

식품산업의 압축공기 오염 방지에 대하여

식품제조공정에서 일상적으로 사용되는 압축공기는 자주 식품과 직접 닿게 됩니다. 따라서 식품이 오염되지 않은 상태로 보존되어야 되는 것은 중요한 사항입니다. 이러한 부문에서 (주)한국토네어는 오염물이 얼마나 쉽게 발생하는가를 조명하였고, 어떻게 항균필터가 압축공기 오염을 방지하는데 도움이 되는가를 설명합니다.

식품 제조 산업에서 항균필터의 역할

ISO 9000, ISO14000 또는 HACCP(Hazard Analysis and Critical Control Point : 위해요소 중요관리점 관리) 인증 취득은 식품제조산업에서 기본적으로 요구되는 것입니다. 1960년대에 미국 항공우주국(NASA)에서 HACCP 기준을 개발하여 우주인을 위하여 제조한 식품이 미생물 오염으로부터 안전하게 하였습니다. 1980년대에 E.Coli가 출현함에 따라서 HACCP인증은 미국의 모든 식품제조업체에 적용되었습니다. 1995년에 일본후생성은 HACCP 시스템을 식품위생법에 소개하였고, 승인기관을 설립하였습니다. 우리나라도 95년 12월 식품위생법 및 축산물가공처리법에 따라서 이 제도의 적용을 확대하고 있습니다. 식품산업체 HACCP 인증은 현재 국제적으로 인정된 식품 안전 기준이고, HACCP 마크는 필요한 모든 안전 요구사항에 적합한 공정에서 식품이 제조되었다는 것을 보증하는 것입니다.

압축공기가 오염되는 경로

압축공기는 식품제조공정에서 중요한 동력원이지만, 그 품질은 공장의 조건 또는 역사에 따라서 분명하고 크게 변화될 수 있습니다. [그림1]은 압축공기가 어떻게 오염될 수 있는가를 분명하게 해줍니다. ● 에어시스템 외부에서 ● 에어시스템 내부에서 ● 에어시스템을 설치하거나 수리하는 동안 압축공기가 오염될 수 있는 주요한 3가지 오염원입니다.

