

농식품 유해물질 편람

2009. 2



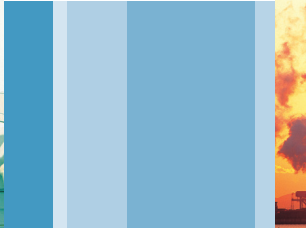
MINISTRY FOR FOOD, AGRICULTURE, FORESTRY AND FISHERIES

HARMFUL MATERIAL





Contents



발간사..... 5

제1장 유해물질 편람

I. 잔류농약 8

1. 농약 개요 8
2. 농약의 위험평가 11
3. 농약잔류허용기준 설정 16
4. 주요 농약의 특성..... 20
 - 1) 유기염소계 20
 - 2) 유기인계 32
 - 3) 카바메이트계 48
 - 4) 피레스로이드계 57
 - 5) 디카복시미드 62
 - 6) 스트로빌루린 65
 - 7) 트리아졸 68
 - 8) 파클로부트라졸 69
 - 9) 기타..... 71
5. 관련기관 및 전문가 목록 78

II. 동물용의약품 80

1. 동물용의약품 개요 80
2. 동물용의약품의 위험평가 83
3. 동물용의약품 잔류허용기준 91
4. 주요 동물용의약품의 특성..... 96
 - 1) 니트로퓨란제 96
 - 2) 클로람페니콜 99
 - 3) 카바독스 100
 - 4) 말라카이트 그린 101
 - 5) 배합사료 첨가용 항생·항균제 102
 - 6) 성장촉진호르몬제 107
 - 7) 소 성장호르몬 110
5. 관련기관 및 전문가 목록 111

III. 식품첨가물 112

1. 식품첨가물 개요 112

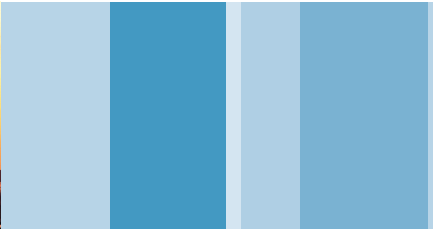
2. 식품첨가물의 위험평가112
3. 식품첨가물의 안전관리114
4. 주요 식품첨가물의 특성.....118
 - 1) 아질산나트륨118
 - 2) 보존료119
 - 3) 산화방지제122
 - 4) 아황산계 표백제126
 - 5) 인공감미료128
 - 6) 착색료131
5. 관련기관 및 전문가 목록137

IV. 중금속138

1. 중금속 개요138
2. 중금속 위험평가139
3. 중금속 기준설정139
4. 주요 중금속의 특성.....140
 - 1) 납(plumbum)140
 - 2) 카드뮴(cadmium)143
 - 3) 비소(arsenic)147
 - 4) 수은(mercury)150
 - 5) 구리(copper)155
 - 6) 아연(zinc)159
 - 7) 크롬(chromium)161
 - 8) 니켈(nickel)166
 - 9) 셀레늄(selenium)169
 - 10) 게르마늄(germanium)172
 - 11) 주석(tin)175
5. 관련기관 및 전문가 목록177

V. 병원성미생물178

1. 병원성 미생물 개요.....178
2. 병원성미생물의 위험평가186
3. 병원성 미생물 적정보호수준(ALOP)189
4. 주요 병원성미생물의 특성.....196
 - 1) 식중독 세균196
 - (1) 살모넬라균(Salmonella spp.)196



- (2) 병원성 대장균(pathogenic Escherichia coli)197
- (3) 리스테리아(Listeria monocytogenes)200
- (4) 황색포도상구균(Staphylococcus aureus)202
- (5) 캄피로박터(Campylobacter jejuni/coli)203
- (6) 클로스트리디움 보툴리눔(Clostridium botulinum)204
- (7) 클로스트리디움 퍼프린겐스(Clostridium perfringens)204
- (8) 장염비브리오(Vibrio parahaemolyticus)205
- (9) 예시니아 엔테로콜리티카(Yersinia enterocolitica)207
- (10) 바실러스 세레우스(Bacillus cereus)208
- (11) 엔테로박터 사카자키 (Enterobacter sakazakii)209
- 2) 바이러스.....210
 - (1) 노로바이러스.....210
 - (2) 로타바이러스211
- 3) 기생충(원충)212
 - 1) 톡소프라즈마(Toxoplasma gondii).....212
 - 2) 크립토스포리디움(Cryptosporidium parvum)212
- 5. 관련기관 및 전문가 목록213

