

貯藏食品害虫과 食品工場에서의 物理的 防除 技術

李 聖 甲

國立安城農業專門大學 食品製造科 教授

I. 머리말

食品加工 工場에서 食品의 原料나 製品에 살충제(화학약제)의 직접살포를 식품위생법에 엄격히 규제되어 인체에 섭취되는 것을 막고 있으나 농약에 의한 환경오염 또는 식품에의 해독은 심각하여 식품을 가공처리하는 공장에 있어서 화학 약제에 의하지 않는 해충 방제법의 개발은 꽤 오래전부터 식품가공기술분야에서 해결하여야 할 주요한 과제로 되어왔다.

그러나 화학약제를 사용하지 않고 해충을 방제하는 기술은 쉽게 개발, 보급되지 않고 있다. 그 이유의 하나는 실제 식품공장운영에서 손쉬운 살충제 살포에만 의존하는 일부의 식품제조업자 또는 소독전문업자나 식품중에 해충혼입방지에 대한 사회적 요청을 충분히 이해하지 못하는 가공기계 제작자 또는 식품 제조과정의 현장기술자들의 노력부족이라고 생각된다.

식품가공시 해충의 오염은 제품의 질과 양적인 면에서 큰 손실을 초래하게 되므로 인체에 무해한 방제법으로 충해를 극소화시켜야 한다.

이러한 인체에 무해한 식품의 충해방제는 식품의 간접생산으로도 중요하여 식품가공을 전공하는 관련 학과에서 병해충 방제와 구서기술(Infestation Control and pesticide) 또는 식품 저장학의 일부강좌로 교과과정에 포함시키고 있다.

본고는 현재까지 화학살충제를 사용하지 않고 인체에 무해한 해충방제기술에 관하여 식품제조업체와 식품가공기계제작업체에서 얻은 현장경험을 토대로한 식품 해충의 종합적인 방제법을 제시함으로써 이의 중요성을 인식시키고 아울러 이 분야의 개선방안 연구에 참고가 되었으면 한다.

II. 가공식품의 해충피해

1. 해충에 의한 식품의 숨은피해

식품산업에 의하여 제공받는 가공식품류도 식품해충의 공격을 면하기는 어렵다.

수확한 곡류는 저장중 해충의 식해(食害)에 의한 量的損失보다도 식품중에 混入異物로서 質的인 피해 즉, 소비자가 식품중에서 虫体를 발견하여 불쾌감을 갖게하는 위생적 피해를 받게되고 가공식품 maker측에서 받는 상품가치저하 뿐만 아니라 특히, 식품 maker에 대한 Image down으로 오는 경제적 피해가 크다.

2. 가공식품 claim의 대부분인 異物混入

판매식품의 손해배상청구의 대부분을 차지하는 混入異物の 과반수는 昆虫과 그 排泄物로 구성된다. 이것들은 소비자들의 눈에 쉽게 띄게 존재하기 때문에 식품 maker에서는 이들 해충관리에 큰 관심을 갖게 된다.

표 1. 식품해충의 피해

食害—量的損失	經濟的被害
混入異物— 商品價値低下 不決盛	
汚染— 病原菌의 運搬 害生中の 中間宿主 毒物生産	衛生的被害

3. 화학살충제를 사용하지 않는 방제법의 필요성

식품의 해충방제법으로 훈증이나 살충제 살포 등을 연상할 수 있으나, 농산물을 제외하고 모든 가공식품류에는 식품위생법의 규제에 훈증제를 포함한 일체의 살충제는 직접살포하거나 식품과 접촉, 혼입으로 잔류하는 약품의 적용은 엄격히 통제되고 있기 때문이다.

III. 가공식품중 해충혼입

1. 發生源과 混入經路

식품의 저장, 가공, 유통 과정에서 식품해충의 혼입은 해충의 행동, 생태적 특성이 관여되기 때문에 여러 가지로 우리들의 상식을 초월한 원인과 경로에 따라 혼입된다.

1) 농산물 : 쌀, 보리, 콩류같은 농산물원료는

구입시 이미 저장식품해충에게 식해(食害)를 받은 경우가 많다.

2) 생산지가 넓거나 多단계를 거치는 원료, 가쓰오부시, 건어물 같은 것은 어획 후 육지에 운반되면 어항부근에서 반가공한 원료로 포를 떠서 수집되기 때문에 반가공품에 가쓰오부시 해충류의 침식을 받기 쉽다. 건조야채도 유사한 혼입경로를 거쳐 오염피해를 받게 된다.

3) 제조, 가공공정 : 가공처리 공장에서 식품의 제조공정중 혼입경로도 매우 복잡, 다단하고 各岐多様하다.

4) 원료창고내 혼입 : 구입한 원료가 해충의 혼입이 全無하더라도 원료보관창고내에서 해충에 침식되는 경우가 많은데 이는 두가지 경로로 전파된다.

i) 전류전과—빈 식품원료창고 일지라도 다수의 해충이 잠복되어 있는것이 보통이다. 창고내에 落穀이나 파레트 밑에 일부 퇴적된 식품부스러기는 저장식품해충의 먹이와 사는 장소를 제공하게 되고 결국 번식원으로 된다. 이같은 창고에 가공원료를 반입하면 잠복해충들이 단시일내 침입하여 번식이 시작된다.

ii) 이행전과—보통 해충에 식해될 수 있는 물건을 보관하는 창고에 해충혼입이 없는 물건을 반입 混載시키면 먼저 화물의 해충이 이행되어 번식이 개시된다.

5) 제조공장내의 번식원

공장내의 구석, 기계의 공간 배수구 지하구멍, 선반이나 다락위에 날라서 퇴적하는 식품부스러기들은 저장식품해충들의 최대 번식원으로 제공된다.

6) 유통중의 기기(機器)

격리밀폐되고 공조(空調) 설비를 갖춘 극히 淸淨이 보장된 제조장에서 먼지虫이 大發生된 예도 있다. 이 경우 복수제조 line의 경우 1개가 유통중일 때 그 내부에 加工殘査가 大量으로 固着되어 이것이 發生源이 되었다.

7) 모아둔 먼지

공장내를 청소한 먼지쓰레기를 담아둔 包袋를 여러군데의 공장모퉁이 구석에 방치해두면 이것이 害虫의 潛伏源의 하나가 되기도 한다.

8) 사용했던 포장재, 미사용 포장재

공장내에 방치해둔 사용했던 포장재도 하나의 잠복원이 된다. 일반적으로 未사용한 포장재에 해충이 잠복되는 일은 상상하기 어려우나 번데기 알이나 월동하는 해충이 잠복되어 있는 미사용 포장재나 용기에 제품을 충전하는 예는 일일이 다 열거하기는 어렵다.

