

# 식품공업에서 공중균과 청정실

이            병            국  
수            석            농            산  
부회장/동아제약 기술고문

## 1. 서    론

식품공업에서 청정실의 개념이나 필요성이 대두된 것은 그리 오래된 일은 아니다. 가공 식품 제조 과정 중에 진애나, 미생물등의 오염이 식품의 변패 식중독 또는 보존성 손실의 원인인 것은 잘 알고 있는 일이지만 대부분 최종 제품의 열 멸균에 의해 필요한 보존성은 유지하여 왔기 때문에 제조장의 청결은 제조장의 위생유지와 청소소독 등의 방법에 주로 의존하고 있다.

그러나 식품 소비 기호의 변천과 제품의 변천에 따라 가열멸균에 의한 식품에서 자연 풍미 상실과 영양가의 손실, 또는 비 내열성 포장 용기제의 사용(종이 플라스틱류의 용기)은 열멸균을 제한하게 되어 자연히 clean fill 즉 청정 충전의 필요성이 대두되게 되었다. 방사선조사나 고자장, 고압, 고주파 등을 사용한 비열멸균법이 개발되고 있으나 실용적인 단계에는 문제가 있다.

여기서 무균적 조건하의 제조와 충전 포장(Aseptic Filling) 방법이 고려될 수 있다. 즉 식품의 선도를 유지하며, 적절한 멸균(UHT

등)을 행하고 용기류는 사전멸균(즉 과산화수소 포화증기 등) 한 것을 무균적 환경인 청정실에서 충전 제조하게 된다. 그외에 식품 가공중 기류에 노출하며 건조 냉각하거나 가열충전 할 경우 노출되는 공기의 제어를 위하여 청정실을 활용하고 있다.

식품공정중의 오염경로를 분석하고 청정실의 필요성을 논한 다음 공중균의 존재 양상을 분석 함으로 해당 식품공업에서의 청정실을 일반 청정실과 대비하여 구조적 필요조건을 열거하고자 한다. 클린룸 Engineering 견지에서 식품공업의 청정실을 분석하여 클린룸 기술이 식품공업 발전에 조금이나마 기여하기를 바라는 바이다.

## 2. 식품제조 공정에서 미생물에 의한 오염 경로는

식품의 원 재료인 동·식물이 수확 채취되기 이전에 식물(食物)에 부착 생존하는 1차 오염의 경우와 가공 처리도중 오염되는 2차 오염으로 나누는데 여기서는 주로 2차 오염

에 한정하여 논하고자 한다.

### 2.1 미생물 오염 경로

- (1) 기계 기구의 구조가 불합리하거나 청소가 부적절한 것
  - (2) 제조 공정중 가열 건조 냉각등 공기에 노출되어 오염되는 경우
  - (3) 공정중 또는 포장 운반중 오염
  - (4) 포장용기 자재 마개 등 외부 반입 자재의 불결 오염
  - (5) 충전작업 중 공기 흡입 또는 작업원의 손이나 신체
  - (6) 작업원의 작업방법, 복장, 개인위생 호흡
  - (7) 제조장의 환경 관련 간접적인 원인
    - 가. 외부공기의 혼탁 비산
    - 나. 환기구 또는 흡기구 또는 후드(Hood)의 오염
    - 다. 공조기의 성능
    - 라. 천정 벽 바닥재의 재질과 구조
    - 마. 제조장의 배치와 청결(화장실 생활공간등)
    - 바. 발진작업 : 모터의 진동 과밀한 작업인원, 기계성능상 열악
    - 사. 공장입지나 계절
    - 아. 용수, 배수, 냉각수, 수증기, 압축공기의 배관재와 수질
- 등으로 무수히 많으나 실증적 미생물학적 추구로 확인하여야 된다.

### 2.2 오염경로상 중요도

식품과 직접 접촉할 수 있는 기계, 기구, 배관, 작업원의 손, 모발 등이 우선이고 환경

적인 것은 간접적이다. 그러나 환경적 열악함은 공중균을 증가시켜 확산된다.

### 2.3 청정실의 필요성

- (1) 환경관련 오염을 제어하기 위하여 필요하다.
- (2) 공중균에 의한 오염을 제어하기 위하여 필요하다.