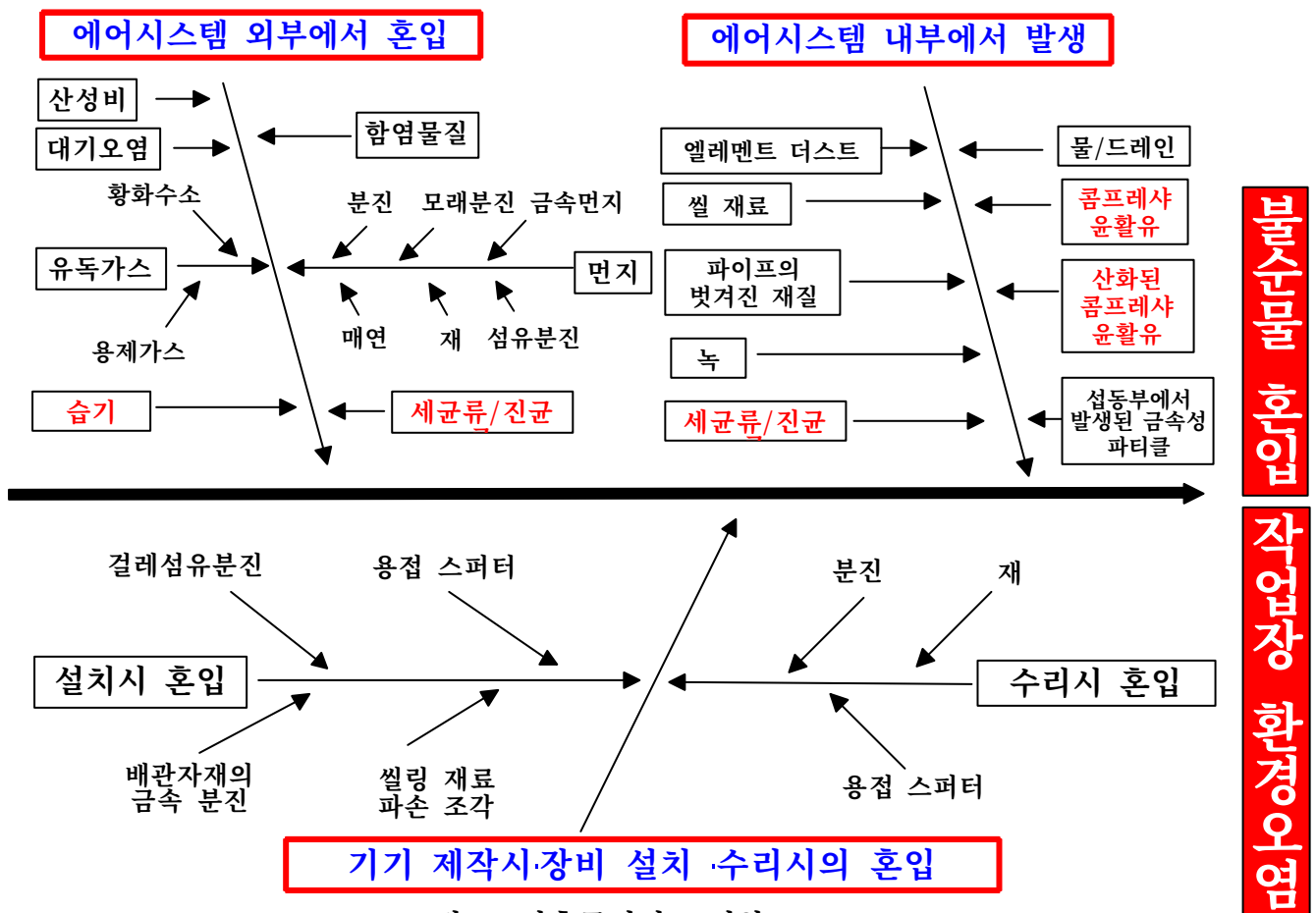


그림1 : 압축공기의 오염원

에어 시스템 외부에서 들어오고 있는 잠재적인 압축공기 오염물질에 대하여 생각하고 있는 압축공기 사용자들은 그리 많지 않습니다. 외부로부터의 오염물질들은 대기오염, 예를 들자면, 다이옥신(dioxins), 먼지(dust), 유독가스(poisonous gas), 또는 박테리아 및 곰팡이 포자(bacteria & mould spores)를 들 수 있습니다.

유명한 과자 메이커를 한 예로 들어보겠습니다. 이 회사는 트럭으로부터 배기가스가 발생하고 있는 트럭주차장 근처에 에어컴프레샤를 설치하였습니다. 자동차에서 배기된 질소산화물(nitrogen oxide)이 압축공기중의 수분과 반응되어 유독가스(poisonous gas)인 아질산(nitrous acid)이 생성됩니다. 계속하여 오염된 압축공기는, 제품을 봉지에 넣기 위한 준비 단계로, 프라스틱 봉지를 여는데 사용되었습니다. 다행스럽게도 이 업체에서는 문제는 빨리 알게되어 컴프레샤를 보다 안전한 장소에 설치하였습니다.

압축공기를 오염시키는 가능성을 증가시키는 다른 요인들은 에어라인의 길이 및 노화상태, 습도, 실내와 실외의 커다란 온도 차이일 것입니다.

식품제조 산업에서 압축공기는 : 포장(봉지,진공); 충전(에어압력충전); 원자재(파우더 또는 액체) 이송; 컨테이너와 콘베이어의 세정 및 건조; 교반(에어모터, 버블링); 스티커의 잉크젯프린팅용 에어브로우잉(제조일, 유효기간); 식품공정기계의 콘트롤 및 작동 등에서 매우 다양하게 적용되고 있습니다.

이러한 적용처의 대부분에서 압축공기는 식품과 직접 닿게됩니다. 더군다나 압축공기가 공압기계를 콘트롤하거나 운전할 때, 이러한 기계들로부터 배기되는 공기는 주변 식품제조 환경을 오염시킬 수 있습니다. 따라서 압축공기의 필터여과는 오염방지 및 깨끗하고 위생적인 환경을 위하여 중요합니다.

필터 메인テナンス(Filter Maintenance)

에어필터가 압축공기의 품질을 향상시킨다는 사실에 대하여 아무도 논박하지 않지만, 충분한 메인テナンス를 하지 않을 경우 에어필터 자체가 압축공기의 잠재적인 오염원이 될 수 있다는 것을 기억하는 것이 중요합니다.