9) 제품하치장

제품을 공장내의 모퉁이에 일시 쌓아 놓는 일이 많아 야간에 공장내의 발생源에서 步行, 날라온 해충이 포장에 구멍을 내어 침입하게 된다.

10) 폐기물

공해방지를 위하여 폐수, 폐기물처리대책이 추진되어 종전과 같이 공장주변에 폐기물을 방치하는 일은 적어졌으나, 아직까지도 폐기물 퇴적장을 공장부지내에 설치함으로써 파리류의 발생源이 되는 事例는 많다.

11) 유통과정

식품의 유통과정에서의 해충혼입은 유통창고에서, 수송품의 차량, 선박내에서 또는 소매점에서 일부 포장에 취약한 부분을 천공하거나 또는 수송중에 일어나는 파손부분으로 침입한다.

12) 유통창고

여기서의 혼입경로는 식품공장의 원료창고에서와 같이 잔류전파와 이행전파가 된다. 중간창고나 영업창고에는 잡다한 화물이 혼재되어 이행전파의 기회가 많다.

13) 수송용 차량·선박

수송중의 제품이 차량이나 선박내에서 해충 침입의 위험에 노출되는 일은 의외로 생각하지 못하고 있다. 이 때도 차량이나 선박내의 화물중에서 잠복하던 해충의 잔류전파의 기회가 많다. Cogburn(1973)이 조사한 335량의 화차 중 77%가 차이는 있더라도 해충의 잔류를 확인하였고, 175량에서의 화물중 시료 81%는 Tribolium Castaneum류 얼룩 가쓰오부시(節)虫, 기타벌레가 차지했다고 하였다.

14) 소비과정

가정의 식품찬장에는 찬장벌레, 가루진드기류가 곡물에 일반적으로 살고 있으며 개봉하여 사용하는 용기포장된 식품 특히, 개봉 후 상

당기간동안 사용하는 향신료류(Spice), 육아용분유에 침입하게 된다. 이들중 일부를 당초부터 혼입된 것으로 오인되어 Claim의 대상으로 된다. 한 일본식품 제조회사의 추적조사에 의하면 60호가구의 monitor에 배포한 240개의 七味芬有瓶의 半分(半分)을 개봉하여 사용하면서 3개월 후의 조사결과 이의 12%가 해충침입을 받은것으로 나타났다. 이 때 Aluminium Foil로 inner seal한 대조구에서의 침입은 없었다.

2. 混入으로본 害虫의 3 group

1) 定位害虫

저장식품해충은 일반적으로 저장식품중에 살고 있으며, 그곳에서 번식을 반복하게 된다. 이들 해충의 전파매체는 가공식품 그 자체들이다.

2) 来訪害虫(통과해충)

파리, 바퀴류 등은 가공식품외의 발생源이나 은익장소를 갖고 섭식을 하기위해서만 가공식품을 찾는 일이 많다.

3) 迷入昆虫

공장내의 조명 등에 유인되어 야외에서 날아들어 우연하게 식품중에 떨어져 혼입되는 곤충으로서 가공식품을 가해하는 것은 아니나 混入異物로 되는 점이 문제가 된다.

IV. 食品工場에 있어서 害虫防除

1. 저장식품해충의 구제·예방법(그 원리)

저장식품해충의 구제와 예방법은 상당히 다양하고(表 3) 이중 어떤것은 아직 개발단계에 있거나 또 어떤것은 적용시에 제약조건이 많고 적용범위에 극히 한정된 것도 있다.

2. 害虫防除에 있어서 Hard와 Soft 기술

加工工程에 micro wave 살충장치를 조립하던가 분진비산방지를 위한 cyclone을 도입하는 것과 같은 시설면의 방제대책을 Hard라고 하면 판매예척에 기본적인 원료제품의 재고기간 단축, 防·殺虫장치의 작동점검, 공장내 청소, 약제 살포같은 작업면에서의 방제대책은 soft 기술이라고 한다. 여기서는 Hard중 제조 가공공정

표 2. 食品 害虫의 駆除・予防法

防除法 區分		予 防(防虫)	駆除(殺虫)	
품질관리적		품질관리곡류주입검역		
환경 위생적	청소			
	방진장치(집진 Cyclone & dustfilter)			
기계적	차단, 격리	방충포장, 방충망 air curtain		
	선별, 세정		정선기, 원료세정(밀제분)	
	충격, 분쇄, 연삭		엔드레다(밀제분)	
물리적	온도	저온	저온창고(쌀 15℃)	
		고온		
	습도	환경습도	제습기	
		식품수분	화력건조기(곡류)	
	공기제어		곡류밀봉저장 siro 진공포장 gas증진포장	
	음파		초음파	
	전자파	고압전기		전격살충기
		고주파 micro파		micron파가열장치 고주파살충장치
		광, 적외선	기피파장의 이용	적외선 가열장치 light trap
		방사선		γ-선 조사 siro
화학적	농약	방충제(접촉독제-농산물)	살충제(출연제-농산물)	
			Hornon농약(JH제)	
			불입제	
유인물질		Hormon trap		
기피물질		Hormon 이용(교미, 산란저해)		
생물적	천적		기생자(기생벌, 파리)	
			포식자(거미, 쥐, 진드기)	
			병원미생물(BT제)	
유전제어		불입증 방추법		

에 있어서 물리적방·살충기법의 조합만 취하여 Sanitation(자주 해충구제작업과 살충소독 작업의 뜻으로 사용하나 여기서는 환경위생적 방제기법·작업을 포괄한 의미로 사용함)이나 유통과정에서 물리적 防·殺虫技法의 도입 및 soft로서의 공정관리와 Sanitation에 대하여 설명코저한다.

3. 防·殺虫 工程

生産工程의 합리화 효율화를 위하여는 생산 공정을 單位조작으로 분리시켜 이들을 공학적으로 해석하여 이를 기초로 單位조작을 개선·대체를 행하여 보다 효율적인 system으로 組合하는 step을 거쳐야 한다.

여기서는 단지 害虫방제의 관점에서 식품제

조, 가공공정을 보면

1) 제조, 가공공정의 해석

해충방제 관점에서 공정해석시의 진단은 ① 원료반입-제조가공공정-제품보관의 process를 물건의 흐름에 따라 추적하고, ② 이 과정에서 원료·반제품의 누설 또는 해충침입구가 되는 가공기계 system의 開口部の 個所를 점검한다.

③ 다시 加工 system中에서 원료 반제품이 체류되는 死点이나 기계내부에 가공부스러기, 분진이 고착하는 個所의 유무를 점검한다.

④ 현재의 가공 system중 例로 가열, 분쇄 공정과 같이 防·殺虫 기능을 갖는 單位공정이 없거나 만약 이것이 유효한 기능이 되지 않거나 즉, 이 공정 이후에 해충침입의 기회를 주

게되어 공정 Line의 防·殺虫공정이 무효하지 않은가를 점검한다.