특히 배합, 가열, 냉각, 건조 등 노출 폭기 공정과 충전봉입 과정의 노출시 공기청정을 위하여 필요하다.

## 3. 공중균(Air Born Microorganisms)

공중에 부유하는 미생물도 청정실 공학적 견지에서 보면 진애나 분진의 범주에 속하는 것이다.

그러나 미생물이라 하여 특히 Bioclean 개념으로 취급하는 것은 미생물은 미생물 종류에 따라 적절한 환경 조건이 주어지면 일정 시간 후에는 기하적 수치로 증식하여 식품을 변질 변패시키며 간혹 독소를 분비하고 피(Cluster)를 형성하며 병독성이 되고 비산 또는 질환이 전염 확산된다.

공중균을 종류별로 보면 크게

- (1) 세균 (2) 진균 (3) 효모로 나눌 수 있다. 청정공학적 견지에서는 그 크기가 일반적으로 0.3~10 $\mu$ m의 크기이며 흔히 표면의 점조성으로 인하여 피(Cluster)를 형성하거나 오염진애나 물방울과 같이 비산하고 있음으로써 이보다 더 큰 입자로도 볼 수 있다.

그러나 진균의 포자는 홀로 비산할 수 있

고 세균이나 효모 또는 균사체가 단독 또는 물방울과 같이 비산할 수도 있다. 그의 입자도가 더 적은 바이러스가 있으나 이는 생세포의 세포에서만 번식하므로 예외로 볼 수 있다.

표 1. 공기중에 부유하는 세균의 크기

세균종류	크기(mm)	비 고
포도상구균	0.7~1.2φ	화농균
대장균	0.4~0.76ℓ 1~5ℓ	병원균
디프테리아균	0.5~1b 1~6ℓ	병원균
결핵균	0.2~0.5b 1.5~4ℓ	병원균
효모	1~3b 3~6ℓ	비병원균
고초균	1~2b 5~10ℓ	비병원균
유산균	0.5~1.0b 1~7ℓ	비병원균

\* b: 폭, ℓ: 길이, φ 직경

### 3.1 부유균과 낙하균

부유균, 낙하균 등의 개념은 공중균의 상황이나 농도에 관한 척도이다. 그외에 표면균이라 하여 기계 인체 등 표면 단위 면적당 세균의 수와 종류를 말할 때도 있다.

#### (1) 생균수 측정방법

흔히 균이라 하면 살아있는 생균을 지칭하는데 현미경하에서 직접관찰하여 식별키 어렵고 일반 분진측정으로는 더욱 어렵다.

일정 조건하에서 증식시켜 큰 집락(Colony)이 된 다음 그 Colony수를 계수하는 방법이다.

그러므로 하나의 Colony는 한개의 균에서도 형성할 수 있고 진애와 섞인 균괴(Clus-

ter)로 부터도 될 수 있으므로 C.F.U 즉 Colony Forming Unit로 표현함이 타당하다. 즉 CFU/M<sup>3</sup> 등이다.

#### (2) 부유균

일정한 공기를 흡입하여 부유균 생리식염수에 포집하거나, Membrane Filter에 흡착포집하여 배양한 후 M<sup>3</sup>당 또는 Ft<sup>3</sup>당 CFU수를 의미한다.

#### (3) 낙하균

일정 면적에 일정시간 고체 평판 배지위에 자연 낙하하는 공중균을 배양하여 출현하는 CFU수이다.

흔히 직경 9cm의 Petri 접시에 보통 한천 배지를 넣고 5분 또는 1시간 노출후 적정시간 배양하여 얻은 CFU수치를 말한다.

낙하균수 × (30~50) = M<sup>3</sup>당 부유균 수라는 자료가 있다.

#### (4) 분진 수와의 관계

즉 청정도와 공중균과의 관계는 일반 청정실의 기준입자를 0.3 또는 0.5μm로 하고 있으므로 청정실 분진 측정 수치 중에 일부는 공중균일 수 있다.

이들의 상관관계를 입증할 이론적 근거는 없으나 진애 1g 중 세균 약 40,000개, 진균 10,000개, 효모 10,000개, 내열균 7,000개 정도 있다는 실험적 자료가 있다. 일반적으로 NASA의 실험자료를 많이 인용한다.