※ 타사제 에어필터의(S사, C사) 통과전과 통과후의 실측정치

종류	측정장소 (필터 통과전/후)	압축공기 중의 불순물입자 (개/liter)		
		0.3μm	0.5μm	1μm
자동차	통과전	387,611	69,908	793
	통과후	454,851	211,377	10,403
식품	통과전	138,686	3,403	411
	통과후	242,733	6609	446
전자부품 (클래스1000)	통과전	476	228	81
	통과후	2,580	452	33
정밀	통과전	17,278	1,329	120
	통과후	288,736	151,307	25,995
기계	통과전	422,859	1,687	21
	통과후	601,661	163,647	2,129
요업	통과전	632,269	373,087	21,939
	통과후	650,058	502,967	100,432
자동차 부품	통과전	6,186	35	16
	통과후	443,862	408,265	290,991
전기 기계	통과전	496,682	6,849	1,375
	통과후	602,682	51,269	507

주) 레이저파티클카운터에 의한 측정실적 1,233회의 데이터로 보아서 메인テナンス를 하지 않은 필터의 사용은 역으로 청정도를 악화시킨다는 사실이 확인되어, 청정도를 유지하기 위하여 정기적인 엘레먼트의 교환관리가 불가피합니다.

1. 식품제조공장에 있어서 압축공기의 사용 용도

- ① 포장 --- 제품의 포대포장
 - ② 충전 --- 양압충전
 - ③ 압송 --- 분체, 유체(원재료)
 - ④ 세정, 건조 --- 용기세정, 콘베아청소, 기기청소, 시설
 - ⑤ 교반 --- 에어모타, 버블링(거품화)
 - ⑥ 제조년월일, 유효기간 등 표시 --- 잉크젯실(Seal) 작업부위의 에어세정
 - ⑦ 제어구동 --- 생산라인, 기기로부터 배기에어에 의한 생산환경오염(낙하균, 분진 등)
- 낙하균 : 공기 중에 부유하여 세균이 떨어지는 것

2. 식품제조공장에 있어서 품질불량내용

- | | | |
|--|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> ① Seal 불량(잉크젯터/Inkjetter) ② 계량량 불량(호파(Hopper)내 Blow Air) ③ 오염물 불량 ④ 외관오염 불량 ⑤ 포장재 불량 | → | <p>♣ 오염물 불량 품질보전대책</p> <ol style="list-style-type: none"> a. 균대책 b. 부패대책 c. 이물혼입대책 d. 방충대책 |
|--|---|--|

3. 각 기기 및 사용용도에 대한 압축공기 중의 오염 물질 현황

기기 \ 함유물	수분	유분	카본	타르상 카본	녹	용도
솔레노이드밸브	코일절연불량 녹발생으로 인한 밸브의 고착 고무계 밸브의 팽윤 수명 저하	고무계 밸브의 팽윤 수명저하	밸브의 Spool고착	밸브의 spool 고착	밸브의 Spool 고착	공작기계전반, 일반 기화기, 산업기계, 자동화·성력화기계 전반, 전자정밀기기 전반
실린더, 로타리 엑츠크에이터	녹발생으로 인한 밸브의 고착 수명 저하	수명 저하	피스톤 실불량 수명저하	피스톤 고착	피스톤 실불량 수명저하	상동
감압변 공기압릴레이	기능 저하 불량 녹발생으로 인한 수명 저하	기능 저하 또는 불량	밸브의 고착	밸브의 고착	밸브의 고착	상동 및 계장전반
공기압계장기기	작동 불량					계장 전반
에어 테스터	오염					카메라·전자기기· 자동차·일반전반의 에어테스터전반
수송기기	분체의 균음으로 인한 기능저하 및 오염					분체수송
에어 모터	회전수의 저하 녹발생으로 인한 수명 저하	회전수의 저하 및 고착불량	고착불량			공구(에어드라이버) 에어터빈(치과용) 일반기계
에어스프레이	도장 불량					도장 전반
에어마이크로 메터	계측오차 및 불량					공작기계
교반	오염(이물·균 혼입)					식품관련
세정	오염(이물·균 혼입)					
충진	오염(이물·균 혼입)					
포장	오염(이물·균 혼입)					
압송	오염(이물·균 혼입)					

