식품공장에서의 미생물 오염경로

코오롱엔지니어링(주) 산업기계부

1. 서 론

급속도로 발달하는 식품공업의 제조기술에 비하여 아직도 제조환경등의 개선에 많은 문제점을 갖고 있음을 깊이 인식하고 우리도 선진 구미 여러나라와 같은 수준의 기술과 환경을 위하여 이에 일본의 여러 자료를 토대로 하여 제조공정상의 위생적 문제점을 제시하여 좀 더 나은 개선책을 마련하는데 미력하나마 힘이 될 수 있기를 바란다.

2. 식품의 미생물 오염경로

(1) 포장형식에 따라 본 가공방법의 차이와 식중독균 및 부패균의 오염경로

가공식품의 빠른 보급중에서 잊어서는 않되는 것이 포장기술의 큰 진보이다. 미생물은 열에 대하여 여러가지 반응을 한다. 일정 이하의 온도 조건하에서는 발육을 멈추고, 또 일정온도 이상의 조건하에서는 사멸한다. 특히 가열조건은 식중독균 및 부패균 대책으로서 식품가공상의 유효한 수단의 하나이다.

최종 포장은 특별히 포장공정이 어느 시점에서 이루어지는가, 가열된 공정이 포장공정의 전인가, 후인가, 주된 식중독 및 부패균의 차이점을 명확히 할 수 있다. 표 1에 이들의 가공방법에 따라 A, B 및 C의 3가지 Type으로 크게 나눌 수 있다.

A Type의 방법에 의해 가공되는 것은 성형후 가열하여서 냉각을 한 상태로 포장된다. 이 경우는 원료에 부착된 미생물중 비내열성균이나 미열에 약한 미생물은 사멸하고, 제품내부에는 내열성균이 남게 된다. 다음으로 냉각에서 포장전까지의 사이에 새로운 2차오염을 받는다. 따라서 식중독의 원인은 내열성균의 경우도 있지만 오히려 2차 오염균중의 비내열성균에 의한 식중독이 문제가 된다.

B Type식품의 예를 들면 Salad의 경우는 감자, 당근 등은 세정후 가열시킴으로써 부착균중 비내열성균은 살균할 수 있지만 생야 채부분은 가열공정이 없으므로 그 부착균 전체가 최종제품까지 남게 된다. 따라서 이 경우도 A Type과 같이 균이 식중독의 원인이 된다. C Type의 식품은 성형후 완전히 포장하여 가열함으로 포장 후의 2차오염은 물론 없다. 따라서 내열성균에 의한 식중독이 중심이 된다.

유통단계에서의 부패(약화)의 문제를 수산혼합제품을 예로 하여 설명하면 표 2에 나타난 것과 같이 동일된 원료로써 가공하여도 포장형태의 차이에 따라 부패 원인균에 명확한 차이를 볼 수 있다. 생원료를 완전히 포장하여 가열시키는 도표중의 "완전밀봉포장 생선묵"의 경우는 내열성균 쪽이 부패의 원인이 된다. 그러나 가열후 냉각하여 포장하는 꼬치, 생선묵이라고 하는 "간이포장생선묵"에는 내열성

〈표 1〉 가공식품의 조리, 가공방법과 식중독 세균

조리, 가공방법 포장형태	주 가공식품 종류	주 식중독 원인균
A. 원료—배합·혼합—성형—가열—냉각—포장	아이스크림, 생크림, 수산·식육혼합제품, 냉동식품, 유제품 두부, 면류, 빵, 생과자등	장염비브리오, *Salmonella*균, 포도구균 등의 비내열성균
B. 원료—세정—가열—냉각—혼합—포장 원료—세정—제단 원료—세정—제단—포장	총채류(Sandwich, Salad 등 복합조리식품), 도시락류, 냉동식품, 김치류, 닭고기, 생선어패류등	포도구균, *Salmonella*균, 장염비브리오 등의 비내열성균, 기타, *Bacillus Cereus* 등의 내열성균
C. 원료—배합·혼합—성형—포장—가열—냉각	야채, Juice, Retort식품, 수산·식육혼합제품, 유제품, 두부, 면류 등	*Bacillus Cereus*, 포시리너스균 등의 내열성균