2) 물건의 흐름-Flow sheet의 제작

해충방제의 면에서 두가지의 Flow Sheet의 제작을 생각할 수 있다.

하나의 제조공정圖로서 주요기계와 그것을 연결하는 搬送기기에 의한 process line을 형성하고 부차적인 기기는 여기에서 分岐시켜 Sub Line으로 한다.

이 Flow Sheet상에 ① 防·殺虫機能을 갖는 單位工程 ② 加工機械와 搬送機에 존재하는 開口部 ③ System內에서 원료나 半加工品이 체류하는 死点, 加工層이나 粉塵이 固着할 가능성이 있는 個所를 기입한다.

또다른 하나는 원료의 搬入에서 제품의 반출까지의 물건흐름을 나타내는 動線圖이다. 단일제품의 mono line에서 생기는 문제는 적으나 식품공장에서는 복수의 제품을 並列的으로 생산시킬 수 있는 경우가 많고 加工送中의 반제품을 별도로 제품의 원료로 되는 動線圖는 특히 복잡하게 되는 것이 보통이다.

이같은 動線圖의 중요한 것은 각 point에서 물건의 체류시간(기간)을 기록하는 것이다. 이와 같은 動線圖는 원료, 자재, 제품의 흐름을 정리, 종합하여 생산능률을 향상시키는데 유익할 뿐만 아니라 蟻충혼입의 기회를 배제시켜 Sanitation의 효율을 증진시키는데 크게 기여한다.

◦ 加工機械 system중의 開口部

◦ 加工機械 : 가공기계의 全 system중에는 多少 간에 開口部의 존재는 피할 수 없다.

특히, 가공기계와 반송기의 접속부에서는 필수적이다. 또 Open형의 진동체 같은 旧式의 가공機器 등도 開口部가 많은 경향이다. Flow Sheet에도 기본적인 제조 가공공정의 해석은 이와 같은 開口部를 점검하는 것이 주목적이다.

3) 수송용 conveyer · pipe

Open형의 conveyer의 경우 casing이나 trap을 갖는 belt conveyer나 screw conveyer라도 완전밀폐가 되지 않아 開口部로 침입한 해충이 살게된다.

4) 原料탱크

원료에 혼입되어온 해충이나 또는 다른 기계연결부에서 가공공정에 들어온 해충은 당연히 원료탱크에서 살기 때문에 가공 system 전반에 대한 해충의 공급원이 된다(가공원료용의 밀가루탱크에 사는 tribolium castaneum 가 이의 전형적인 예이다).

5) 제품을 담는 Tray

반가공품이나 제품의 공장내 반송이나 방열 때문에 일시 저장용 tray는 그 내면에 고착한 식품의 고운가루의 냄새가 유인시켜 비교적 짧은 시간이라도 해충 특히, 바구미가 산란하게 됨으로 식품의 貯留는 신속히 없애야 한다.

6) 계량, 포장기

계량, 포장기의 제품, 출구 nozzle에는 식품의 고운가루가 고착되어 그 주변의 해충이 蟻集되어 낙하되는 虫體을 제품에 混入되는 일이 드물지 않다.

7) 충전 Line

충진 lin의 conveyer위를 이동하는 병, 통 tray에 충전과 타전 밀봉하는 과정에서는 드물기는 하나 곤충이 낙하 혼입되는 예는 주류, 조미료 등에서 파리를 볼 수 있다.

8) 부산물의 처리 system

가공공정에서 생기는 부산물은 低가치품이라 그 처리를 적당히 하기쉬워 여러가지 해충의 발생원이 된다.

대형정비 공장에서 Aspirator New matic를 거쳐 cyclone에서 집진되는 겨도 집강실이 공장내에 설치되어 마루면에서 겨가 비산되어 Tribolium Castaneum이 크게 발생한다.

9) 물건의 체류·고착장소

일반적으로 반송기기에는 물건의 체류장소가 많고 특히 屈曲部, 접속부에서는 현저하다. 또, basket conveyer의 角型 casing이나 扁型의 원료, 제품의 탱크는 內積部에 가공부스러기(層)나 원료가 고착하기 쉽고 특히 나무로 만든것은 파손된 곳에 바구미유충이 구멍을 내어 살게된다.

V. 單位的인 物理的 防除技法의 評價와 조합

다음은 개개의 물리적 방제기법의 得實을 평가함과 동시에 가공공정에 조합시킬 때의 해충방제의 입장에서 유의점을 검토한다.

1. 차단(遮斷), 격리(隔離)

원료중의 해충이동확산을 방지하기 위하여 제조공장에서의 원료창고의 격리; 제조공장에서 발생하는 해충의 제품저장고로의 이동, 침입을 방지하기 위한 제품창고와의 격리; 가공기계 system의 開口部에서의 해충침입을 방지하기 위한 밀폐화; 유통과정에서의 해충의 穿孔침입을 방지하기 위한 방충포장 등이 모두 차단, 격리의 원리에 의한 방제기법이 된다.

1) 가공기계 system의 밀폐화

가공기계 system에서의 開口部の 배제효과는 精麥 system에서 전형적으로 볼 수 있다.

旧式의 정맥 system에는 開口部가 많아 이로부터 漏洩 비산하는 가공부스러기가 공장내에 堆積하여 해충의 소굴(巢窟)이 되는 상황을 볼 수 있다. 그리하여 최근에는 開口部를 최소한 배제시킨 정맥 system이 개발되어 청소 등 Sanitation 대책도 하기 쉽고 해충혼입에 의한 trouble이 격감되고 있다. 또 木製에서 금속제, 개방형에서 밀폐형으로 전환시킨 경우, 습도조절의 不調에 의한 곰팡이 발생에 대한 충분한 배려가 필요하다.

2) 防虫包裝

차단의 원리가 가장 전형적으로 활용되고 있는 것이 防虫包裝이다. 이것은 제조가공 과정에서 防虫技法은 유통과정에서의 해충침입의 방지기법이 된다.

2. 精選 洗滌

협잡물이나 不用成分의 제거, 제품의 粒度에 의한 分別, 등급가리기 등의 주목적은 정선이며 혼입해충의 제거에 유효한 기능을 하기 위해서는 해충의 생활사, 행동의 관점에서 검토할 필요가 있다.

소맥제분에서 품질을 좌우하는 중요한 결정수단은 30단을 초과하게 조합되는 체로서 15, 16XX과 같은 고운 篩目은 곤충파편이나 배설물의 제거에도 유효한 작용을 한다.