- VI. 곰팡이 독소**216
 - 1. 곰팡이독소 개요216
 - 2. 곰팡이독소 위험분석217
 - 3. 곰팡이독소 허용기준220
 - 4. 독소별 특성222
 - 1) 맥각독222
 - 2) 아플라톡신223
 - 3) 오크라톡신228
 - 4) 제날레논228
 - 5) 파툴린233
 - 6) 황변미독234
 - 7) 퓨모니신235
 - 8) 데옥시나발레논238
 - 5. 관련기관 및 전문가 목록240

- VII. 인수공통전염병**.....241
 - 1. 인수공통전염병 개요241
 - 2. 인수공통전염병별 특성.....246
 - 가. 탄저(Anthrax).....246

Content

나. 브루셀라병 (Brucellosis)	248
다. 결핵(Tuberculosis)	252
라. 조류인플루엔자(Avian Influenza)	255
마. 소 해면상뇌증	257
(Bovine Spongyform Enterophallophathy)	
3. 관련기관 및 전문가 목록	260
VIII. 자연독	262
1. 자연독 개요	262
2. 주요 자연독의 특성	263
가. 식물독	263
1) 버섯독	263
2) 시안배당체	267
3) 솔라닌	270
4) 그라야노톡신(Grayanotoxin)	272
나. 어패류독	275
1) 복어독	275
2) 패류독	285
IX. 기타	304
1. 방사선	304
2. 아크릴아미드	319
3. 트랜스지방산	324
4. 다이옥신	332
5. 멜라민	341
제2장 농식품안전관리 현황과 과제	357
1. 식품안전 여건의 변화	358
2. 식품위험과 식품사고	359
3. 농식품 안전관리 현황	362
4. 농식품 안전관리 개선방안	368
〈참고〉 과학적인 식품안전관리	378
〈색인목록〉	383

발간사



“식품산업은 신뢰산업”입니다. 식품산업의 발전은 소비자의 믿음에서 시작되기 때문입니다.

농림수산식품부는 “농장에서 식탁까지, 국경에서 가정까지 안전한 먹을거리 공급”을 목표로 식품행정을 추진하고 있습니다.

한국보건산업진흥원의 조사에 따르면 우리나라 국민이 식품으로부터 섭취하는 잔류농약의 양은 국제기구에서 권고하고 있는 섭취허용량의 0.05%미만, 중금속은 15%미만으로 우리나라의 먹을거리는 매우 안전한 수준에 이르렀습니다.

이렇게 안전성이 높아진 데는 생산자인 농어업인·식품기업과 학계·언론계·소비자단체 등 모두의 노력 덕분입니다.

급변하는 국내외의 여건 변화에 대응하여 국민에게 안전한 먹을거리를 제공하기 위해 농림수산식품부에서는 과학적이고 효율적인 안전관리 체계를 구축해 나가고 있으며,

특히, 식품 위해정보의 공개와 안전관리에 소비자의 참여를 확대하여 식품행정에 대한 국민의 신뢰를 높여 나갈 것입니다.

식품안전에 관한 정확한 정보제공의 일환으로 농식품에 문제가 될 수 있는 주요 유해물질의 편람을 제작하였습니다.

이 편람에는 유해물질별 특성, 건강에 미치는 영향, 기준설정 방법과 감염되었을 때의 증상과 예방법 등이 수록되어 있습니다.

다소 전문적인 내용이기에는 하나 이 책이 널리 활용되어 언론·방송인을 비롯한 국민 여러분의 식품안전에 대한 이해가 한층 높아지기를 기대합니다.

농림수산식품부

식품산업정책담당장 방 문 규

MINISTRY FOR FOOD, AGRICULTURE, FORESTRY AND FISHERIES



01

유해물질 편람

- I. 잔류농약
- II. 동물용의약품
- III. 식품첨가물
- IV. 중금속
- V. 병원성미생물
- VI. 곰팡이독소
- VII. 인수공통전염병
- VIII. 자연독
- IX. 기타

1. 잔류농약

1. 농약 개요

생산기술의 발달과 유용한 농자재 개발 덕분에 우리는 사시사철 먹을거리의 풍요 속에 살고 있다.