여하간 분진 수자보다는 공중균 수자가 적음으로 분진의 제어 즉 청정화로 미생물제어에 그대로 응용할 수 있다.

표 2. 클린룸 & Work Stations for the Microbially Controlled Environment

Class	Particles > 0.5 μm /cu ft	Microorganisms		
		Air Sample /cu ft	Plate	
			sq. ft. week	φ 9cm, 1hr
100	100	0.1	1,200	0.5
10,000	10,000	0.5	6,000	2.5
100,000	100,000	2.5	30,000	12.3

표 3. Clean Areas for Manufacture of Sterile Products

Grade	Final Filter Efficiency (as determined by Bs 3928) <sup>1</sup>	Air Changes per hour	Max. permitted number of particles per m <sup>3</sup> equal to or above : <sup>2</sup>		Max. permit- ted No. of via- ble organisms per m <sup>3</sup> <sup>23</sup>	Nearest Equivalent Standard Classification		
			0.5 μ m	5 μ m		US Fed.	BS	VDI
						Std. 209B <sup>4</sup>	5295 <sup>5</sup>	2083.PL <sup>6</sup>
A Unidirec- tional air flow work station	99.997	flow of 0.3m/s (verical) or 0.45m/s (horizontal)	3,500	0	less than 1	100	1	-
B	99.995	5-20	3,500	0	5	100	1	3
C	99.95	5-20	350,000	2,000	100	10,000	2	5
D	95.0	5-20	3,500,000	20,000	500	100,000	3	6

1. BS 3928 : Method for Sodium Flame Test for Air Filters, British Standards Institution, London, 1969.
2. This condition should be achieved throughout the 클린룸 when unmanned and recovered within a short "clean up" period after personnel have left. The condition should be maintained in the zone immediately surrounding the product is exposed.
3. Mean values obtained by air sampling methods.
4. US Federal Standard 209B.
5. BS 5295 : Environmental Cleanliness in Enclosed Spaces, British Standards Institution, London, 1976.
6. Verein Deutscher Ingenieure 2083, P1.

표 4. KGMP에서 준용하는 청정도와 공중균

청정도 등급	Class	환기 횟수	관리 기준
1A	100	풍속 0.3~0.5m/sec 층류	낙하균 1개/시/9cmφ 이내
1B	10,000	20회/시 이상	낙하균 5개/시/9cmφ 이내 부유균 20개/M <sup>3</sup> 이내
2	100,000	10회/시 이상	낙하균 20개/시/9cmφ
3	없음	밀폐구조 환기장치	기준없음 청결유지

#### 4. 식품제조공정에서 Bio 클린룸

Bio 클린룸이란 미생물을 제어할 수 있는 청정실이다.

입자 제어를 통한 미생물 제어임으로 일반 청정실과 원리는 같다. 층류형 또는 난류형 청정실과 클린 Booth 등을 사용한다. 그러나 다음과 같은 특징이 있다.

- (1) 물로 청소가 용이할 것.
- (2) 살균 약제에 부식이나 변형되지 않을 것
- (3) 작업중 미생물의 비산이 우려되거나 증기나 식품분진이 발생하여 흡입 배기할 경우 실내압을 음압으로 하고 Air Barrier를 통해 청정 양압이 유입되는 형태가 되어야 한다. 이 때 배기 여과장치가 필요하다.

이 때 차압은 0.5~3mmH<sub>2</sub>O 정도이나 흔히 1.25mmH<sub>2</sub>O를 많이 쓴다.

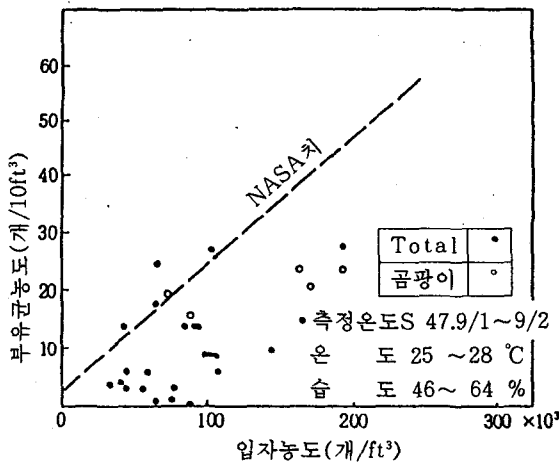


그림 1 입자농도와 부유균농도의 관계

4.1 청정실 적용 공정

식품공업의 제조장 조건에 청결과 위생은 필수적이지만 여기서는 입자 제어를 통한 청정실의 필요 공정을 열거코저 한다.