〈표 2〉 수산혼합제품의 포장형태에 따른 변질원인균의 차이

包裝形態	變敗現象	原因菌
簡易包裝製品	典型的 Net	*Leuconostoc mesenteroides*
	赤 Net	*Serratia marcescens*
	기타 Net	*Streptococcus*
		Micrococcus
		Flarobacterium
		Achroniobacter
	곰팡이	*Penictllium*
		Aspergillus
		Mucor
	褐變	*Achromobacter brunificans, Serratia marcescens, Enterobacter cloacae*
完全密封製品	氣泡	*B. polyrnyxa, B. lichenstformis, B. coagulans*등
	軟化	*B. licheniformis, B. subtilis, B. circulans*등
	班點	*B. licheniformis, B. sphaericus B. licheniformis.*
	班點狀軟化	

균도 문제되는 경우가 있지만 오히려 비내열성균이 부패의 원인이 되고 있다.

(2) 공장내의 곰팡이 오염경로

증기를 사용하거나 물을 다량 사용하는 습도가 높은 공장에서 특히 문제가 많다. 일본의 "시가와"는 과자 가공공장에서의 곰팡이의 오염을 조사하여 표 3, 표 4 및 표 5의 결과를 보고하고 있다. 표 5에 표시한 것과 같이 제품중에서 검출한 균이 실제 제조 Line 등에서 검출한 균과 동일한 것으로써, 환경오염이 곰팡이의 2차오염과 커다란 관계가 있다는 것을 명확히 하고 있다.

"미쯔시마"도 과자공장에서의 곰팡이 오염실태조사를 하고 있다. 표 6과 같이 우선 공장내의 곰팡이 오염도에 대해서는 눈에 띄게 곰팡이가 발생하고 있는 천정 및 벽에서는 10^5~10^7개/25cm²의 곰팡이를 검출하고 있다. 곰팡이의 발생을 확인할 수 없는 냉장고 출입구, Door의 손잡이, 작업대 등의 기구류 및 제조실의 천정벽에서도 10^2~10^3개/25cm²를 검출하고 있다.

한편, 작업원의 장갑에서도 10^1~10^2개의 곰팡이를 검출하여 수세의 중요성을 지적하고 있지만 원료인 쇼트닝, 소맥분 및 앙금에서 10^2~10^3개/g을 검출하여 이 오염이 공기중의 부유포자에 기인하는 것을 명확히 하고 있다. 공중부유포자에 대해서는 표 7의 결과를 얻고 있다.

제조실에서 최고 164개/20분, 최저로도 53개/20분이 되고 있고 仕入室에서는 더욱 많은 오염이 있어 최고 400개/cm², 최저로도 231개/25cm²로 많아, 이들의 곰팡이 포자가 직접 또는 사용기기를 통하여 과자류에 부착할 위험성을 갖고 있다.

〈표 3〉 검사항목별 진균검출율

(검사검체에 대한 균종별 검출율(%))

檢査項目 / 菌種	유입 진균	落下 眞菌	從業員의 손	包裝 材料	製品
Cladosporium	42.3	39.7	11.4	33.3	66.7
Ponicillium	31.8	44.9	6.8	40.0	63.3
Aspergillus	10.5	9.1	4.5		30.0
Aureobasidium	18.4	5.0			
Rhizopus	18.4	6.6		6.7	3.3
Mucor	0.7	2.5			
Alternaria	10.5	5.0		6.7	
Arthrinium	0.7			6.7	
Epicoccum	0.7				
Phoma	2.2	1.7			
Stemphylium	0.4				
Sporothrix	6.7	2.5			
Geotrichum	0.4				
Wallemia	0.4				
Doratomyrces	1.5				
Septoria	0.4				
Graphium	0.4				
Helminthosporium		0.8			
Trichoderma	1.1	1.7			
Moniliella	0.7	0.8			
Fusarium	3.0				
Nigrospora	0.4				
Fusidium	2.2				
Acremonium	0.7	5.8		20.0	
Chaetophoma	0.4				
Costantinella	0.4			6.7	
Stilbum	0.4				
Thielavia	0.4				
Microascus	0.4				
Oidiodendron	0.4				
Sympodiophora	0.4				
Choetomella	0.4	4.1			
Uloeladium	0.4				
Pestalotio	0.4				
Tricellula	0.4				
Phialophora	0.7	0.8			
Libertella		1.7			
Rhizoetonia		0.8			
Chaetomium	0.7				
Yeast	31.4	60.3	36.4	46.7	36.7
Other	14.2	51.2	4.5	33.3	6.7
檢査檢體數	267	121	44	15	30