농자재 중 농약은 아주 중요한 위치를 차지한다. 농약은 작물 재배 중에 발생하는 병해충과 잡초를 방제하거나 작물의 생육을 조절하여 우수한 농산물을 안정적으로 생산해 내고, 수확한 농산물의 품질을 유지하기 위해 인위적으로 사용하는 물질이다.

농약은 미생물, 곤충, 잡초 등 생명체를 제어하는 기능을 가지고 있기 때문에 크고 작은 독성을 지니고 있으며, 크게 천연에 존재하는 물질을 가공한 생물농약과 화학적으로 합성한 화학농약 두 가지로 분류할 수 있다.

또한, 농약의 독성은 일시적인 노출에 의해 중독을 일으키는 급성독성과 오랫동안 노출되어 일정기간이 지나서 이상 증상을 나타내는 만성독성으로 나눈다.

우리나라에 등록되어 있는 농약제품 대부분은 저독성으로 분류되는 낮은 독성을 갖고 있으나 병충해 방제 후 농산물에 잔류하는 농약은 소비자를 불안하게 하는 요인이기도 하다.

농약 살포 작업시 일으키는 농약중독이나 농산물에 기준이상의 농약이 잔류하는 것은 대부분 농업인의 취급이나 사용의 부주의에 의해 발생된다. 농업인은 농약 취급 및 사용에 있어서 준수사항을 지킴으로서 농업환경을 보존하고 안전한 농산물을

생산하기 위한 노력이 필요함과 동시에 소비자 또한, 잔류농약에 대한 막연하게 불안해하기 보다는 올바르게 이해하기 위한 노력이 필요하다.

1) 농약의 분류

농약은 사용목적에 따라 살균제, 살충제, 제초제, 식물생장조정제로 분류하며 제조하는 형태에 따라 유제, 수화제, 액제, 수용제, 액상수화제, 분제, 입제, 정제, 훈증제, 훈연



제 등으로 분류한다. 최근에는 이들 기존 제형의 단점을 보완하여 수송의 편의성, 사용의 용이성 등을 개선한 새로운 제형들이 등장하고 있다.

또한, 농약의 성분의 유래에 따라 무기농약, 미생물농약, 생화학(천연유기)농약, 화학(유기합성)농약으로 구분할 수 있고, 또한 농약의 화학적 활성기에 따라 유기인계, 유기염소계, 카바메이트계, 피레스로이드계 등으로 구분할 수 있다.

농약은 작물에 사용함과 동시에 햇빛, 미생물등에 의해 분해되는데 그 속도는 구성성분의 화학구조 특성과 환경조건에 따라 각각 다르다. 농약의 토양중 잔류 정도에 따라 구분을 하면 아래와 같다.

| 농약의 급성독성구분 |

잔류성	잔류기간 (반감기)	화학적분류	예 시
고분해성	1~30일	유기인제, 카바메이트제	Carbaryl, Malathion, Parathion, Parathion-methyl, 등
보통분해성	30~100일	-	2,4-D, Atrazine 등
저분해성	100~180일	-	Bromacil, Tebuconazole
잔류성	180일 이상	유기염소제	Aldrin, BHC, Camphechlor, Chlorodane, DDT, Eldrin, Heptachlor

농약을 사용하는 농민의 안전을 도모하기 위하여 급성독성을 단계별로 분류하여 관리하고 있으며 우리나라에서는 세계보건기구(WHO)가 권장하는 분류방법에 따라 유효성분이 아닌 농약제품의 독성정도에 따라 구분하는 방법을 채택하고 있다.

급성독성에 따른 구분은 제품농약의 실험동물의 반수치사량(Lethal Dose 50%, LD50)을 기준으로 하며, 농약의 물리적 상태에 따라 액체와 고체로 나누어 나타낸다.

1. 잔류농약

2008년 말 우리나라 등록된 농약 1,287개 품목을 급성독성으로 분류해보면 다음과 같다.