표 3. 저장식품해충알의 크기

알의직경 長徑(mm)	해충종류
2~1.8	茶色米粉虫
1.6~1.4	배가흰 가쓰오부시虫
1.4~1.2	쌀도둑
0.8~0.6	톱가슴머리대장, 큰 쌀도둑, 보리나방 <i>Tribolium ferrugineum</i> Habricius
0.6~0.4	<i>Tribolium Castaneum</i> , <i>Attagenusa-japonicus</i> Reilter, <i>Anthrenus Verbasci</i> L., 팔바구미, <i>Rhizopertha dominice</i> Fabricius <i>Lasioderna Serri</i> Corne Fabricius 줄알락 명나방, 배명나방, 권연벌레
0.4이하	먼지벌레

저장해충의 알은 *Tribolium Castaneum*이나 *plodia interpunctella*(화랑곡나방)가 평균적으로 크고(표 2) 茶色 米粉벌레가 최대이고 알의 長徑은 먼지虫이 短徑으로는 *Oryzaephilus Surinamensis*. L가 최소이며 9NXX(눈의크기 0.148 mm) 또는 10XX(0.125 mm) 이하의 눈금의 체를 사용하면 대부분의 저곡해충류의 알은 제거할 수 있다.

그러나 孵化幼虫은 이것보다 더 적어 *plodia interpunctella*의 부화유충은 10XX(0.125 mm)의 체를 통과하고 *Oryzaephilus Surinamensis* L.의 부화유충은 14XX(0.141 mm)의 체에 통과되어 16XX(0.07 mm) 체로서는 완전하게 除去할 수 없다. 또 粉진디기류를 포함한 예 질트 粉진디기의 알은 0.15±0.08 mm 정도로 15XX(0.075 mm) 이하가 아니면 防止되지 않고 특히 부화유충은 16XX을 통과되어 粉진디기는 제분공정의 篩別로도 저지하기는 곤란하다.

같은 粉体라도 粉乳를 공기습도 50%에서 흡습이 시작되어 입자가 서로 粘着되어 사별을 실시하면 덩어리가 쉽게 생긴다. 분유중의 곤충파편은 사별로만 제거하기는 곤란하다. 일반적으로 粒度가 곱고 球形에 가까우면 사별이 쉬워서 精米에 混入하는 곤충死体 破片은 제거가 용이하나 된장같은 원료인 破碎米中の 곤충파편은 보통 정선기로는 완전하게 제거하

표 4. 원심충격 살충기의 살충효과

	회전수 (r.p.m)	유량 (ton/hour)	시 험 구		대조구
			공시충	생존율	
엔터레터	2,240	1.2	100卵/100 kg	0	約25幼虫/3 kg
		10	850卵/ 85 kg	0	
뉴맥락 엔터레터	3,000	2	170卵/ 16 kg	0	約25幼虫/3 kg
		1	85卵/ 8 kg	0	

기는 곤란하다.

3. 충격, 분쇄, 연삭, 마찰

이중에서 살충목적으로 의도적으로 채용되는 것은 원심충격살충기로서 다른것은 일반적 가공공정에서 결과적으로 防·살충 기능을 발휘시키는 예이다.

1) 遠心衝擊殺虫器

분쇄식품을 고속원심력으로 瓶과 Cashing의 器壁에 격돌시켜 혼입해충을 살멸하는 본 장치는 옛날 1930년대부터 소맥제분채에 채용되었고, 특히 살충효과를 얻을 수 있다.

단순한 원심력으로 살충력은 약하고 냉동원심기를 사용한 실험에서 Tribolium Castaneum 성충의 50% 치사율을 얻으려면 20,000 rpm이 필요하다.

이 장치의 존재자체가 이외로 알려지지 않고 있으나 premix 등 분쇄식품의 살충기법으로서 더욱 광범위하게 응용되고 있다.

2) 粉碎

분쇄공정을 갖는 식품은 많다. 분쇄의 정도, 사용하는 기계에 따라서 한마디로 말하기는 곤란하나 이 공정에 살충기능이 기대된다.

한 보고(高野 1971)에서 Bühler Test mill로 실험한 결과 쌀 바구미의 알 1000개 이상을 함유하는 소맥 1kg을 각 3단의 brake roll 및 midding roll로 분쇄한 결과 어떠한 粒度의 가루나 껍질에서도 쌀 바구미의 발생이 인정되었고 Tribolium Confusum의 알 약 1만개를 함유한 粗小麦 은 분쇄한 결과는 7단계의 粒度에서 사멸시킨 것의 껍질부분에서 성충 3마리가 발견되었다고 하였다.

실제의 제분공정에서는 30단계의 roll을 통과시킴으로서 생존의 가능성은 거의 없다. 그

리하여 소맥제분에서는 사멸과 원심충격 살충기가 유효하게 작용하게 되어 최종제품에 해충란의 혼입문제는 없다.

3) 연삭·마찰

정미공장에 있어서 연삭, 마찰도 살충기능을 갖는다. 91~92% 수율의 도정에서는 겨층과 糊粉尸의 일부(평균 70 μ)가 탈피되며 그 때 表尸에 천공산란한 쌀 바구미 卵(長徑 760±70 μ)도 연삭 또는 마찰에 의해 潰死시키게 된다. 또 粒内에서 3~4회 幼虫에서 번데기까지 생육된 쌀 바구미는 中空의 穀粉기리 눌러 으깨진다. 단 1~2회 幼虫에서 粒内에 깊이 잠입한 것은 연삭으로 압착으깨어도 살아 잔존하게 된다. 粒外에서 생육하는 Tribolium Castaneum plodia interpunctella(화랑곡나방) 등은 정미공정에서 壓殺하게 된다.

4. 高溫

加熱, 蒸煮는 본래의 防·殺虫技法이 아니고 防殺虫機能을 발휘하는 가공공정의 전형이다. 이와 같이 여러차례 가열, 증자 공정을 거치게 되어 가공식품의 제조과정에서는 해충의 발생은 없다고 확신된다. 그러나 식품해충의 생태, 행동을 종종 잘못 過信하기 때문에 세심한 관리가 요망된다.

1) 저장식품해충의 致死高溫

저장식품해충의 각종류, 各發育會期(卵, 幼虫, 蛹, 成虫)에 대한 高溫의 致死效果에 對한 상세한 data는 극히 적다. 단 발육단계고온과 달리 致死고온의 정도는 해충종류, 발육會期에 의한 差는 비교적 적어 실용상 문제는 없다.

2) 熱蒸氣에 의한 가루진디기류의 驅除

된장, 간장의 양조공정에서 발생하는 사탕진디물의 구제에 熱蒸氣를 이용하면 상당한

효과를 얻게된다. 식품의 가공장치나 용기의 살충, 殺진디기에 열증기의 이용가능한 경우는 아직 많은 부분이 남아있다.