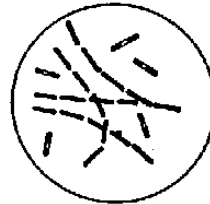
압축공기 중에서 발견된 박테리아 및 곰팡이의 존재

박테리아는 고온의 압축공기에서 생존할 수 없다는 일반적인 고정관념이 있습니다. 그러나 일본식품분석연구소(Japan Food Research Laboratories)에서 수행된 리서치에서 박테리아 및 곰팡이들이 압축공기에서 존재한다는 사실이 발견되었습니다. 바실루스 포자(bacillus spores)가 100°C의 온도에서 3시간 동안 생존한 사실이 알려졌습니다. 마찬가지로 균류(fungi)들이 150°C에서 1시간 동안 생존할 수 있고, 그리고 곰팡이 포자(mould spores)가 70°C에서 10분 동안 생존할 수 있습니다. 따라서 식품제조공장에서 이러한 오염물질들을 효과적으로 제거하기 위한 고성능 필터를 설치하는 것이 중요합니다.

박테리아와 곰팡이는 압축공기의 온도 및 습도에서 빠르게 증식이 되어서 잠재적으로 식료 제품의 오염 원인 및 소비될 경우 식품 부패의 원인이 될 수 있습니다.

◆ 바실루스(고초균)

호기성유아포간균 : 공기를 좋아하고, 내열성 아포를 형성하는 간균의 일종. 캔병포장 식품 및 포장가열식품의 부패의 원인이 된다. (Mucor Genus)

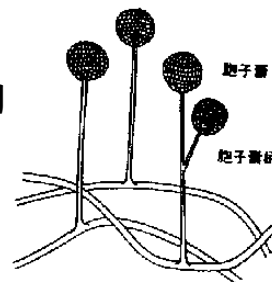


바실러스속의 내열온도
포자 : 100°C, 3시간
일부 균의 내열온도
아포 : 150°C, 1시간

枯草菌

◆ 뮤코르속(털곰팡이)

털곰팡이라고도 불리우며, 토양 중에 많이 존재, 여러 가지 식품에 번식하고 부패의 원인이 됨.

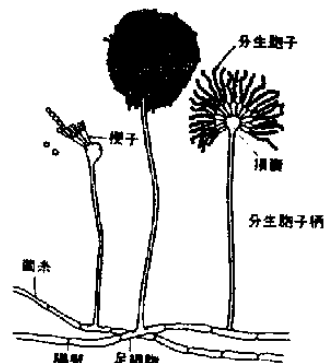


곰팡이의 내열온도
균사 : 60°C, 10분
포자 : 70°C, 10분

Mucor의模式圖

◆ 아스퍼질러스 속

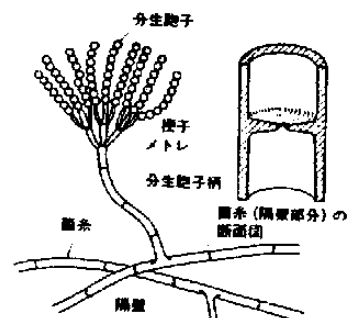
자연계에 널리 분포되어 있고, 과일이나, 야채, 빵 등에서 잘 자란다. 고농도의 당이나 식염을 함유한 식품, 저수분량의 식품등에 번식하여 부패의 원인이 된다. 아스퍼질러스의 일종으로 아스퍼질러스, 후라부스는 곰팡이독인 아플라톡신을 발생한다.



Aspergillus의模式圖

◆ 페니실린속(푸른곰팡이)

식료품을 부패시키는 곰팡이의 대표.
과일, 야채, 빵, 떡 등에서 잘 번식함.



Penicillium의模式圖

항균 에어필터(Anti-bacterial Air filters)

전통적인 에어필터는 금속 몸체(metal body)의 부식으로 인한 녹과 엘레먼트 표면에서 증식되는 박테리아(bacteria)로 인하여 압축공기의 오염 원인이 되고 있습니다.

Maeda는 엔지니어링 플라스틱과 항균제를 혼합하여 제조한 2개의 항균필터, **Excel Clean**(3 microns의 여과도 및 1Mpa의 압력범위)과 **3in1 멀티드라이필터**(0.01 microns 여과도 및 0.97Mpa 압력범위)를 소개함으로써 이러한 문제 모두를 해결하였습니다. 두가지 필터 모두가 박테리아 및 균증식 또한 냄새 모두를 억제하는 은계항균제가 몸체와 필터 매개체(media)에 스며들어 있습니다.

위에서 언급하였듯이, 압축공기는 식품제조산업에서 공압기기를 움직이는데 보통 사용되지만, 그 배기에어는 쉽게 주변환경을 오염시킬 수 있습니다. 따라서 배기에어필터의 설치는 깨끗하고 위생적인 제조환경을 만드는데 도움이 됩니다.