농약의 급성독성구분

구분	LD50(mg/kg)				농약 품목수 (비율, %)
	급성경구		급성경피		
	고체	액체	고체	액체	
I 급 (맹독성)	5 미만	20 미만	10 미만	40 미만	- (0)
II 급 (고독성)	5 이상	20 이상	10 이상	40 이상	16 (1.3)
	50 미만	200 미만	100 미만	400 미만	
III 급 (보통독성)	50 이상	200 이상	100 이상	400 이상	169 (13.1)
	500 미만	2000 미만	1000 미만	4000 미만	
IV 급 (저독성)	500 이상	2000 이상	1000 이상	4000 이상	1,102 (85.6)

한편 수생생태계의 생물인 어류에 대한 급성독성을 표시하기 위하여 어독성을 구분하는데 제품농약의 유효성분 농도가 실험대상 잉어 개체 반수를 치사시키는 농도 (Lethal Concentration 50%, LC50)을 기준으로 한다.

농약의 어독성 구분

구분	LC50(ppm, 48시간)	농약품목수 (비율, %)
I 급	0.5 미만	213 (16.6)
II 급	0.5 이상 - 2 미만	190 (14.8)
III 급	2 이상	884 (68.7)



2. 농약의 위험평가

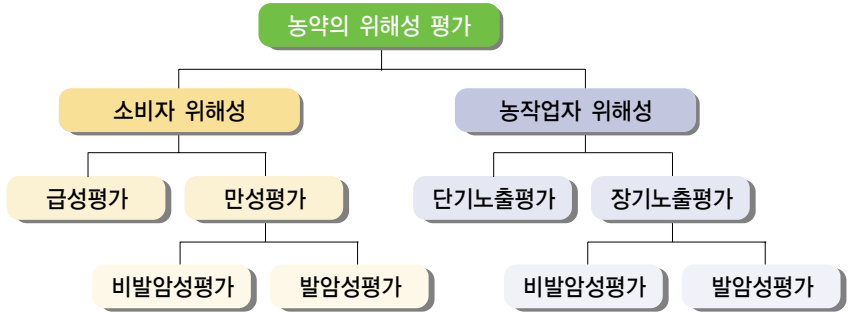
농약의 위해성평가는 크게 보면 인축에 대한 위해성과 환경생태에 영향에 대한 평가로 나눌 수 있다.

인축에 대한 안전성을 평가하기 위해서는 노출경로, 노출기간 등을 고려하여 급성독성, 피부 및 안구자극성, 단기간 반복노출 시험, 만성독성시험, 발암성, 기형독성 및 번식독성, 유전독성, 그 밖에도 동물대사, 생체 영향에 대한 독성시험 성적 등이 있어야 가능하고, 독성 시험성적의 신뢰성도 인정되어야 한다. 농약의 위해성평가는 일반적으로 유해성확인(hazard identification), 용량반응평가(dose-response assessment), 노출평가(exposure assessment) 및 위해성결정(risk characterization)의 4단계로 수행되고 있다.

유해성확인인 다양한 독성시험을 통하여 인축 및 환경생물에 미치는 잠재적인 영향을 알아내는 것이며, 용량반응 평가는 인체에 노출되므로 위해할지도 모르는 가능성을 정량적으로 설명하기 위한 것이다. 이 단계에서는 독성을 보이는 최저약량(Lowest Observed Adverse Effect Level, LOAEL), 최대무작용량(No Observed Adverse Effect Level, NOAEL), 인체에 대한 영향농도 등을 결정한다. 노출평가는 소비자 및 작업자에 대한 영향을 평가하는 것이며, 소비자에 대한 노출량 산정은 농산물 중 농약의 잔류량, 1일 식품섭취허용량(Acceptable Daily Intake, ADI), 작물별 농약잔류허용량(Maximum Residue Limit, MRL), 국민평균체중 등을 이용하여 산출한다. 4번째 단계인 위해성결정에서는 유해성확인, 용량반응평가 및 노출량평가를 종합하여 위해성을 결정하는 과정이다. 여기서 인체에 대한 위해성평가를 항목별로 보면 그림 1과 같이 구분할 수 있다. 소비자 위해성평가는 급성(acute) 및 만성(chronic) 위해성평가로 구분되며, 만성소비자 위해성평가는 비발암성(non-cancer) 및 발암성(cancer)으로 구분하여 평가한다. .