(1) 충전실 : 무균충전(Aceptic Filling)이 필요할 때

- (2) 냉각실 : 외기 냉각을 필요로 할 때 흔히 Fan을 사용하기 때문에 공중균의 오염이 우려된다. 만두 도시락 냉동식품 그레늘 당 등 냉각후 포장할 경우
- (3) 제조실 : 최종 열멸균을 하지 않고 제조되는 두부, 어묵 등의 제조공정은 가급적 청정화할 필요가 있다.

표 5. 냉각용 선풍기에 있는 균

선풍기 송풍 유무에 따른 차			선풍기 날개에 부착한 균수	
낙 하 균	방 냉 소	선풍기송풍	낙 하 균	균수(진애 1g중)
세 균	12	179개	세 균	43,000개
효 모	0	1	효 모	10,500
곰팡이	1	26	곰팡이	16,000
합 계	13	107	합 계	69,500

선풍기 경 70cm

4.2 요구 청정도

공중균은 대부분 수적비말이나 진애와 같이 동반비산한다고 봄으로 입자는 5 $\mu$ m이상이라고 본다. 그러나 0.3 $\mu$ m 정도의 세균이나 그보다 더 큰 효모 포자의 비산도 충분히 가능함으로 중간 Filter 이후에는 HEPA Filter가 필요하다. 사실상 중간 Filter만으로도 대부분의 공중균을 제거할 수 있다.

문제는 공중균의 오염이 어느정도 식품의 보존성에 영향을 주느냐 하는 것이다. 이를 고려할 때 class 100 정도의 무균실 보다는 class 10,000정도의 청정실이 보편적이다. 이러한 제균조건보다는 청정실의 운영 관리 즉 청소소독 개인위생 등이 더 중요하다.

4.3 청정실의 구조와 재료

(1) 내장재

일반청정실의 내장재 요건에 특히 고려하여야 할 점은

- 가. 내약풍성 : 소독약에 견딜 것
- 나. 방곰팡이성 : 습기에 의해 곰팡이가 번식하지 않을 것
- 다. 내습성 : 습기가 차면 미생물이 번식한다.
- 라. 청소하기 쉬울것 : 특히 물청소 한후에 물방울등이 남지 않는 구조일 것
- 마. 그 외 : 내마모성 무진성 내구성 기밀성 등은 일반 청정실과 같다.

(2) 바닥

먼지가 나지 않고 마모성이 적을 것, 내약

풍성 특히 산, 알카리에 강할 것, 청소가 용이하고 배수가 잘 될것, 작업중 물이 있어 미끄럽지 않을 것, 대차나 하중에 파손되지 말 것이다.

가. 몰탈에 내수성 도료

나. 인조석 테라조(또는 +Epcxy계 도장)

다. 합성수지계 씨트(Urethan Epoxy 등)라. 타일 이 때에는 특히 하중에 크랙이 가지말아야 하며 틈새의 sealing이 Epoxy계 수지로 하여 미생물의 번식이 없도록 특히 유념할 것.

표 6. 식품 업종별 청정도

업 종		내 용		Class
어 육 가 공	어 목	냉 각 실		1,000
		포 장 실		10,000
실 육 가 공	햄 버 그	사 입 실		10,000
		냉 각 실		1,000~10,000
		포 장 실		10,000
과 자 공 장	카 스테 라 전 병	포 장 실		1,000
		포 장 실		10,000
음 료 수 공 장	생 주 스 우 유	충 전		1,000~10,000
		충 전		1,000
잼 공 장	페 스트 트	충 전		10,000
떡 국 수 공 장	포 장	냉 각		1,000~10,000
김 치 류 공 장	포 장			10,000~100,000