3) 공기반송공정에서의 열풍이용

소맥분을 주원료로 하는 식품의 가공공정에 Tribolium Castaneum이 항상 만연되어 큰 문제가 된다. 이의 사용목적에서 볼 때 살충제 살포는 엄격하게 규제되어 각종 물리적 防·殺虫技法의 도입을 검토하여야 한다. 종종 공정중에 熱風送氣에 의한 원료소맥분의 수분조절공정이나 또는 공정중 수송은 거의가 공기반송에 의한다.

여기서 이의 양공정을 조합시켜 약 70°C의 열풍에 의하여 공기반송을 실시하여 이 과정에서 원료가 55°C에서 수분이상 처리하면 가공공정에 종종 혼입된 Tribolium castaneum을 거의 완전하게 배제 할 수 있다.

이것은 고온을 잘 활용하는 실례이다.

4) 곡물용 화력건조기의 살충이용

보리나방은 옥외가해(Field Infestation)을 하는 저장해충의 많은예의 하나로 재배중의 보리이삭에 산란하는 것으로서 번식이 개시된다. 종전에는 맥류를 加害하던 보리나방이 벼의 조기재배가 보편화 되면서 country elevator로서 벼의 저장법이 도입된 이래 벼나락을 가해하게 되었다. 그러나 country elevator로 散物 저장한 벼는 저장된 火力건조(수분 14~14.5% 조정시 44~55°C의 熱風에서 처리)를 받아 결과적으로 바구미의 가열살충이 되고 바구미에 의한 실제의 해는 생기지 않는다.

5) Fluidized bed-小麥과 米

최근 호주에서 개발한 곡류용의 유동床가열 장치 Fluidized bed가 있다.

이 장치는 곡물수출국의 積出港에서 대량으로 取扱되는 小麥 등의 살충에 유망하다. 그러나 食味에 대한 소비자의 기호욕구가 달라 수확시 벼의 화력건조조건에 의한 쌀의 수분의 건조감소가 미묘하기 때문에 식미가 떨어지고-도정시의 碎米率이 증가된다.

유통되는 쌀의 90%가 농가 rice centre country elevator에서 수확 조제시 화력건조의 처리를 받게되고 그 위에 유통단계에서도 가열

살충처리를 실시하게 되어 품질상 결함이 생겨 이 장치가 국산쌀의 해충구제 장치로서의 도입은 바람직하지 않다.

5. 冷蔵, 冷凍

저온은 원료보관, 제품의 해충방제에 일반적으로 이용되는 기법으로 5~15°C 정도 온도 범위로 적용하는 것을 냉장이라고 0°C이하의 처리를 냉동이라 한다.

1) 冷蔵

미곡의 저온창고가 창안된 것은 당초 저곡 해충방제를 목적으로한 저장창고 였다.

일반적으로 가공식품공장의 원료 제품보관에 저온저장고는 광범위하게 보급 이용되고 있다. 저장식품 해충의 발육, 増殖을 억제할 수 있는 저온한계는 해충의 종류에 따라 차이가 크나 5~10°C 범위가 실용적으로 볼 때 적당하다. 보통 저곡해충의 많은 종류들은 저온 耐性を 획득하게 되어 주의하여 감지할 필요가 있다.

2) 冷凍殺虫

냉동은 원료, 제품에 혼입되는 해충의 살멸법으로 이용되는데 이 경우 해충피해는 식품에서 더이상 확대되지 않고 정지되나 死體가 異物로서 잔존되는 결점이 있다. 또 냉동은 건조가공식품의 품질에 직접영향을 주지 않으나 여름철 고온기에는 냉동고內在가 출입으로 인하여 온도차가 50°C 이상에 이르게 된다. 방습성이 없는 紙袋에는 이 현상으로 포장表面에 結露(이슬)가 생겨 이로인해 곰팡이 발생이 유발됨으로 충분한 고려가 요망된다.

6. 高周波 극초단파(Microwave)

「高周波電場에 생기는 誘電體의 誘電損失에 의하여 생기는 内部發熱현상에 기초한 高周波加熱」을 저장식품해충의 억제에 이용하려는 시도는 옛부터 시도되었으나 실용화의 범위에 도달한 것은 스위스의 곡물해충구제용 고주파 조사장치가 최초이다.

1) 고주파가열방식과 외부가열방식의 득실
고추파 유전자열은 외부가열과 비교할 때의 장점은 ① 식품내부의 온도상승이 열전도에 의하지 않으므로서 가열에 요하는 시간이 짧다.

표 5. 저장식품해충의 발육저온한계와 발육영점

해충종류	발육저온한계 (°C)	저자	발육영점 (°C)	저자
더가소오부시충	≤ 15	Coombs, 1978		
곡식수수랭이	≤ 20	Hadaway, 1955		
먼지벌레	≤ 17.5	Lefkovitch, 1967	13.3~13.9	吉田, 1978
권연벌레	≤ 20	Howe, 1957	14.9	新穂, 1982
Rhizopertha dominice	≥ 18.2	Birch, 1945	16.5	三井, 1980
톱가슴머리대장	20	Rilett, 1949		
가슴머리대장	17.5	Currie, 1967		
Turco 가슴머리대장	≥ 17.5	Lefkovitch, 1962		
Oryzaephilus Surimamensis	≤ 20	Howe, 1956		
Rice Tribolium. C	≥ 22.5	No wosielski, 1980		
Tribolium castaneum	≥ 20	Howe, 1962	18.5(幼虫)	内田, 1971
Tribolium contusum	≥ 18.5	Al-Rawy, 1959	17.0(幼虫)	内田, 1971
팥바구미	≤ 17.5	Howe 1964	11.3	梅谷, 1981
콩바구미	20	Howe 1964	14.1	梅谷, 1981
쌀바구미	15.5	三井	8.09	西垣, 1958
Sasakic	17	Howe, 1965	8.92	西垣, 1958
Granariac	< 15	Eastham 1947	9.5	Bodenheimer, 1927
Kaimai tsuzuriga	17.5	Cox, 1981	12.5	吉田, 1971
거저리	12	Jacob 1977	3.0	三井, 1980
줄알랑 명나방	15.5	Burges 1965	12.0	三井, 1980
배명나방	≤ 15	田材, 1978	11.5	三井, 1980
보리나방	≤ 15	春川, 1939	10.3	Klein, 1930

주: ≤×°C : X°C 보다 약간 낮은 온도, ≥×°C : X°C 은 보다 약간 높은 온도

표 6. 저장식품해충의 완전처사에 필요한 저온과 처리일수

	-15°C	-12°C	-7°C	-4°C	-1°C
Tribolium castaneum	1日	1日	1日	5日	8日
Tribolium confusum	1	1	1	5	12
Sitophilus zeamais	1	1	3	6	8
Oryzaephilus suriname-nsis	1	1	3	7	23
Anagasta kuehniella	1	3	7	24	16
Plodia interpunctella	1	3	8	28	90

② 외부가열과 달리 주위의 공기나 장치의 가열에 열 energy를 탈취하지 않으므로서 열효율이 높다. ③ 유전손실이 적은 용기중에 어떤 유전손실이 큰 식품을 용기채로 고주파가열 함으로써 내용물만을 선택적으로 가열할 수 있다.