資料：茨城縣衛生部，培養協力綜合防黴(株)

〈표 4〉 공장별 진균검출율

(검사검체에 대한 균종별 검출율)(%)

項目 / 菌種	유입진균			落下眞菌		
	製빵工場	調理빵工場	和菓子工場	製빵工場	調理빵工場	和菓子工場
Cladosporium	33.6	34.6	56.6	18.3	44.4	84.4
Penicillium	42.2	13.5	29.3	39.4	66.7	43.8
Aspergillus	17.2		8.1	8.5	11.1	9.4
Aureobasidium	6.9	7.7	37.4		11.1	12.5
Rhizopus	37.9	5.8	2.0	11.3		
Mucor	0.9		1.0		11.1	3.1
Alternaria	12.1		4.0	4.2	11.1	3.1
Arthrinium	1.7					
Epicoccum	0.9		1.0			
Phoma	4.3		1.0			6.3
Stemphylium			1.0			
Sporothrix			18.2			9.4
Geotrichum			1.0			
Wallemia	0.9					
Doratomyrces	3.4					
Septoria			1.0			
Graphium	0.9					
Helminthosporium				1.4		
Trichoderma	0.9		2.0			6.3
Moniliella		3.8			56	
Fusarium			8.1			
Nigrospora	0.9					
Fusidium	0.9					
Acremonium	4.3		1.0	8.5		3.1
Chaetophoma	1.7					
Costantinella	0.9					
Stilbum	0.9					
Thielavia	0.9					
Microascus	0.9					
Oidiodendron	0.9					
Sympodiophora	0.9					
Choetomella	0.9			7.0		
Uloeladium	0.9					
Pestalotio	0.9					
Tricellula	0.9					
Phialophora			2.0	1.4		
Libertella				2.8		
Rhizoctonia				1.4		
Chaetomium	1.7					
Yaest	34.5	15.4	43.4	47.9	55.6	90.6
Other	17.2	5.8	15.2	66.2	33.3	28.1
檢査檢體數	116	52	99	71	18	32

資料：茨城縣衛生部培，養協力總合防黴(研)

〈표 5〉 제품별 진균검출상태(검출검체수/총검체수)

진 균	菓子빵(%)	洋菓子(%)	和菓子(%)
Cladosporium	50	70	80
Penicillium	80	30	80
Aspergillus	50	10	30
Rhizopus			10
Other			20
Yeast	30	50	30

資料 : 茨城縣衛生部, 培養協力總合防徵(研)

표 6. 과자제조공장내의 곰팡이 오염실태조사

檢 査 場 所	곰 팡 이 (個/25cm²)	檢査個所 數
天 井	最高 4.6×10^6	6
	最低 2.6×10^3	
天 井	最高 6.1×10^3	2
(곰팡이發生無)	最低 3.0×10^2	
壁	最高 6.8×10^7	7
	最低 1.1×10^4	
壁	最高 2.0×10^3	3
(곰팡이發生無)	最低 3.2×10^2	
床	最高 6.7×10^7	3
	最低 5.4×10^2	
Mixer	最高 9.2×10^3	4
	最低 2.6×10^2	
Mixer Handle	2.0×10^1	1
仕 入 器	1.2×10^3	
出入口 Door손잡이	最高 3.6×10^3	2
	最低 7.0×10^2	
冷藏庫取手	2.9×10^2	1
包裝紙	4.2×10^2	1
Shortening	1.1×10^3	1
小麥粉	3.4×10^2	1
앙금	6.9×10^2	1
作業台	最高 1.8×10^3	2
	最低 3.7×10^3	
從業員손	最高 2.0×10^2	3
	最低 0	

(3) 공중낙하균 및 부유균과 식중독 및 부패균

일본의 "다나까"는 유가공품의 대장균오염원인에 대해 조사하여 표 8의 결과를 보고하고 있다. 실제 만들고 있는 제품중에서 29주의 대장균군을 분리하여 그중 10주는 분류불능이지만 *K. Aerogenes* Ⅰ, *E. coli* Ⅱ, K. *Cloacae*가 각각 14, 3, 2주이고 이것과 동종의 대장균을 사용기계, 바닥등에서도 검출하여 더우기 공중낙하균 중에서도 분리하고 있다.

