 기관도 거의 없다.

연구결과 사료공장 내 공기 중 바이오에어로졸의 분포와 동정의 결과로 보아 측정 공장의 실외와 비교해 볼 때 실내공기가 오염되었으므로, 공장 내 공기 중에 미생물을 감소시키기 위해서는 환기를 자주 시켜 주어야 하며, 환경조건인 적정한 습도, 온도, CO₂ 등의 유지와 적극적이고 능동적인 대처가 필요하다.

IV. 결 론

본 연구는 인천에 소재한 사료공장을 대상으로 온도, 상대습도, CO₂ 등과 공기 중에 부유하는 바이오에어로졸의 농도 분포, 크기를 조사하고 동정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 실내공기 오염지표인 습도와 CO₂ 는 곡분공정에서 모두 높았고, 부유세균과 부유진균의 농도도 높게 나와 물리적, 환경적 요인이 바이오에어로졸에 영향을 주었다.
2. 세균을 입자 크기별로 조사한 결과 5단계 (1.1~2.1 μm)에서 31.6%와 6단계 (0.65~1.1 μm)에서 20.1%이었다. 진균을 입자 크기별로 조사한 결과 4단계 (2.1~3.3 μm)에서 31.1%로 가장 높았다.
3. 세균은 gram positive cocci가 524균주 (74.9%), gram positive bacilli가 164균주 (23.4%), gram negative bacilli가 12균주 (1.7%)이었다.
4. 배양된 세균은 8종으로 *Staphylococcus* 315균주, *Micrococcus* 190균주, *Bacillus* 112균주, *Corynebacterium* 52균주, *Streptococcus* 10균주, *Enterococcus* 9균주, 기타 12균주 등 이었다.
5. 진균의 종류로는 4종으로 *Cladosporium*이 198균주, *Penicillium*이 163균주, *Aspergillus fumigatus*가 5균주, *Aspergillus flavus*가 64균주, *Aspergillus terreus*가 33균주였다. *Cladosporium*은 198균주 (42.8%), *Penicillium*은 163균주 (35.2%), *Aspergillus*가 102균주 (22%)이었다.

연구결과 사료공장 내 바이오에어로졸의 농도와 분포는 온도, 습도, CO₂ 등의 영향을 받았으며, 사료공장 내 바이오에어로졸의 분포와 동정의 결과로 보아 측정 공장의 실외와 비교해 볼 때 실내공기가 오염되었음을 알 수 있었다. 따라서 공장 내 부유미생물을 감소시키기 위해서는 환기 및 적절한 습도, 온도, CO₂ 등의 유지와 능동적인 대처가 필요하다.

참고 문헌

- 강경희. 산업체 작업환경에서 실내공기의 세균오염도에 관한 연구. 고신대학교 보건대학원 석사학위 논문, 1996
- 김규상, 김은아, 이세희, 박해심. 곡물사료 취급근로자의 곡물유발친식 위험요인에 관한 연구. 대한산업의학회지 1997;9(4):628-640
- 김기연, 박재범, 김치년, 이경종. 서울시 일부 지하철역 내 분포하는 부유세균 및 입자상 오염물질 평가. 한국환경보건학회지 2006;32(4):254-261
- 김윤신. 실내공기오염. 대한의학협회지 1989;32(12):1279-1285
- 김윤신. 한국의 실내공기질 현황과 문제점. 제 25회 보건학종합학술대회, 서울특별시, 2000
- 김윤신, 이은규, 엽무중, 김기영. 다중이용시설에서의 실내 공기 중 미생물 분포에 관한 연구, 한국환경위생학회지 2002;28(1):85-92
- 박동욱. 생물학적 유해인자에 의한 건강장해와 노출평가 방법. 산업보건학 2004;2:4-10
- 박재범, 김기연, 장규엽, 김치년, 이경종. 다중이용시설 내부에 분포하는 부