이상 열거한것은 이의 선택적 가열에의 특성이 곡물중에 混在하는 해충의 살멸방법에 근거된 원리이다.

2) 고주파(1~50 MHz)와 microwave(300~3000 MHz)

◦ 발열량 : 유전자열에 의한 被가열 물체중에 발생하는 열량(被가열물체가 吸收하는 전력)은 $P = E^2 \cdot V \cdot \epsilon \cdot 55.01 \cdot 10^{-4} \text{ watts/cm}^2$

P : 被가열물체의 발생열량 Watt/cm² · E · 電界强度 · volt/cm

V : 주파수 Hz/sec. ϵ : 유전손실계수에 의해 주파수가 높은정도 보다 많은 energy를 투입하는것이 좋다.

3) 浸透力

고주파가 피가열물체로 진입하여 열 energy로 교환되려면 전파의 入射 energy는 그

물체내에서 減衰된다. 이 감쇄율을 전파의 입사 energy가 半減하는 깊이를 HPD로 表示하면

$$HPD = \frac{0.693}{\sqrt{\epsilon_r \cdot \tan \delta \cdot 55.61 \cdot 10^{14} V}} \quad (2)$$

ϵ_r : 比誘電率, $\tan \delta$: 유전체 加率

$\epsilon_r \cdot \tan \delta (2 \epsilon_r^{1/2})$: 誘電損失係數

즉, 주파수를 높이면 전파가 침투하는 깊이는 낮게되어 두터운 식품들은 표면과 내부와의 온도차가 크게되는 문제가 있다.

4) 送擇加熱

(1) 식은 被가열 물체中에 발생하는 열량은 고주파의 파장이 일정하면 誘電損失係數 $\epsilon_r^{1/2}$ 가 큰 물질쪽이 크게 나타난다. 역시 ϵ_r 는 다른 물질에 비하여 현저하게 큼으로서 含水量을 달리하는 곡물間에는 含水量이 높은 곡물쪽이 ϵ_r 가 크다. 또 물질의 ϵ_r 는 주파수내에 대응시켜 변화케 하면 변화의 양상은 일반식으로 표현하는 것은 곤란하다.

5) 害虫과 穀物의 선택적 가열-주파수의 효과

体水分 50% 정도의 쌀 바구미 成虫은 수분 11~13%의 소맥에 비하여 ϵ_r 는 현저히 크다. 소맥의 ϵ_r 는 100 KHz~1 GHz의 사이에서는 주파수 부근에서의 변동은 적어 겨우 0.2~0.45의 범위이다.

이들에 대한 쌀 바구미의 성충의 ϵ_r 는 주파수 부근에서의 변동은 커서 0.4~2.2의 범위가 된다. 그러나 兩者의 ϵ_r 차는 1~300 MHz 사이에서는 크나 100 KHz이하 또 1000 MHz 이상이면 적다.

결국 2450 MHz의 microwave range에서는 소맥과 바구미 성충의 선택적 가열은 기대할 수 없으나 39 MHz의 고주파에서는 바구미의 ϵ_r 는 소맥의 그것보다 5배이상으로 쌀 바구미 성충에 대하여 선택적 가열이 기대된다. 실제 25g 정도의 소맥시료(두께 2 cm)을 사용하여 기초 실험에서는 쌀 바구미 성충의 조사 8일 후 만에 100% 致死率을 얻었고 39 MHz 조사로는 곡물온도 40°C의 시점에서 달성되었고 2450 MHz의 조사로는 곡물온도가 80°C 이상이 되었으나 100% 사망率을 얻을 수가 없다.

또, 저장식품해충의 고주파조사에 대한 저항력은 쌀 바구미, 분 바구미 < 톱가슴머리대잠 < tribolium castaneum, Tribolium Confusum < 얼룩 가쓰도무시충의 1종(Frogodorma variable) < 쌀도둑 < Rhizopertha dominice Fabricius의 순이었고 種間의 차이는 그렇게 심하지는 않았다.

6) Microwave 照射裝置

전술한 바와 같이 곡물같은 건조식품에 혼입된 해충의 살멸에는 40 MHz 정도의 고주파 誘電加熱이 가장 유효한 것으로 증명되었다. 그래서 magnetron은 구조가 간단하고 가격이 저렴하여 널리 보급되었고 micro wave 발전기를 응용한 장치개발쪽이 고주파 가열장치보다 더 발전이 빠르다.

일본에서 공업용으로 허용되는 micro wave 주파수는 2450, 5800 MHz이고 915 MHz는 미허가 되어 거의 2450 MHz를 사용한다. 2450 MHz의 magnetron은 구조상 5 Kw가 최대이기 때문에 큰 출력을 요하는 공업용으로는 이것을 몇개 병렬적으로 배치시키는 장치가 주류가 된다.

아직 고주파 우레탄이나 목재접착용에는 6.8, 13.27 MHz의 고주파 가열장치가 사용되고 있으며 식품의 가공공정에 조합 가능한 살충용 가열장치의 개발도 기대된다.

7) 식품가공 process에의 조합

Microwave 조사장치를 식품의 제조 Line에 조합시키면 ① 被가열 물체를 연속대량가열할 수 있는 conveyer상 가열방식으로 될 수 있다. ② Microwave 조사로는 oven내에 Conveyer 통과시키는 방식이어서 oven의 출입구에 적당한 袖를 설치하여 누설(漏洩) 전파를 최대한 막을 수 있다.