표 7. 과자 제조공장내의 공중부유 곰팡이수

point	製造室(個/20分)	仕入室(個/25cm²)
1	164	400
2	53	382
3	54	276
4	126	256
5	91	231
6	83	324
평 균	95.2	311.5

註 : 사브로培地를 20分間 開眞하는 方法으로 측정

이와 같이 제품오염균과 동종의 대장균군이 기계, 바닥에서, 더우기는 공기중에서 검출된 것은 대장균군의 2차오염이 작업원의 장갑을 통하여 이루워지는 것 뿐만 아니고 가공환경중에 원인이 있는 것을 나타내고 있다.

다음에 수산혼합제품 가공공장에서 실시한 공중낙하균에 대한 검사결과를 소개한다. 이것은 2개사의 공장에서 실시한 조사결과이다. 어느 공장이든 위생에 대한 의식, 활동은 활발하여 살균, 소독도 실시하고 있다. 그러나 여름(6~8월)을 중심으로 리테이너 생선묵에서 내열성균에 의한 내부부패가 많이 발생하고, 또 간이포장제품(가열후 냉각하여 포장하는 제품)에서 대장균군이 검출되었다. 본 조사는 오염경로를 그 방지대책를 세우는 목적으로 실시한다. 초봄인 4월과 고온기인 7월에 2회 실시하여 그 때의 결과를 표 9와 표 10에 나타낸다. 4월과 7월을 비교하면 미생물의 오염도는 4월쪽이 특히 심하다는 일정한 경향을 확인할 수 있고, 사람의 움직임이 심한 장소만 그 오염도가 높은 것을 나타내고 있다. 따라서 생산량이 급증하는 시기와 장소의 청정화는 극히 중요하다.

식중독균에 관련해서는 포도구균과 대장균군에 대해서 검사를 하여, 4월에 비해서 7월에는 현저한 증가의 경향을 확인했다. 결과

〈표 8〉 유처리공장에서 검출한 대장균군의 분류

Coli-Aerogenus Subcommittee		分		類		計
1 9 5 6 年		製品由來	機械由來	環境由來		計
				床	空氣	
記載名	略名	件數(%)	件數(%)	件數(%)	件數(%)	件數(%)
Escherichia coli	*E. coli* Ⅰ	0	0	0	0	0
E. coli	*E. coli* Ⅲ	0	0	0	0	0
E. coli	*E. coli* Ⅱ	3(10.3)	2(3.3)	5(17.9)	10(26.3)	20(12.9)
Citrobacter freundit	*C. freundii* Ⅰ	0	3(5.0)	0	0	3(1.9)
C. freundii	*C. freundii* Ⅱ	0	0	0	0	0
Klebsiella aerogens	*K. aerogenes* Ⅰ	14(48.3)	28(46.7)	5(17.9)	14(36.8)	61(39.4)
K. aerogenes	*K. aerogenes* Ⅱ	0	3(13.3)	3(10.7)	2(5.3)	13(8.4)
K. cloacae	*K. cloacae*	2(6.9)	0	1(3.6)	3(2.6)	4(2.6)
Erwinia carotovorum	*E. caratovorum*	0	0	0		0
Irregular type		10(34.5)	19(31.7)	14(50.0)	11(28.9)	54(34.8)
合計		29(100)	60(100)	28(100)	38(100)	155(100)

〈표 9〉 수산혼합제품 가공공장 A사에서의 공중낙하세균검사

		리테이너생선묵			튀김생선묵	게맛살생선묵
		孵潰室	成型·包裝室	薰蒸室	孵潰·加熱包裝室	孵潰·成型·薰蒸·包裝室
Test場所數	4月	7	9	3	10	21
	7月	7	9	3	10	21
平均菌數(個 /plate)						
普通寒天培地	4月	57.14	56.56	30.33	59.70	71.57
	7月	78.28	63.56	103.33	9.90	47.52
Poteto Dextros	4月	39.0(21.9)	32.8(37.3)	14.0(3.7)	49.4(14.7)	58.4(16.5)
寒天培地	7月	26.0(43.1)	22.0(38.3)	2.0(5.0)	3.6(7.4)	10.6(11.0)
포도球菌	4月	0.29	0.11	3.33	0.50	0.90
	7月	2.71	1.33	3.33	0.20	1.57
大腸菌群	4月	1.71	0	0	0	0.24
	7月	5.00	4.00	0	0.90	2.14
普通寒天培地	4月	132~22	88~15	38~21	92~38	139~19
	7月	259~9	244~2	300~2	33~4	300~3
Poteto Dextros	4月	121(31)~5(14)	61(191)~0(7)	31(7)~0(0)	111(28)~11(12)	141(52)~13(0)
寒天培地	7月	69(93)~2(23)	51(58)~5(10)	6(11)~0(0)	10(4)~0(3)	44(38)~1(0)
포도球菌	4月	1~0	1~0	1~0	2~0	3~0
	7月	10~0	6~0	1~0	1~0	6~0
大腸菌群	4月	12~0	0~0	0~0	0~0	3~0
	7月	21~0	29~0	0~0	6~0	6~0

