



공중부유 미생물과 식품오염

크라운 제과(주) 기술연구소
농학박사 강영재

1. 서언

공기중에 안정하게 떠 있는 먼지나 미생물들은 그것들이 우리 눈에 보이지 않기 때문에 평소 그 존재가 인식 되지 않으며 관심을 기울이지도 않지만 이들이 원료나 제품을 오염시켜 막대한 경제적 손실과 국민건강을 위협하는 한 요인이 된다는 사실을 소개해 드리고 이에 대한 몇가지 대책을 제시하고자 한다.

최근 미국 FDA에서 유제품에 의한 식품중독을 예방하기 위해 미국내 대부분의 유가공 회사를 대상으로 실시한 유가공장 위생검열 program에서 설비 line의 무단 변경 여부, 위생점검과 제품의 미생물적 안전성 검사를 행한 결과 상당수의 제품에서 리스테리아균을 위시한 살모넬라, yersinia, campylobacter 등의 식중독 오염균을 발견하고 많은 제품을 수거 폐기 시켰다. 이 과정에서 드러난 특이한 점은 아이스크림 제품이 오염이 많은것과 그 오염경로가 규명되지 않는 점이다. 이러한 상황에서 FDA와 Milk Industry Foundation / International Ice Cream Association에서는 유가공장 환경의 오염방지에 관한 guide line을 설정하면서 이러한 병원균들의 오염이 공기매체에 의한 것일 가능성이 높다고 지적하고 공기의 질에 관심을 가지도록 촉구했다. 우리의 유가공 산업 뿐 아니라 여타 식품 산업에서도 이 문제에 관심을 갖고 환경위생 개선과 함께 제품의 공기매체 미생물 오염방지에 노력하여 제품의 안전성과 저장성을 높여 수익성을 높이고

수입개방에 대비하여 국제경쟁력을 갖도록 해야 할 것이다.

2. 공중부유 미생물 오염이 제품의 질(質)에 미치는 영향

공중부유 미생물 오염이 제품의 질에 미치는 영향은 제품의 종류, 오염된 미생물의 종류, 수, 오염 후의 보관상태와 기간에 따라 다르지만 유제품을 대상으로 일반화 시켜 생각할때 1) 저장성의 단축, 2) 상품가치 상실, 3) 식중독 유발, 4) 제품제조 실패 등을 들수 있다. 저장성의 단축은 주로 Pseudomonas 등의 저온성 세균오염에 의한 시유, 캣테지치즈, 휘핑크림, 버터 등의 냉장판매중 단기간에 이미(異味), 이취가 발생하는 것이며, 상품가치 상실은 저장성 단축을 포함하여 오염 곰팡이 포자의 성장으로 인한 치즈의 변패를 생각 할 수 있으며, 식중독 유발은 살모넬라, 리스테리아, 예시니아 등의 집단 식중독 발생과 bacteriophage 오염에 의한 치즈나 요구르트 제조실패를 들수 있다. 이들은 모두 기업 이미지를 나쁘게 하여 막대한 경제적 손실을 초래 할 뿐 아니라 유제품의 안전성에 대한 소비자의 인식도 나쁘게 하여 낙농발전도 저해하게 된다.

3. 제품의 공기 노출

제품이 공기에 노출되는 경우는 제품의 제조공정마다 다르므로 몇가지 예를 살펴 보도록 하면, 시유의 경우 원유가 열처리를 거친 후 파이프를 통하여 저장탱크와 충전기로 보내어 지고 또 충전기에서는 포장용기(유리병, 종이팩, 폴리팩등)에 담는데, 저장탱크에서와 포장용기에 담길 때 공기와 직접 접촉이 일어나며 CIP(Clean in place)가 끝난 열교환기, 파이프, 저장탱크, 충전기등을 배수시 공기가 이들 내면을 오염시키게 되며, 포장용기의 내면등이 공기에 오염된 후 우유가 닿아 간접오염이 일어난다. 아이스크림이나 휘핑크림 같이 공기를 제품에 주입 증량하는 경우와 제품의 포장시, 치즈나 버터 제조시와 같이 공정이 공기에 노출되게 되어 있는 open vat process 등을 들 수 있겠다.

4. 공중부유 미생물의 根源

공중부유 미생물의 source는 제대로 관리유지되지 못한 공기조절장치와 세척조와 배수구, 종사원의 몸, 고압호스를 사용한 바닥이나 기구의 세척, 기구표면에 묻은 영양물질 속에서 자라는 미생물, 창고에서 운반되어 온 자재에 실려 온 먼지, 응축수 낙하, 청소하기 힘든 부위에 쌓인 먼지, 원유나 하수등의 기포파괴시, 불결한 air compressor의 필터, 그리고 외부로 부터 들어온 공기 등을 생각 할 수 있고 이 밖에도 공장여건에 따라 다른 요인들을 찾을 수 있을 것이다.