표 7. 바닥재 성능 비교

성 능 / 바닥재	내습	내수	내용제	내마모	내열	평골도	내구성	골체성
콘크리트	C	A	A	C	A	C	C	C
테라조	C	A	A	A	A	A	C	B
세라믹타일	A	A	B	A	A	C	A	A
비닐아스타일	C	C	C	B	C	C	B	C
고무계 비닐계 씨트	B~C	B~C	C	A~B	C	A	A	A
합성수지도장바닥	A~B	A	A~C	A~B	B~C	A	A~C	A

평가 A : 우수, B : 양호, C : 보통

표 8. 합성수지내 내약품성

약품명	내 약 조 건 침투시간 약품농도(%)	Epoxy		비닐에스텔		폴리우레탄	
		48 시간	3 월	48 시간	3 월	48 시간	3 9 월
유 산	10	A	A	A	A	B	C
	20	A	A	A	A	B	C
	40	B	A	A	A	C	C
염 산	10	A	A	A	A	B	C
	20	A	A	A	A	C	C
초 산	5	A	C	A	A	C	C
	10	C	C	A	A	C	C
구 연 산	5	A	A	A	A	A	B
	10	A	C	A	A	A	C
인 산	20	A	A	A	A	B	C
하 성 소 다	10	A	A	A	A	A	A
	20	A	A	A	A	A	A
암 모 니 아 수		A	A	A	A	A	A
에 타 놀		A	C	A	A	A	A
호 르 마 린	10	A	C	A	A	B	C
사 염 화 탄 소		C	C	A	A	C	C

A : 우수, B : 양호, C : 불량

(3) 걸레 받이

벽과 바닥의 접촉 부분을 등글게 하는 것으로

- ① 먼지가 구석에 끼지 않게
- ② 청소하기 쉬우며 청소찌꺼기가 남지 않게 하기 위함이다.

보통 R : 20~40mm 정도로 하는데 바닥재를 연장하여 올릴 경우와 기성품을 쓸 수 있다. 이 때 벽과의 틈이 없게 해야하며 물이 고이지 않게 할 것이다.

(4) 벽

먼지가 나지 않고 청소하기 쉬우며 소독약에 견딜 것 등의 성질은 바닥과 유사하나 물 청소 한 후에 물이 남지 않게 창틀, 문틀 등은 경사가 되어 있어야 한다. 되도록 창틀의 폭을 줄이도록 할 것.

흔히 쓰는 재료로는 콘크리트에 도장하는 경우 Epoxy 또는 Urethane계 도료, 도장된 알루미늄강재의 파넬(ISOWALL) 그외 도기 Tile을 사용할 경우 이때는 특히 깨어짐과



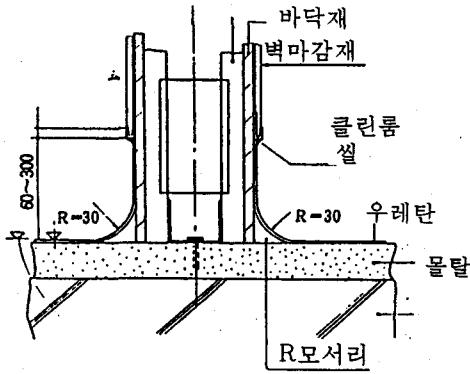
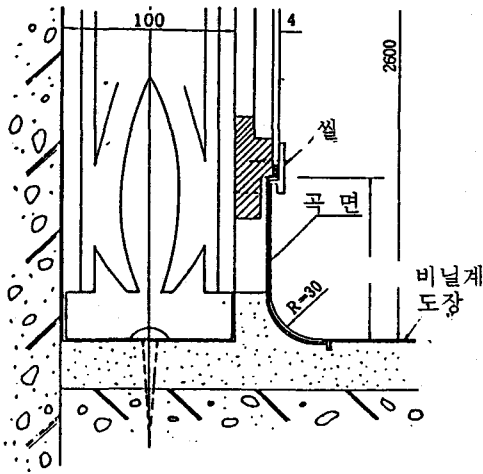


그림 2 바닥모서리

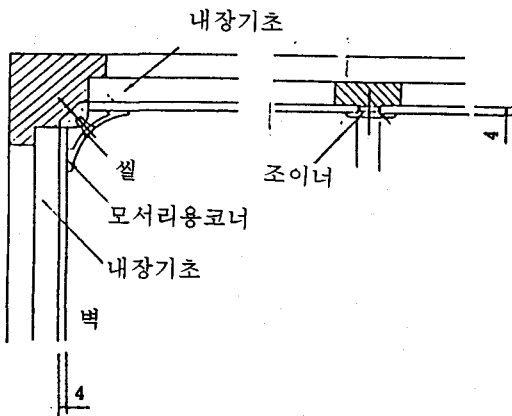


그림 3 천정모서리

틈새의 Sealing이 완벽할 것.