註 ( )內는 곰팡이數를 나타낸다.
測定에 이용한 plate의 直徑은 9cm.

〈표 10〉 수산혼합제품 가공공장 B사에서의 공중낙하균 검사

		리테이너 생선묵	게맛살생선묵			구운꼬치	훈증생선묵
		孺潰·成型室	孺潰·成型室	冷却室	包裝室	成型·加熱包裝室	孺潰·成型室
Test場所數	4月	8	8	3	4	6	14
	7月	8	8	3	4	6	14
平均菌數(個/plate)							
普通寒天培地	4月	26.13	32.50	5.67	32.5	13.00	32.64
	7月	20.38	45.88	8.33	86.25	34.67	42.85
Poteto Dextros	4月	9.75(12.13)	16.88(8.50)	2.00(2.00)	29.25(8.25)	10.67(3.17)	27.50(9.50)
寒天培地	7月	11.88(21.50)	12.00(10.50)	5.33(10.00)	0.41(11.50)	37.17(5.00)	19.86(27.86)
포도球菌	4月	0	0.50	0	0	0.33	0.36
	7月	3.63	1.88	0.33	1.50	1.50	2.14
大腸菌群	4月	0	0.88	0	0.17	0	0.07
	7月	6.38	5.75	0	5.17	5.83	1.29
普通寒天培地	4月	95~7	129~5	8~3	72~9	16~10	64~5
	7月	44~5	116~11	24~0	300~10	167~0	267~2
Peteto Dextros	4月	17(22)~0(5)	98(42)~1(1)	4(3)~0(1)	67(11)~0(1)	26(5)~3(1)	65(31)~5(0)
寒天培地	7月	31(53)~3(10)	31(15)~2(4)	6(12)~4(8)	2(18)~1(2)	204(11)~0(1)	91(158)~0(1)
포도球菌	4月	0~0	4~0	0~0	0~0	1~0	2~0
	7月	16~0	9~0	1~0	1~0	4~0	7~0
大腸菌群	4月	0~0	6~0	0~0	1~0	0~0	1~0
	7月	32~0	27~0	0~0	29~0	35~0	7~0

註 ( )內는 곰팡이數를 나타낸다.
測定에 이용한 plate의 直徑은 9cm.

는 공장내의 기온이 높아지는 7월의 시기에 더욱 주의가 필요하다는 것을 경고하고 있다. 또, 공중낙하균 중에 오염지표균인 대장균군이 다수 및 항시 존재하고 있다는 결과는 우려해야 할 사실이다.

따라서, 작업원의 장갑, 기계류가 주의깊게 세정, 살균되어 있음에도 불구하고 최종 제품에서 대장균군 및 포도구균이 검출되고 있다는 조사결과의 이면을 생각해 보면, 이것은 바닥이나 기기류, 작업원의 장갑은 물론이지만, 공중낙하균도 포함한 입체적인 면에서의 위생대책이 필요하다.

이상의 조사에서 공중낙하 및 부유균에는 대장균군, 포도구균과 더불어 부패원인균에 대해서도 매우 중요한 Point인 것이 이해된다. 여기에서 공중낙하균의 공장내에서의 거동에 대하여 설명한다.

(4) 공중낙하균의 소장(消長)과 식품에의 오염

식품공장의 내부에 어떻게 하여 공중낙하균 및 부유균이 존재하고 소장(消長)을 반복하고 있는가, 그 예를 그림 1에 나타낸다. 원래 공장내에 서식하고 있는 미생물과 침입한 미생물등이 작업중에 물리적 작용을 받아 분진등과 함께 공중에 부유하여 거기서 낙하균으로 존재하고 식품으로의 오염원인 균이 된다고 생각된다. 이러한 미생물균은 그림 1의 (B)와 같이 작업 종료 후는 사람의 움직임이나 기계류의 진동이 멈춤에 따라 공기의 흐름이 멈추고, 그때까지 부유하고 있던 미생물은 분진과 함께 바닥으로 낙하하게 된다.