그러한 필터의 하나가 0.01 microns의 여과도를 지닌 항균엑셀 배기에어필터(Anti-bacterial Excel Exhaust Air filter)입니다.

COMBI CLEAN & DRY AIR SYSTEM은 콤프레샤 압축공기에서 100%의 응축수, 0.01 μ m이상의 고형이물질, 99.99%의 오일미스트를 제거하여 잔존오일량을 0.01ppm(w/w)이하 유지시키고 압축공기의 습기를 완벽히 제거하여 저습도(3~1.5%)의 건조한 압축공기를 공급할 수 있는 필터·드라이어 일체형 시스템으로 깨끗하고 + 건조하고 + 항균되고 + 냄새도 없는 초청정의 Clean & Dry 압축공기를 공급합니다.



세퍼레이션필터



Excel Clean



항균3in1 멀티드라이필터



Excel
배기에어필터



Combi 필터&
드라이어

결론(Conclusions)

우리는 공장내에서 사용하는 압축공기의 품질을 정량적으로 측정하는 여러 가지 기술을 개발하였습니다. 현재 까지 1000개 이상의 공장에서 측정을 해왔습니다. 파티클 측정을 위하여 크린룸의 에어품질을 모니터링하기 위하여 원래 고안된 레이저파티클카운터가 이용됩니다. 이 장비는 파티클 사이즈를 0.3 ~5 microns 까지 측정할 수 있습니다. 우리는 압축공기의 품질이 분명하게 차이가 나고, 에어시스템의 조건 및 위치 모두에 달려 있다는 것을 발견하였습니다. 박테리아와 곰팡이는 압축공기에서 발견되었고, 식품생산라인에서 항균필터(Anti-bacterial filters)사용을 주창하고 있습니다. 식품공장에서 배기필터의 사용은 역시 깨끗하고 위생적인 제조 환경을 만드는데 중요한 것으로 알려주고 있습니다. 고성능 에어필터는 역시 카본 또는 녹과 같은 오염물질로부터 공압제어장치를 보호할 수 있고, 기계의 수명을 연장시킬 수 있습니다.

모든 필터와 함께, 막힌 필터는 오염물질을 모아서 에어품을 악화시키기 때문에 주기적인 엘레먼트의 메인テナンス 또는 교환은 깨끗한 공기를 유지하기 위해서 필수입니다.

3-in-1 Multi Dry Filter의 기술적 특징

동일한 몸체에 서로 다른 소재의 필터 엘리먼트를 배열한 세계에서 유일한 초고성능 에어필터

1. 구조상 특징

① 3개의 필터 엘리먼트 내장

그림의 3in1 Multi Dry Filter의 구조에서 보듯이 3개의 필터 엘리먼트를 동일한 몸체에 배치하여 단계적으로 여과되도록 한 구조이고, 더구나 오일 미스트 엘리먼트의 여과 면적은 타사 제품과 비교하여 2~3배 넓고 또한, 7층 구조로서 내구성이 우수하고 0.01 μm 이상의 미립자를 제거할 수 있는 필터이면서 수명(초기 성능유지기간)이 깁니다.

② 2개의 챔버로 고성능 발휘

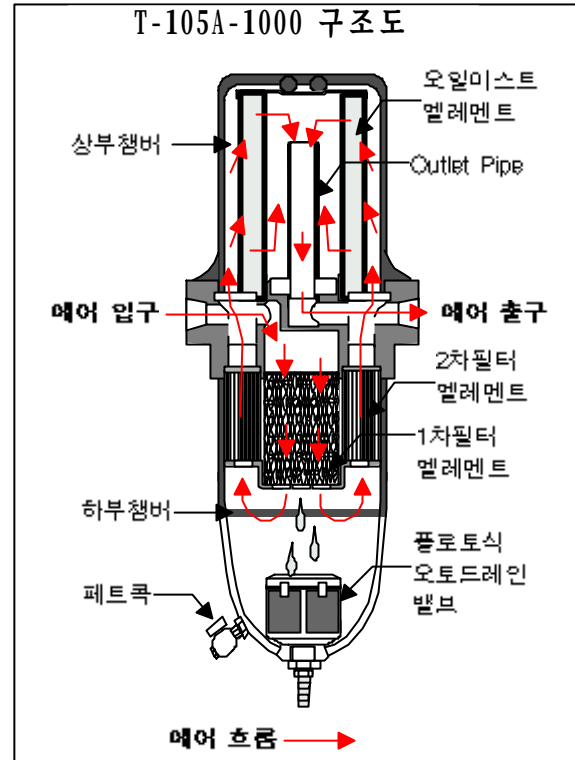
에어의 유속을 떨어뜨리는 응축수(수분.유분) 및 오일미스트의 분리효율을 극대로 향상시키기 위하여 상하 2개의 챔버로 구성되어 있습니다. 상부 챔버에서는 입자가 엘리먼트로 돌입하는 에너지를 저하시키는 것에 의하여 엘리먼트의 수명을 길게 하고 또한, 효율적인 오일미스트 분리를 합니다.