- 유진균의 입경별 농도 특성. 한국환경보건학회지 2006;32(1):36-45
- 박천재. 병원지하공간내의 공기 중 미생물 분포에 관한 연구. 동아대학교 산업대학원 석사학위 논문, 1997
- 안태석. 대기 중의 미생물의 검출과 측정방법. 공기청정기술 2000;13(2):60-69
- 오재원, 이하백. 경기도 구리지역의 공중화분 및 공중진균 포자 분포에 관한 연구. 대한호흡기학회지 1997;7:57-68
- 이건섭, 김승곤, 오홍백, 김신무, 정경석, 김영권, 정태화. 진단 병원미생물학. 고려의학, 1996;4(3):57-67
- 이아미, 김나영, 김소연, 김종설. 학교 실내환경에서 공기 중 미생물의 분포 및 특성. 미생물학회지 2005;9:188-194
- 이창래, 김기연, 김치년, 박동욱, 노재훈. 종합병원 내 부유 미생물 농도 및 환경 요인과의 상관성 조사. 한국산업위생학회지 2005;15(1):45-51
- 정선희, 백남원. 일부 병원 실내에서의 공기 중 미생물 오염에 관한 연구. 한국산업위생학회지 1998;8(2):231-41
- 조경아. 유아교육시설 내 실내 공기 중 호흡성 미생물에 관한 연구. 서울대학교 석사 학위논문, 2005

- 조묘현. 병원감염세균의 특성 및 그에 관한 신속동정과 대책. 부경대학교 대학원 박사학위 논문, 1998
- 조준호, 박석환. 서울시 주요 도로변 대기 중 니켈, 크롬, 구리 농도와 차종별 교통량과 상관관계에 관한 연구. 한국환경위생학회지 1999;25(3):51-57
- 조현중, 홍경심, 김지훈, 김현욱. 일부 종합병원 내 영역별 공기 중 미생물 평가. 한국산업위생학회지 2000;10(1):15-125
- 최종태. 병원 내 공기 중 미생물 분포에 관한 연구. 한양대학교 석사 학위 논문, 1992
- 환경부. 다중이용시설등의 실내공기질관리법시행규칙. 환경부령 제 156호, 2004
- 황광환, 이아미, 신현진, 김종설. 유치원의 실내환경에서 공기 중 미생물 수의 계절적 변화. 미생물학회지 2003;9:188-194
- ACGIH(American Conference of Governmental Industrial Hygienists). Threshold limit values for chemical substance and physical agents and biological exposure indices. ACGIH, Cincinnati, Ohio, 1996

ACGIH(American Conference of Governmental Industrial Hygienists).

Bioaerosols assessment and control. ACGIH, Cincinnati, Ohio, 1999

ACGIH(American Conference of Governmental Industrial Hygienists).

Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. ACGIH, Cincinnati, Ohio, 2001

Andersen Instruments Inc. Andersen viable(microbial) particle sizing samplers operation manual. Andersen Instruments Inc, USA, 2000

Anthony KY, Chan CK, Gilbert YS. Characteristics of bioaerosol profile in office in Hong Kong. *Building Environ* 2001;36:527-541

Bergey. Bergey's manual of determinative bacteriology. 8 ed, Williams & Wilkins, Baltimore, 1984

Carrer PM, Maroni D, Alcini D, Cavallo D. Allergens in indoor air: Environmental assessment and health effects. *Science of the Total Environment* 2001;270:33-42

Clark S, Rylander R, Larsson L. Airborne bacteria endotoxin and fungi in dust in poultry and swine confinement buildings. *Am Ind*

Hyg Assoc J 1983;44:553-557

Dales RE, Zwanenburg H, Burnet R and Freanklin CA. Respiratory health effects of home dampness and mold among children. *Am J Epidemiol* 1991;134:196-203

Damato G, Spieksma FT. Aerobiologic and clinical aspects of mould allergy in Europe. *Allergy* 1995;50:870-877

Heyder JJ, Gebhart G, Rudolf CF, Schiller W. Deposition of particles in the human respiratory tract in the size range 0.005-15 μ m. *Journal of Aerosol Science* 1986;17:811-825

Kang YJ, Frank JF. Evaluation of air samplers for recovery of biological aerosols in dairy processing plants. *J Food Prot* 1989;52(1):9-13

Kim KY, Kim CN. Airborne microbiological characteristics in public buildings of Korea. *Building and Environment* 2006;42:2188-2196

Li CS, Kuo YM. Airborne characterization of fungi indoors and outdoors. *Journal of Aerosol Science* 1992;23S:667-670