배관이나 기계가 통과할 경우 밀폐가 완전하여야 하며 부득이 한 경우에는 실내압 양압으로 처리하여 외기의 수입이 차단될 것. 특히 Convayor의 통과시 유의할 것이다.

(5) 천 정

재질은 벽과 같은 것이면 가능하다. 일반 청정실과 같은 특성이나 특히 내압의 변동에 충격으로 인한 균열이 가지 않도록 구조적으로 완전할 것이다. 물로 청소할 수 있어야 하며 수증기 발생시 결로하게 되면 제품에 낙하되지 않도록 구조될 것(경사 또는 HOOD설치 등) 전등이나 환기구 Filter Box 등은 안으로 매입되어 청소하기 쉽고 먼지나 물방울이 남지 않을 것 등이다. 벽과의 접촉 부위는 바닥과 같이 등글게 할 것.

(6) 창문틀 또는 출입문

벽재와 같은 요건이다. 그러나 항시 내면은 벽과 같은 면으로 하며 창틀은 폭이 없거나 있어도 경사가 외어 있어 청소한 후 물기나 먼지가 쌓이지 않게할 것이다.

배기 담퍼나 그릴 등을 설치할 경우 방서장치가 되도록 틈새를 8mm이내로 하여 쥐의 출입이 없을 것.

(7) Airshower나 Passbox등도 이상에 준함

(8) 배관 전선등

되도록 매립 구조로 할 것이지만 부득이한 경우에는 벽과 천정에 충분한 거리를 두어 청소가 용이하고 보수가 용이하게 할 것임.

특히 Sarnitary Piping의 경우 분해 청소

를 하여야 함으로 작업실 면적이나 벽과의 간격에 유의할 것.

벽이나 천정을 관통한 경우 sealing이 완전할 것.

(9) 배수구

배수로와 배수구는 항상 물이 고이지 않도록 충분한 경사가 있어야 하고 찌꺼기 등 청소제거가 용이할 것. 배수구는 Trap을 설치하여 외기의 역류가 되지 않도록 할 것. 특히 Pump나 펄균기 등 기계 장치의 하부가 청소하기 어려움으로 배수로와 배수구의 설정에 유의할 것이다.

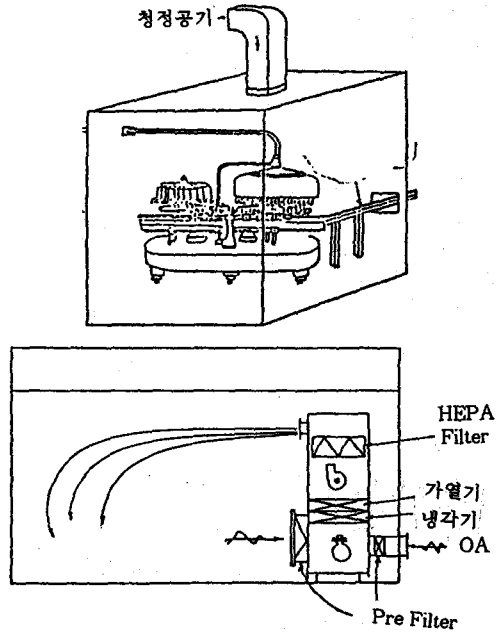


그림 4 클린 Booth형

4.4 클린 Booth

비닐로 된 클린 Booth의 설치가 가장 경제적이고 보편적이어서 소개코저 한다. 식품제조 공장을 전면 청정실로 한다는 것은 구조적으로 보나 경제성으로 보나 어려운 점이 많다. 특히 중요한 일부공정, 즉 충전실이나 일부 냉각실 등에 클린 Booth를 설치하는 경우가 많다. 이 때에 특히 주의할 것은 공기의 흐름이다. 외부 공기의 유입이 있어서는 안되겠다.