③ Outlet 파이프로 수명연장

오일미스트 엘리먼트 내부의 상부까지 연장한 Outlet Pipe에 의하여 통과된 에어가 엘리먼트 전체로 평균적으로 흘러, 오염되어 한쪽으로 치우쳐 모이는 것을 방지하는 동시에 압축공기로부터 분리된 오일의 재혼합을 방지하여 수명을 길게 하였습니다.

④ 콤팩트하여 공간 절약, 장비에 직접 취부 가능

타사 필터와는 달리 Pre Filter가 불필요하기 때문에 배관에 설치가 간단하고, 배관거리도 짧아지므로 배관의 압력손실도 최소화할 수 있습니다.



2. 성 능

① 응축수 제거 성능

100%의 응축수를 효과적으로 제거하여 응축수 없는 압축공기를 공급합니다.

② 고형미립자 제거 성능

0.01 μm 용 필터의 고형미립자 제거율 : 99.99% 이상

☞ 0.01 μm 입자는 바이러스, 유분, 카본블랙, 담배연기 등이 있습니다.

③ 오일 미스트 제거 성능

0.01 μm 용 필터의 오일 미스트 잔류량 : 0.01ppm(w/w) 이하로 유지시킵니다.

④ 압력손실이 적고, 에너지 손실이 적다.

T-105A-1000의 압력손실은 압력 0.5MPa, 유량 0.75Nm³/min일 경우 0.023MPa가 되고, 기능 및 신뢰성과 함께 세계에서 가장 많이 사용하고 있는 X사제의 0.01 μm 필터 A0-0013G+AA-0013G의 압력손실 0.032MPa 보다도 0.008MPa(22%)적은 수치로 되어있어 에너지로 연결됩니다.

항균사양 3in1 멀티드라이필터의 장점

은계항균제를 필터엘레멘트에 함침하고, 압축공기 중에 포함된 균과 곰팡이 등의 세균증식을 방지 (단, 일부 곰팡이에 관해서는 효과가 약함)

- ① 안전성이 높다 (식기에도 사용되고 있는 은이 주성분)
쥐 또는 생쥐를 써서 경구급성 독성시험 LD50치 2000mg/kg 이상
- ② 각종 균에 효과가 있음
0-157을 시작으로 유해한 대장균과 황색포도구균 등의 식중독균과 원내감염의 원인으로 주목을 받고 있는 MRSA(메치시린 내성 포도구균) 등에 대해 항균효과가 확인되고 있다.
- ③ 효과의 지속성이 길다 (1년간 사용해도 효과가 지속)
유기계 항균제의 독특한 휘발성이 없기 때문에, 항균효과 지속기간이 길다.
- ④ 필터교환시의 세균의 비산방지 효과를 발휘
필터표면에 달라붙은 세균은 24시간후엔 1/100이하로 되고, 장기간 사용한 후 필터엘레멘트를 교환할 때에도 세균의 비산을 방지할 수 있다.
- ⑤ 필터엘레멘트의 세균증식에 의한 막힘을 방지
필터표면에 세균이 증식하면, 필터엘레멘트의 막힘이 빨라지게 된다.
- ⑥ 방취효과가 있다.
미생물은 오물을 영양원으로 증식하고, 그 때 발한, 부패취 등이 발생함. 은계무기항균제는 미생물의 증식을 막아주므로, 냄새의 발생을 막아주는 방취효과가 있다.