Macher JM, First MW. Personal air sampler for measuring occupational exposures to biological hazards. *Am Ind Hyg Assoc J*

1984;45:76-83

Mancinelli RL, Shulls WA. Airborne bacteria in an urban environments.
Appl Environ Microbiol 1978;35:1095-1113

Pastuszka JU, Lis A, Wlazlo K. Bacterial and fungal Aerosol in indoor environment in upper Silesia, Poland. *Atmospheric Environment* 2000;34:3833-384

Reponen TA, Hyvarinen J, Ruuskane T, Raunemaa A, Nevalainen A. Comparison of concentrations and size distributions of fungal spores in buildings with and without mould problems. *Journal of Aerosol Science* 1994;25: 1595-1603

Reponen TM, Lehtonen T, Raunemaa T. Effect of indoor sources on fungal spore concentrations and size distributions. *Journal of Aerosol Science* 1992;23:S663-S666

Thorne PS, Niekhaefer MS, Whitten P, Donham KJ. Comparison of bioaerosol sampling methods in barns housing swine. *Appl Environ Microbiol* 1992;58(8):2543-2551

부 록 1. Sampling

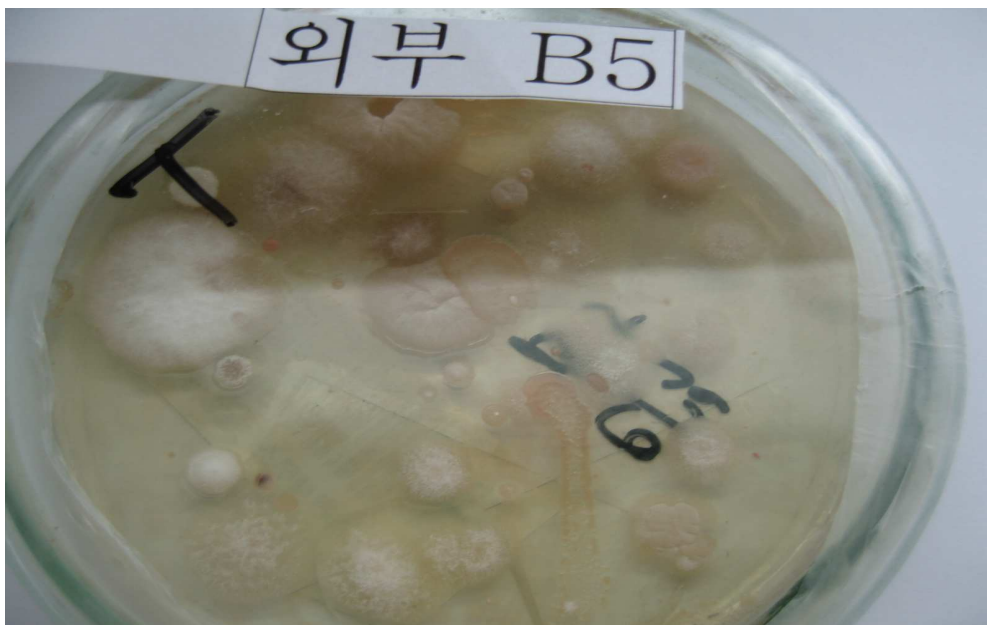


Pellet process



Grain powder process

부록 2. Cultured petridish



부 록 3. *Experimental equipment*



Identification equipment



Incubator

부록 4. Distribution and identification of indoor process floating bacteria in feed factory

Sites	species	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Total
Pellet	Conc. (cfu/m ³)	14	30	17	11	63	4	4	1	80	2	226
	(%)	6.2	13.3	7.5	4.9	27.9	1.8	1.8	0.4	35.4	0.9	100
	[¶] I/O ratio	2.0	7.5	1.5	2.2	3.5	-	2.0	1.0	2.7	-	2.9
Grain powder	Conc. (cfu/m ³)	38	18	59	37	109	5	4	10	111	5	396
	(%)	9.6	4.5	14.9	9.3	27.5	1.3	1.0	2.5	28.0	1.3	100
	I/O ratio	5.4	4.5	5.4	7.4	6.1	-	2.0	10.0	3.7	-	5.1
Outdoor	Conc. (cfu/m ³)	7	4	11	5	18	0	2	1	30	0	78
	(%)	9.0	5.1	14.1	6.4	23.1	0.0	2.6	1.3	38.5	0.0	100
	I/O ratio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