8) 식품공장에 최초로 도입된 살충용 microwave 조사장치

건초채소는 식품공장에 반입되는 시점에서 이미 해충의 침식을 받은 예가 많다. 한즉석 식품의 배합공정에서 이의 살충처리에 외부가열방식으로는 시간을 필요하기 때문에 가공 Line에 조합시키기는 어렵고 또 表尸이 焦火되어 풍미를 떨어뜨린다. 실제 3基의 발전기를

표 7. Micro wave 조사장치에 의한 식품해충의 제어효과와 처리조건

처리조건과 살충효과	원 료 층 두 께 (mm)	벨 트 속 도 (m/min)	Microwave oven 입사전력			열풍 oven 처리직후의 온도와 품온		치사율(%)			
			No.1 (mA)	No.2 (mA)	No.3 (mA)	(°C)	(°C)	Tirbolium castoneum		붉은얼룩 가스오부시虫	
								표충	측류	표충	측류
건조파세리	40	1.5	-	0.54	-	-	44~45	-	0	66	33
건조파세리	30	1.0	-	0.5	0.6	70	53~55	100	100	100	100
건조감자	50	1.0	-	.5	0.5	70	55~58	100	100	100	0
건조감자	50	1.0	-	0.7	0.7	80	70	-	100	100	100
건조계란	40	2.0	0.7	0.6	0.6	70	55	100	100	100	100
건면류	50	1.0	-	0.5	0.6	70	55~60	100	33	100	33
건면류	50	1.0	-	0.7	0.7	70	60~65	100	100	100	50
건면류	50	1.0	-	0.7	0.7	70	60~65	100	100	100	100

갖는 Conveyer형 microwave 조사장치를 선정하여 살충시험한 결과 품온이 상승하게 되면 해충이 분산도망하는 결점이 발견되었고 중간에 외부가열장치를 조합시켜 해결할 수 있다.

出力 조절식으로서 품온을 55~65°C로 조절함으로써 품온의 고온열화를 초래하지 않고 살충, 살균작용이 가능하고 대규모식품공장의 제조 Line에 조합시키는 효과를 얻게 된다.

Microwave 조사장치는 해충피해를 받기 쉬운 Nut류, 건조과실 등의 건조식품의 살충처리에 적합하고 더욱 내부가열 방식을 적절히 활용하면 포장채로 살충처리가 가능하다.

7. 赤外線

적외선에 의한 살충의 시도는 옛부터 검토되었고 이미 1934년에는 belt의 上下에서 적외선 lamp를 조사하여 60°C로 보존된 tunnel 내를 Conveyer上에 6mm 두께로 소맥을 깔아 10분간 통과시켜 저곡해충의 살멸에 성공하였다. 또 蚕豆中の 잠두 바구미가 발아를 손상없이 살충에 성공하기도 한다.

火力赤外線 가열장치를 사용한 시험으로는 쌀바구미<보리나방<Rhizopertha dominice Fabricius순으로 저장력이 강하고 米粒内の 바구미 유충, 번데기의 살멸에는 곡온 56°C Rhizopertha dominice Fabricius 유충, 번데기는

68°C가 필요하다.

보리나방은 老熟幼虫과 번데기의 감수성이 높아 0~2일세의 알이 저항력이 가장 크다. 또 소맥중의 granaria 쌀바구미, Tribolium Castaneum, 얼룩가스오부시虫류 등 12종의 鞘翅目 成虫은 곡온 64~67°C에서는 완전히 살멸된다.

적외선은 被조사물체의 표면에 흡수됨으로 침투력은 상당히 약하다. 또 곤충체에 의한 energy의 선택적 흡수가 일어나 곡물자체를 65~70°C까지도 가열하게 되어 곡류에 대하여는 고온에 의한 품질의 저하, 발아력이 상실되고 energy 효율도 50% 정도가 된다. 그러나 microwave에 있어서 전파누설의 염려가 없는 것이 적외선의 장점이다. 적외선 lamp로 조사되는 tunnel내를 conveyer로 통과시키는 가열 방식은 가공공정 line에 조합이 용이하며 현재 각 분야에서 활용되고 박충상으로 반송되는 식품이나 용기의 살균, 살충 등 응용범위가 넓다.

8. 電離放射線

곡류나 가공식품에 대하여 전리방사선으로 처리하는 것은 散物(bulk) 저곡류나 발아선 과실, 채소류(밤, 양파, 마늘, 버섯이나 건조향신료)의 저곡해충이나 곰팡이의 피해방지에 시도되고 있으나 우리나라에서는 농산물의 발

표 8. 식품의 방사선 조사 및 잔류 허용기준

- 감자, 양파, 마늘 : 0.15 KGY이하, 밤 : 0.25 KGY이하, 버섯(생.건) : 1 KGY이하
- 건조 향신료(고추, 마늘, 파, 양파, 후추 및 생강) : 10 KGY이하(고시 87~71, '89. 10. 16)
- 잔류량
 - 131I : 유, 유가공품 150 Bg/kg. L, 기타식품 300 Bg/Kg.L
 - 134 Cs+¹³⁷Cs : 모든식품 370 Bg/kg. L(고시 '89~19, '89. 5. 23)

표 9. 저장식품해충에 대한 전리방사선의 치사 및 불임화효과

해충종류**	致死線量 (K rad)	死亡率 (%)	死亡率測定 까지의日數	저자	不妊化線量 (K rad)	不妊化率 (%)	저자
곡식수수랭이	168	100	2	Hassett	17.5 ♂	100	Tilton
<i>Anthrenus verbasci</i>	100	100	28	Brower	30 ♂	100	Brower
권연벌레	100	100	35	Tilton	25	100	Tilton
<i>Rhizopertha domimice</i>	40	100	30	Singh	16	100	
					10 ♂		Tilton
쌀도둑	12.5	100	21	Watters			
툽가슴머리대장	20.6	99	21	Jefferies	15.3	99.9	Jefferies
					40 ♂		Tilton
툽가슴머리대장	21.5	99.9	28	Banham	20 ♂		Tilton
<i>Tribolium ferrngineum</i>	12.8	99.9	28	Banham	17.5 ♂ ♀	100	Tilton
<i>Tribolium castaneum</i>	10	100	14	Brower	10 ♂	100	Brower
					10	100	Neharin
쌀바구미	8.0	99	19	三井	8	99.9	Shipp
쌀바구미	10	100	35	Brown			
<i>Sasakii cahandria</i>	9.5	99	19	三井	7	99.9	Shipp
<i>Sasakii calandria</i>	17.5	100	21	Tilton			
거저리					45 ♂	95以上	三井
줄알락명나방	50	100	7	Cogburn			
보리나방					>100 ♂		Cogburn
					>100 ♂		Cogburn
에집트가루용애	100	100	70	Burkholder	45 ♂ ♀	100	Burkholder

* 치사선량은 조사율측정까지의 기간에 의해 크게 변동함으로 주의.

**조사대상은 초시목에대하여는 성충, 인시목에 대하여는 번데기 후기가 우화직후 성충

아역제에 국한하여 일부 법적으로 허용될 뿐이다.(식품위생법 식품조사처리업, 표 9, 1987) 그러나 조식품의 건전성에 관한 FAO, IAEA, WHO 합동전문가 회의(1980)에서 “모든식품에 대하여 최대 평균線量 10 KGy(=1 Mrad) 이내의 범위에서의 조사는 무조건 받는다”라는 권고안이 채택되어 가까운 장래에 방사선 조사에 의한 식품의 살충방제가 실현될 것이다.