※ 은계 항균제(銀系抗菌劑)

항균의 주역은 무기계 항균제입니다. 무기계 항균제는 몇가지가 있지만 나뉘는 요소는 항균 성분을 갖고있는 세라믹스의 차이에 따른 것입니다. 세라믹스의 차이는 각종 무기계 항균제 메이커들의 특징 첨부 차이이며 항균제로서의 본질적인 차이는 아닙니다. 세라믹스에 차이가 있어도 가장 중요한 항균 성분에는 관해서는 각종 무기계 항균제가 대동소이하다고 봅니다. 무기계 항균제의 항균성분은 금속입니다. 항균효과가 있는 금속에는 수은(Hg)을 필두로 몇가지 정도 알려져 있지만 안전성 확보면에서 오랜 세월에 걸쳐 실제로 쓰이고 있는 금속은 은(Ag), 동(Cu), 아연(Zn)의 3종류가 있습니다. 무기계 항균제는 이들 3종류의 금속중 10종류 또는 몇종류를 혼합해 항균성분으로 쓰고 있습니다. 은, 동, 아연 중에서 “은”은 항균효과가 높으면서 안전도가 높아 무기계 항균제의 중심적 성분이 되고 있습니다. 따라서 현재 많은 종류의 무기계 항균제 중에서 대부분이 “은”을 항균성분의 주성분으로 한 “은계 항균제”로서 쓰여지고 있습니다.

[장점]

1. 세균에 대한 항균 효과가 높다.
2. 항균효과를 발휘하는 대상 세균의 종류가 많다.
3. 안전성이 높다.
4. 효과 지속성이 길며, 반영구적으로 효과가 지속된다.
5. 비교적 고온인 수지성형에 이용이 가능하다.

포장기·충전기·교반기·세병기 등 공급되는 압축공기에 박테리아, 곰팡이 등이 함유되어 있을 경우에 제품에 치명적인 영향을 미치므로 반드시 항균필터를 장비에 설치한 후에 압축공기를 사용해야 합니다.



[포장기 설치 사례]

항균필터의 항균효과 시험 결과

대상상품 : 항균사양 3in1 멀티드라이필터 & 항균 액셀 크린

모 식품공장에 실제로 설치한 압축공기 중에서 필터링한 공을 이용하여, 폐사 항균 필터
엘레먼트 조각에서 항균 효과 테스트를 실시한 결과 항균 효과가 인정되었음.

시험방법 : HALO TEST

항균효과가 있는 장소에는 시험조각 주변에 균이 증식하지 않는 부분이 형성되므로
이 halo test는 항균 효과를 실증하는 시험에 이용된다.

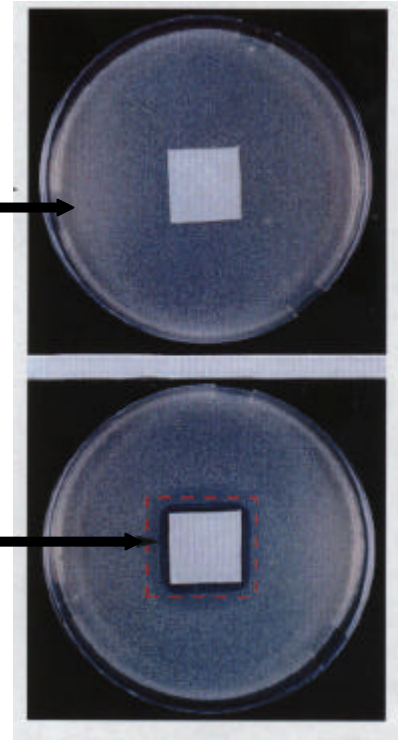
항균처리를 하지 않은 엘레먼트 조각

필터 엘레먼트 조각의 주변에서 균이 증식하고 있음.



항균처리를 한 엘레먼트 조각

필터 엘레먼트 조각의 주변에서 균이 번식하고 있지 않는
부분이 형성되어 있는 것이 색깔이 다른 것으로 확인되어
항균 효과가 인정됨.(저지대의 발생)



[그림 2]

일본식품리서치연구소(Japan Food Research Laboratories)의 보고에서 압축
공기에서 발견된 박테리아는 크기가 $0.45\mu\text{m}$ 범위에 있다고 알려졌습니다. 따
라서 $0.3\mu\text{m}$ 제거효율을 가진 에어필터의 사용이 추천됩니다. [그림2]는 항균
필터(Anti-bacterial) 엘레먼트의 효과를 보여줍니다. 필터 샘플은 식품제조
공장에서 일반적으로 발견되는 박테리아에 대해 테스트되었습니다. 시험은
분명히 항균처리(Anti-bacterial treatment)가 샘플 엘레먼트 위와 근처에서
전형적인 ‘저지대’를 형성하여 박테리아 집단이 증식되는 것을 저지한다는
것을 보여주었습니다.([그림2]에서 박테리아가 없는 필터샘플 주위를 보십시오.)
항균제 역시 곰팡이의 증식을 저지합니다.