그러나 그 미생물균은 바닥, 기계등의 유기물 찌꺼기에 부착하여, 증식을 반복한다. (그

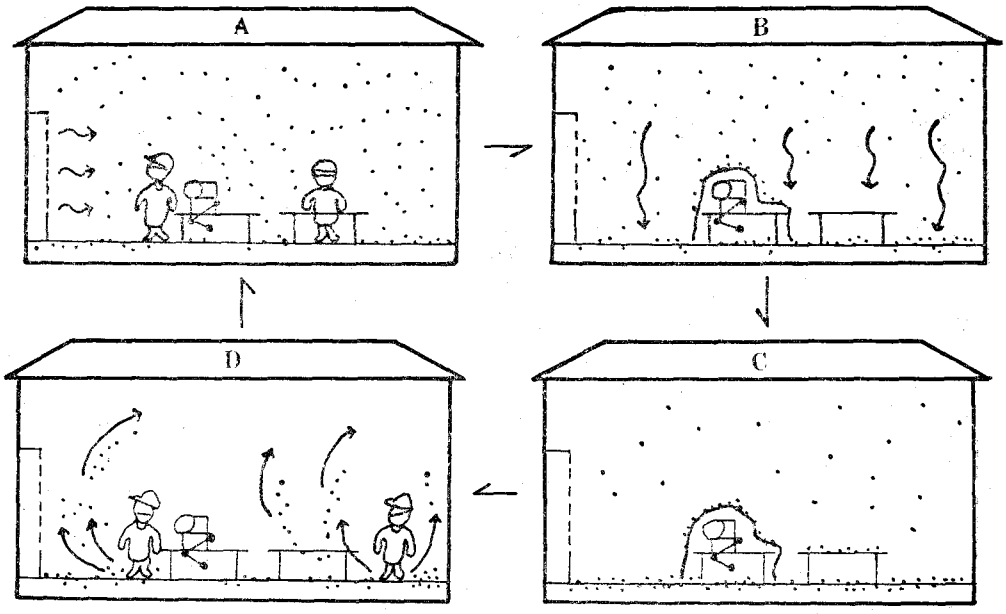

그림 1. 식품공장내에서 공중낙하 및 부유균의 소장(消長)

동시에 사람의 움직임, 기계류의 물리적 작용림 1의(C)) 그래서 다음날 아침 작업개시와에 따라 공기는 임의의 방향으로 움직이게 되고 그것에 의해서 밤중에 증식한 미생물은 다시 공기중으로 날아 부유균, 낙하균으로 존재하는 결과가 된다. 따라서 공중낙하 및 부유균의 오염원은 의외로 바닥을 중심으로 한 유기물 찌꺼기가 있는 곳이라는 것이다. 이러한 바닥등에 의한 증식을 방지하는 것이 가장 중요하다고 생각한다. 이러한 각 낙하 및 부유균에 대한 대책을 세우는 것이 한층 효과적이다.

이상의 점을 충분히 검토하여 Clean Room을 어느 곳에 어느 정도의 범위로 설정할 것인가 하는 것이 고려되어야만 한다.

3. 미생물관리상의 CHECK POINT

이상의 식품가공공정을 볼때, 미생물 관리상에서는 다음의 점에 point가 있다.

○원료자신에 부착하고 있는 오염균 : 가공공정에서 가열처리가 안된 제품에 특히 문제가 된다.

○사용기계·기구류에서의 2차 오염 : 기계의 분해가 곤란하거나 세정살균이 철저하지 않은 경우 특히 문제가 된다.

○낙하 및 부유미생물에 의한 오염균 : 가공실의 공중에 오염균이 많은 요인으로는 천정, 벽, 바닥, 기계류, 작업원의 의복 등이 간접적으로 문제가 된다.

4. 맺 음 말

이상의 내용들이 국내식품산업 발전에 조금이나마 보탬이 되길 바랍니다. 좀더 많은 자료와 상담이 필요하신 분은 아래 연락처로 연락하시면 자세한 상담과 자료를 제공하겠읍니다.

〈연락처 : 758—6940, 6938 코오롱 엔지니어링(주) 산업기계부 Clean Room Team.〉