5. 공중부유 미생물의 특성

공중부유 미생물은 공기중에 떠 있는 작은 물방울 속에 포함되어 있는것도 있고, 작고 가벼운 고체입자 표면에 붙어 있거나 속에 들어있는 것도 있으며, 미생물이 날개로 혹은 덩어리져 공기중에 떠 있는 경우도 있다. 또한 대부분의 입자들은 + 혹은 - 전기로 전하되어 있어 이들 입자간에 결합 혹은 반발을 일으키기도 하고 다른 물체의 표면에 쉬 붙거나 오히려 붙지 못하게 하기도 한다. 그러므로 입자 각각의 크기나 무게가 다르고 환경에 의한 영향도 달라 어떤 미생

물은 공중부유 상태로 數分을 건디지 못하고 사멸하는 것과 동일한 상황에서도 증식 하는것, 포자와 같이 활성에 거의 영향을 받지 않는 것 등이 있다.

6. 예방책

위에서 본 바와 같은 공중부유 미생물의 source를 없애거나 줄이기 위하여는 식품공장의 위치선정이 중요한데 주변에 분진이 많이 발생하는 공장이나 시설이 없어야 하며 주변환경이 깨끗해야 한다. 그리고 공장의 구조와 건축재료가 사용용도에 따라 critical control point(CCP)와 non-critical control point로 구분하여 공기의 흐름을 고려하여 위치를 정하고, 상황에 맞는 위생상태를 유지 할 수 있는 재료를 써야 한다. 가동중인 공장에서는 무엇보다도 전반적인 위생상태가 중요하다. 대부분의 공중부유 미생물은 불결한 환경에서 발산되어 나오기 때문에 전반적인 위생상태가 불량한 채로 어떤 장치나 처리를 하여 공기를 깨끗하게 하려는 시도는 현명하지 못한 처사라고 하겠다. 그와 아울러 몇가지 간과되기 쉬운 점을 살펴보면 다음과 같습니다.

공기조절장치와 air compressor의 설치시 흡기구 위치가 오염도가 높은곳은 피하고 필터와 팬을 깨끗하게 유지관리 하여 미생물의 서식이 없어야 한다. 특히 필터는 성능과 재질이 다양하여 그 선택에 유의하여야 한다.

종사원의 몸은 가장 중요한 공중부유 미생물의 공급원이다. 인간은 출생시 부터 미생물과 공생하는 존재로서, 인체의 표면, 호흡기관과 배설기관등은 다양한 미생물의 서식지가 되며 때로는 병원성 세균이 우리몸에 병을 일으키지 않고 피부, 점막, 소화기관에 존재하기도 한다. 이러한 미생물들이 체외로 계속 떨어져 나오는데 특히 몸이 청결하지 않을 때와 입과 코로부터 말 할때, 숨 쉴때, 기침이나 재채기 할때 많이 떨어져 나오며, 깨끗치 못한 의복과 활발한 신체활동은 그 수를 증가 시킨다. 종사원의 몸에서 떨어져 나오는 미생물의 수는 대략 분당 수백 개 부터 수십만 개에 이르는 것으로 알려져있는데 작업 시작 전의 샤워와

작업 중 혹은 외부나 화장실 출입시의 철저한 세수(洗手), 세탁된 위생복, 위생모, 위생장갑, 마스크의 착용이 필요하며, 조발상태와 손톱상태등의 개인위생이 양호해야 한다.

그리고 열처리가 끝난 제품이 공기에 접촉되는 시간을 최소로 줄이는 일과 접촉을 하더라도 정화된 공기만 닿도록 하며, 그것도 불가능 할 때는 덮개 등을 씌워 오염을 줄일 필요가 있다. 특별히 미생물의 오염이 없어야 할 곳은 작업장 전체 혹은 일부에 청정실을 설치하여야 하고, 청정실은 제약회사나 반도체 회사 등에서는 필수적인 것으로 고성능 공기 여과 필터(HEPA filter)를 설치하여 0.3 마이크론(3/100,000cm)보다 큰 입자가 모두 제거되어 미생물이 없는 공기가 일정한 흐름을 유지 하도록 만들어진 방으로 특수 내장재료를 사용하여 만들어야 한다. 그러나 고도의 청정실을 설치하고 유지하는데는 많은 경비가 들므로, 제품의 상황에 적합한 정도의 청정실을 부분적으로 설치하여 경제적으로 운용 할 수도 있으나 아직 제품에 따른 적정 청정도에 관한 연구는 되어있지 않아 임의로 정해야 하는 어려움이 있고 또 많은 연구가 필요한 분야이기도 한다.

7. 공중부유 미생물의 측정방법

공중부유 미생물은 그 종류와 크기, 또한 성상이 다양하며 대부분의 입자는 공기 중에 안정한 부유상태로 존재하므로 공기를 빨아 들이는 특수한 기구를 사용하지 않고서는 정량적인 회수가 불가능하며 이러한 기구의 사용에서 오는 환경적 스트레스와 효율성의 차이에 의해 진정한 상황의 측정은 불가능하다. 그러므로 현재 국내외에서 사용되고 있는 몇가지 측정기구의 작동원리를 살펴보고 또한 그러한 기구가 없는 상황에서의 조치를 알아보고자 한다.