커텐의 길이가 충분하여 바닥까지 내려오게 하여 내부의 실내압이 유지되도록 할 것이다.

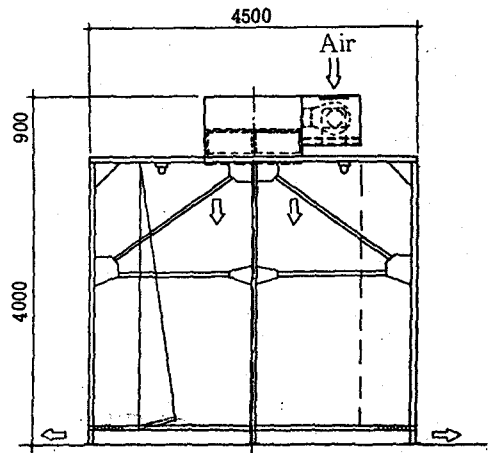


그림 5 무균 패키지 방식

5. 결 론

식품공업에서 가공식품의 품질과 신선도 유지를 위해서 청정실 활용이 증대되고 있

표 9. 클린 Booth형

	A공장	B공장
집압률	95%	95%
송풍용량	20m <sup>3</sup> /min	40~45m <sup>3</sup> /min

다. 공중균에 관한 연구가 더욱 진행되고 관련 청정실의 공학적 배려가 이제부터 더욱 활발히 이루어져야 될 때라고 본다.

공중균의 특성과 Bio 클린룸 그리고 식품공정의 필요성과 일반 청정실에서 볼 때 특별히 고려할 점을 몇가지 소개하였다.

무엇보다 식품공정에서의 필요성 인식이 선행되어야겠다고 이에 다른 클린룸 Technology의 개발이 필요하다고 본다.

#### -참 고 문 헌-

1. 식품공장의 공중균 대책 フツテクノシテム
2. 공기 청정 ハソドブック 일본공기청정 협회편
3. 클린룸 기술기준서안 한국공기청정연구조합
4. 식품공장에서의 미생물제어2판 建帝寺

## 뉴 스

### 전기기사협회, 전력기술관리법 초안작성

전기공사법 전기사업법을 통합한 전력기술 관리법의 초안작성 작업이 활발히 진행 중이다.

대한전기기사협회는 지난달 31일 협회 회의실에서 한전, 전기통신공사, 에너지관리공단, 전기안전공사등 10여개 관련단체 담당자 40여명이 참석한 가운데 이미 지난해 12월 30일 공포된 전력기술관리법의 시행령과 동시행규칙(안)에 대한 관련단체에 의견수렴 회의를 개최했다.

이날 회의에서 기사협회는 동 법의 초안작성작업을 맡게 된 협회의 추진현황을 설명하고 오는 6월 30일 시행예정인 동법 시행이 확정될 수 있도록 적극 협조해 줄 것을 요청했다.

이에 대해 참석단체 대다수는 협회가 마련한 초안을 원안으로 확정키 위해서는 전기설계와 감리를 규정하고 있는 전력기술관리법의 핵심사항 가운데, 전기기술사와 전기기사(전기공사기사 포함)의 설계범위 등을 비롯한 예민한 부분이 상당량 포함돼 있어 관련단체간의 의견수렴이 필수적이라는데 의견을 같이 하고 있다.

따라서 협회는 오는 9일 한전에서 동 법 초안에 대한 공청회를 갖기로 하고 공청회를 통해 예의규정인 건축설비(전기공사 부분)의 설계권 인정 등 시행에 필요한 전반적인 부분에서 각 단체의 의견을 수렴하겠다고 밝혔다.

한편 지난해 12월 18일 국회 본회의를 통과 2년여의 긴 준비끝에 빛을 본 전력기술관리법은 전기기술자만이 전기시설물의 설계·감리를 할 수 있도록 규정하고 있고 전기기술인을 국가기술자격법에 의한 전기분야 기술계와 기능계의 기술자격 취득자 그리고 동 법 시행령이 정하는 자격자로 전기분야의 인정기술자격제 도입 등이 포함돼 있다.

따라서 이 법이 시행되면 전기기술자들은 설계·감리 등의 독립권을 보장받게 되고, 협회의 공제사업을 통한 각종 혜택을 받을 수 있게 된다.