필터링된 곰팡이에 대한 항균 효과 사례

1. 항균처리를 한 필터 엘레먼트

사용한지 6개월이 경과했음에도 필터엘레먼트에 제거된 세균이 항균제로 살균되어 세균이 증식되지 않아서 눈
막힘 현상이 없음.

2. 항균처리를 하지 않은 필터 엘레먼트

사용한지 1개월이 지난 후, 필터엘레먼트에 세균이 증식하여 눈막힘 현상이 심화되고 악취가 남.



항균처리를 한 필터 엘레먼트
(설치 반년후 사진)

항균처리를 하지 않은 필터 엘레먼트
(설치 1개월후 사진)

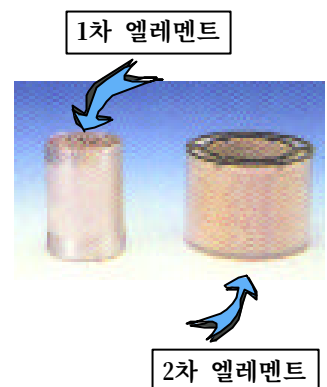
항균사양 3-in-1 멀티드라이필터 요소의 역할



3in1 멀티드라이필터는 3개의 서로 다른 요소가 몸체 하나에 복합적으로 구성되어 있고, 압축공기는 단계적으로 통과하여 이물질이 제거되는 것입니다. 즉, 3개의 필터가 한 개의 몸체로 일체화된 복합 필터라고 말할 수 있습니다. 여과되지 않은 모든 압축공기는 응축수, 오일 미스트, 고형이물질(곰팡이, 세균 포함)이 함유되어 있습니다.

① 1차 40 μ m 스테인레스 필터 요소:

에어라인에서 3in1 멀티드라이필터로 유입되는 압축공기는 1차 요소의 스테인레스 메쉬를 통과하면서 속도가 붙고 소용돌이를 칩니다. 물방울은 메쉬 표면에 붙어 다른 물방울과 결합됩니다. 물방울은 크기가 커지면서 다른 이물질을 모아서 밑으로 떨어지면서 오토드레인 집수조로 흘러갑니다. 모여진 응축수는 일정량 차면 플로트가 뜨면서 자동 배출됩니다. 압축공기가 1차 요소를 통과하면서 속도의 변화, 소용돌이 현상, 압축공기의 팽창에 의해 대략 95%의 응축수가 1차 요소에서 제거됩니다.



② 2차 5 μ m 특수면 필터 요소 :

현재 남아있는 5%의 응축수를 함유한 압축공기는 매우 흡수성이 높고 조밀하게 감은 2차 요소로 들어갑니다. 압축공기는 요소를 통과할 수 있는 길을 찾기 위해 격렬하게 회오리치며, 수많은 작은 소용돌이가 형성됩니다. 남아있던 응축수는 분리되어 이러한 소용돌이의 진공상태에서 기화됩니다. 오일방울과 5 μ m 이상의 고형이물질은 2차 요소에서 제거됩니다. 필터 요소에는 항균제가 함침되어 있으므로 필터에 포착된 5 μ m 이상의 곰팡이 및 세균의 증식을 억제합니다.

③ 3차 0.01 μ m 오일미스트 필터 요소 :



3차 요소에서 99.99%의 오일미스트 및 0.01 μ m 이상의 이물질이 제거됩니다. 세계적인 필터 메이커인 Donaldson Japan에서 실시한 DOP TEST에서 오일제거율 99.991%, 잔여유분량 0.00017ppm w/w, 압력손실 0.021kgf/cm²의 결과가 시험결과로 나왔습니다. 또한 필터 요소에는 항균제가 함침되어 있으므로 필터에 포착된 0.45 μ m 이상의 곰팡이 및 세균의 증식을 억제합니다.

이러한 방법으로 3in1 멀티드라이필터는 압축공기로 구동되는 장비에 무해한 깨끗하고 건조한 공기를 공급하는 것입니다.