1) 저장식품해충에 대한 抑制効果

가공식품 곡류, 사료해충에 대한 방사선조사의 효과에 대한 보고는 무수히 많으나 주요

해충種類의 치사, 발육저지, 不妊化線量에 대하여는 거의 구명되지 않고 현재 발표된 data를 상세히 비교검토했던 Table은 없으나 총괄하면 실용적으로는 50 Krad의 선장으로서는 鞘翅目的 가장 저항력이 강한 종류나 鱗翅目的 번데기, 幼虫알을 억제시킬 수 있는 것으로 보고되고 있다.

鞘翅目에서 가장 저장력이 강한 *Tribolium Confusum*은 가장 약한 group인 *Callosobruchus Chinensis*. L의 6~7배 강하나 發育會期를 비교하면 成虫-蛹-幼虫-卵의 순으로 감수성

이 높다. 또 각종의 발육會期는 日會이 지남에 따라서 감수성이 강해지며 例로 茶色米粉虫의 경우 산란 후 7.5日 사이의 알은 0.5日사이의 알보다 저항력이 250배가 된다.

鱗翅目の 저항력은 鞘翅目에 비하여 강하고 특히 줄알락명나방, 보리나방 成虫의 不妊化線量은 100 krad 정도이다.

2) 殺虫線量 및 不妊化線量

일반적으로 조사직후 바로 100% 死亡率을 얻기 위해서는 특히 高線量이 필요하다. 쌀바구미 成虫은 100 Krad의 조사에서도 100% 死亡에 이르기까지는 1주간이 필요하다. 실용적으로는 2~3주간 후에 100% 사망율을 얻게되어 그 사이에 交尾, 産卵을 계속하는데 이리하여 次世代가 再生産되는 것은 곤란하다. 쌀바구미 成虫은 5 krad의 조사에서 약 7週間 후에 100% 死亡이 기대되며 이 선량으로는 雌雄공히 약 반수가 不妊化되고 나머지는 死亡까지의 7週間에 交尾, 産卵하며 이들로부터 次世代 成虫이 羽化하게 된다. 10 Krad의 조사로는 100% 殺死率에 이르게 되는데 5주간이 소요되며 이 선량에서는 雌雄 共히 안전하게 不妊化됨으로 실용적으로 효과가 있다.

3) 食品加工에서의 기술적 문제점(α 선 전자선)

◦ 殺虫作用 : 5만 Ci의 ^{60}Co 를 線源으로하는 γ -ray와 α -Mev 出力 20 Kw의 van de graff 전자 가속線을 線源으로하는 전자선과의 비교로 옥수수粒內에 생육하는 바구미의 卵·幼虫, 蛹은 γ -ray 25Krad 조사로 3주 후 成虫羽化는 완전히 阻止되었으나 電子線으로는 약간 지연되어 4週가 소요되었다.

그러나, 실용상으로 볼 때 兩者間에 큰 차이는 인정되지 않았다.

4) 貫通力

전자가속기에서 발생시킨 전자선의 최대결점은 貫통력이 약한 것이다. 전자선의 투과로 얻을 수 있는 길이는 그 출력과 被조사물의 밀도에 의존하며 1 Mev의 전자선에서는 밀도 0.8의 곡립에서 0.8 cm이하가 된다. 결국 粉粒體 薄膜體의 식품에 조사하는 전자선은 유효하나 마대 포장곡물이나 밀폐포장식품의 조사

에는 γ -ray와 x-ray가 더 우수하다.

5) 出力

γ -ray의 하나의 결점은 출력이 적은 것이며 100万 Ci의 ^{60}Co 을 사용할 때 내는 γ -ray의 出力은 약하며 15 Kw에 지나지 않는다.

이에 대하여 전자가속기에서는 2 MeV 출력 20 kw를 가져 약 130万 Ci의 ^{60}Co 에 상당한다.

6) X-ray

전자가속기에서 발생하는 전자선은 X-ray로 변환이 가능하여 高出力의 전자가속기가 출현되어 X-ray에 의한 식품조사도 현실적인 과제가 되고있다. 3~5 MeV의 전자선이 X-ray로 변환효율은 16~22% X-선의 energy는 원래 전자선의 65%로 이용효율은 낮으나 γ -ray와 동등이상의 貫통력을 가져 X-선 이용은 장래 發展적인 방향으로 개발될 것이다.

7) 經濟性

소맥 200~400 ton/hr의 처리능력을 갖는 1.5 MeV, 출력 15 kw의 전자가속기에서 연간 4,000시간 조업할 때의 총경비는 15 cents/ton 인데 비하여 200 ton/hr의 처리능력을 갖는 82.5万 Ci의 ^{60}Co 조사시설로는 25 cents/ton을 요하는 것으로 조사되었다.

8) 放射線과 micro wave, 赤外線과의 組合 Rhizopertha dominice Fabricius의 번데기, 幼虫, 卵에 대하여 γ -선과 赤外線 또는 γ -線과 micro wave를 組合시켜 조사처리를 실시하면 이들은 각각 단독으로 사용할 때에 기대되는 치사율 50%보다도 15~20% 높은 치사율을 얻을 수 있다. 보리나방에서도 비슷한 효과를 얻었다.

2가지를 조합시키면 단독의 경우 치사율이 50% 기대되는 線量에서 즉, γ -ray는 25 krad에서 micro wave는 54°C~26초에서 赤外線에서는 56°C~29초의 조사로서 96~99%의 치사율을 얻을 수 있어 보다 경제적이고 품질 보존적인 것을 몇번 200g 정도의 sample을 사용하여 실시한 실험결과 였으나, 실용효과는 거의 未知數이다.

9) 放射線과 다른살충법과의 비교

방사선조사를 다른 살충법과 비교해보면 식품중의 살충제 잔류의 걱정이 없으나 가열처

리에 수반되는 품질열화가 없고 포장과 살충 처리가 가능한 보통 안정한 살충효과를 얻을 수 있는 점 등 장점이 많으나 현재로는 cost가 높아 실용이 어렵고(방사선 방호시설비용을 포함하여 설비투자가 크다. 연간 처리량이 일정량이상이 아니면 채산성이 없다) ^{60}Co 로는 방사성 폐기물 처리문제 등 해결해야할 과제는 아직 많다. 더욱이 혼중, 방사선 조사의 双方 共に 살충법으로서 유통과정에 있어서 재 침

입의 방지에는 다른 방충법을 필요로 하는것에 유의해야 한다.

이상 제조, 가공공정에 있어서 물리적 방·살충법에 중점을 두어 해설 시도하였으나, 완전한 방·살충공정은 기대할 수 없고 일상의 공정관리와 sanitation을 주축으로하는 공장전체의 방충관리(pest management)를 하는 것이 무엇보다도 강조된다.

알맞게 운동하고 즐겁게 생활 합시다