[¶] : ratio of indoor and outdoor concentration of airborne bacteria

A: *B.subtilis*, B: *Corynebacterium*, C: *S. sciuri*, D: *B.megaterium*, E: *M. luteus*,

F: *Enterococcus*, G: *Streptococcus*, H: *A. Iwoffii*, I: *S. epidermidis*, J: *S. warneri*

부록 5. Distribution and identification of indoor process floating fungi in feed factory

Sites	species	a	b	c	d	e	Total
	Conc. (cfu/m ³)	71	68	4	21	14	178
Pellet	(%)	39.9	38.2	2.2	11.8	7.9	100
	I/O ratio	3.9	5.7	4	7	3.5	4.7
	Conc. (cfu/m ³)	109	83	0	40	15	247
Grain powder	(%)	44	33.6	0	16.2	6.1	100
	I/O ratio	6.1	6.9	-	13.3	3.8	8.8
	Conc. (cfu/m ³)	18	12	1	3	4	38
Outdoor	(%)	47.4	31.6	2.6	7.9	10.5	100
	I/O ratio	-	-	-	-	-	-

I/O : ratio of indoor and outdoor concentration of airborne bacteria

a: *Cladosporium*, b: *Penicillium*, c: *Aspergillus fumigatus*, d: *Aspergillus flavus*,

e: *Aspergillus terreus*

= ABSTRACT =

**The Study of Distribution and Identification
of Airborne Bio-aerosols in the feed-factory**

Jeong Youn Il

*Department of Occupational Health
Graduate School of Public Health
Yonsei University*

(Directed by Professor Jong uk Won, M.D., Dr.PH)

This study proposed to examine the influence of bio-aerosols to the employees' physical condition particularly in a feed-factory through measuring CO₂ density, temperature and humidity as the indoor air contamination index of the air collected through six-stage viable particulate cascade impactor has measured for a feed-factory at the same time and the distribution, density and particle size of the floating microbes and fungi classified by place have compared with outdoor air of the experiment site. Moreover, this study identified whether infectious microbes are existence or not through identification experiment.

Humidity and CO₂ level as the indoor air contamination index was high in the grain powder process and the density of the average microbes and fungi was high as well. This result represents physical and environmental factors are relevant to bio-aerosol.

There was 8 types of cultivated microbes; *Staphylococcus* 315 colony, *Micrococcus* 190 colony, *Bacillus* 112 colony, *Corynebacterium* 52 colony, *Streptococcus* 10 colony, *Enterococcus* 9 colony, and others 12

colony. The average concentration of floating microbes in the pellet process was 226 cfu/m³ and the average density of respiration sized floating microbes was 190 cfu/m³. The average concentration of floating microbes was 396 cfu/m³ and respiration size floating microbes was 291 cfu/m³ in the grain powder process.

There was four kinds of fungi. *Cladosporium* was 198 colony, *Penicillium* was 163 colony, *Aspergillus fumigatus* was 5 colony, *Aspergillus flavus* was 64 colony, *Aspergillus terreus* was 33 colony. *Cladosporium* was 198 colony (42.8%), *Penicillium* was 163 colony (35.2%) and *Aspergillus* was 102 colony (22.0%). The average density of *Cladosporium* was highest 71 cfu/m³ and respiration sized fungi was also high 65 cfu/m³ in the pellet process.

Putting those various results together, every cultivated microbes were non-pathogenic microbes in this research. However, it could be opportunistic infection microbes to low-immune employees, the elderly and an infant as a fatal pathogenic microbes. This research identified that inside air can be contaminated by bio-aerosol in the feed-factory through measuring distribution and identification of bio-aerosol and comparing those results with outdoor air of the experiment site.

Consequently, it is necessary to ventilate as often as possible to reduce floating microbes in the feed-factory. Moreover, the feed-factory needs active and positive manner and efforts such as maintaining the level of appropriate humidity, temperature and CO₂ to improve the quality of indoor air.

Key-words: bio-aerosol, respirable size, I/O ratio, Non-pathogenic microbes, opportunistic infection microbes, floating microbes