사용되는 기구들은 크게 4가지 방법을 적용하여 고안되었는데 이들은 impaction법, impinger법, 원심력법, 여과법으로 impaction법은 공기를 빨아들이는 힘에 의해 입자가 가는 틈새를 통과할때 생김 관성에 의하여 밑에 놓인 고체배지의 표면에 충돌하여 채집되는

slit impactor와 많고 작은 구멍을 통과해서 채집되는 sieve impactor가 있고 이렇게 채집된 미생물은 배지를 그대로 배양하여 그 수를 알게된다. Casella Slit Sampler 와 Andersen Multistage Sieve Sampler등이 각각의 예가 되겠다. Impinger법은 비슷한 원리로 빨려 들어온 입자들이 액체에 채집되어 이 액체를 배지에 넣어 배양하여 미생물의 수를 측정한다. All Glass Impinger-30 (AGI-30)가 대표적인 기구이다. 원심력법은 날개의 고속 회전에 의한 공기흐름을 이용하여 공기중의 입자에 원심력을 부가하여 이들을 고체배지나 액체에 채집하는 것으로 Reuter Centrifugal Air Sampler(RCS), Cyclone Air Sampler들이 있다. 여과법은 멸균 솜이나 미생물을 여과 할 수 있는 특수 여과지를 사용하여 일정한 양의 공기를 여과한 후 여과된 미생물을 배지에 옮겨 키워 분석하는 것으로 Millipore Membrane Filterfield Monitor, Gelatin Membrane Filter 등이 있다. 그러나 이러한 기구들은 대체로 그 값이 대단히 비싸거나 사용이 까다롭거나 미생물의 회수와 분석중에 사멸효과가 크거나 결과가 정량적이지 않은것 등의 문제가 있어 구입과 사용에 주의해야 한다. 보다 효율적인 공기 sampler의 개발과 표준방법 설정, 공기 질의 표준설정 필요성이 인식되어 많은 연구가 현재 미국에서 진행중이다.

위와같은 기구가 없이 공중부유 미생물을 추정해 볼 수 있는 방법을 살펴보면 가장 간단한 평판노출법을 첫번째로 생각 할 수 있으나 이 방법에서 얻은 결과는 단지 평판배지 위에 자란 미생물이 공기중에 있었다는 사실 외에 공중부유 미생물의 수나 종류등의 정보를 주지 못한다. 다음으로는 깨끗이 소독된 후 공기에 노출된 식품취급 용기나 식품이 닿는 기구의 표면으로부터 미생물을 멸균 면봉등으로 수거 배양하여 이들에 의한 식품오염 가능성을 보는 것으로 이 역시 정량적은 아니지만 직접 식품을 오염시킬 수 있는 상황이라는 점이 의미를 갖는다. 그러나 용기나 기구 표면의 소독상태와 미생물 회수효율, 회수시의 작업자에 의한 오염가능성 때문에 각별한 주의를 요한다. 이러한 문제들을 줄이기 위해 3M사의 petri film 이나 RODAC(Replicate Organism Detection and Counting) plate 등을 사용할 수도 있다.

8. 실측치

지금까지 각종 문헌에 나타난 외국 유가공장 내의 공중부유 미생물의 수를 다양한 측정기구로 조사한 결과를 종합하여 살펴보면 입방 미터당 수십에서 수만 까지로 다양하며, 박테리아가 가장 많이 존재하고 그 다음은 곰팡이라는 것이다. 그리고 수의 변화가 크며 특수한 상황, 예를 들면 환풍기 작동 초기, 배수구에 많은 물이 들어갈 때, 기기나 바닥의 물 세척시, 종사원 작업시 등에서 뚜렷한 증가현상을 나타내고 있고, 또한 다양한 병원성 세균, 제품을 변질시키는 부패균, 유산균, 곰팡이, 효모등의 미생물이 공기중에 존재하는 것이 확인된 바 있다.

9. 제언

이상에서 본 바와 같이 불결한 환경에서 불결한

공기가 만들어 지고 이로 인해 제품의 저장성 단축과 집단 식중독 발생의 가능성을 살펴 보았는데 이러한 공중부유 미생물에 의한 제품의 오염을 방지하려면 무엇보다도 전반적인 환경위생을 개선하는 노력이 필요하다. 지금까지 이 상황에서도 아무 일 없었는데 하는 안일한 생각은 일이 발생하고 난 뒤에 때 늦은 후회를 하게 된다. 종업원 위생교육과 위생관리, 하수구의 구조개선과 주기적인 청소 소독실시, 환기 송풍 시설의 청결 유지, 제품의 공기노출 극소화, CCP 지역의 고시와 출입 통제, 필요시 에어커튼이나 청정실 설치 등에 주력하고 전문가의 도움을 받아 위생상태와 취약점을 사전 점검하고 이에 대한 대책수립이 필요하다 하겠다.

■ 각국의 국민 1인당 연간 우유소비량 (단위 : kg)

한 국	38.7	덴 마 크	497.4	스 웨 덴	357.2
뉴질랜드	613.0	영 국	462.6	네델란드	285.4
프 랑 스	506.7	카 나 다	391.2	미 국	262.8
스 위 스	505.8	서 독	382.3	일 본	69.0