1. 잔류농약

| 농약의 소비자 및 작업자 위해성평가 |



1) 1일 섭취허용량(ADI, ARfD)의 설정

농산물의 소비자에 대한 안전성 확보를 위해서는 우선 대상 농약의 1일 섭취허용량(ADI)을 구하여야 한다. ADI는 만성독성, 발암성 및 2세대 번식독성 시험성적 등으로부터 최저영향약량(endpoint가 분명하게 영향을 보이는 최저 약량)을 설정하여 아래 표1과 같은 요인을 고려한 안전계수를 적용하여 설정한다.

안전계수의 설정은 ADI 설정시 이용되는 독성시험성적서의 종류, 선정된 약량, 독성의 심각성, 이용하는 데이터의 신뢰성 등에 따라 선정하게 된다. 통상 이용되는 안전계수로는 동물로부터 사람으로 외삽(Interspecies)에 대한 10×(SFA), 사람간의 감수성 차이로 인한 안전계수 10×(SFH)를 적용한다. 추가 안전계수로는 다음 표1과 같으며 ADI 설정에 이용되는 독성시험성적서의 종류, 선정된 약량 등에 따라 해당되는 항목의 안전계수를 곱하여 정하되 3,000이 넘는 것은 사용하지 않고 재시험 또는 보다 정교한 시험성적을 입수하여 재평가하여야 한다.



| ADI 설정시 적용되는 안전계수(Safety Factor) |

안전계수		적용시기
약어	적용수치	
SFA	10×	동물시험데이터를 사람에 적용(Interspecies)
SFH	10×	사람간 감수성의 차이 고려(Intraspecies)
SFL	10×	NOEL 대신 LOEL 사용
SFDB	10×	독성 data base
SFS	10×	만성독성시험 대신 아급(만)성 독성시험성적 이용
SFC	10×	어린이 감수성이 높을 때 적용

ADI는 만성적인 노출을 고려한 허용수치이기 때문에 일시적 사고에 의해 단기적인 노출되었을 때의 평가를 위해 ARfD(acute reference dose)를 설정한다. ARfD는 ‘음식물 또는 음료 등을 통해 체내로 유입되었을 때 24시간 이내의 시간에 건강상 위해를 감지할 수 없는 수준의 물질의 양’을 말한다. ARfD도 ADI 설정과 유사한 방법으로 설정하지만 사용하는 독성시험성적이 아급성 경구독성이나 기형독성의 NOAEL에 안전계수를 적용하여 설정하는 것이 일반적이다.

2) 급성소비자 위해성평가(Acute dietary risk assessment)

어떤 농약이 한 번의 노출로도 인체에 영향을 미칠 수 있다면 그 농약에 대한 소비자 위해성평가는 하루 또는 단기간 동안에 섭취하는 식품에 잔류된 농약량으로 위해성평가를 수행해야 할 것이다. 이때 필요한 위해성평가가 급성소비자 위해성평가이다.

급성소비자 위해성평가에 사용되는 독성시험은 급성신경독성, 기형독성 등이며, 평가에 사용되는 주요 독성시험 항목은 아래와 같다.

1. 잔류농약

| ARfD 설정시 이용되는 독성시험별 빈도 |

(US/EPA)

시험 항목	이용빈도(%)
급성 신경독성(Acute neurotoxicity), 랫드	30
기형독성(Developmental), 랫드	30
기형독성(Developmental), 토끼	22
아급성독성(Subchronic), 개	7
특별시험(Special studies)	4
아급성독성(Subchronic), 랫드	1
아급성신경독성(Subchronic neurotoxicity), 랫드	1
번식독성(Reproduction) 등 6항목,	<1 ~ 1

급성소비자 위해성평가는 하루의 식사로 인해 섭취된 평가대상 농약량과 급성신경독성, 기형독성 또는 아급성독성 중 가장 낮은 NOAEL로 산출된 ARfD와 비교하여 안전성여부를 평가한다. 급성소비자 위해성평가에서는 계절적인요인, 연령대, 국민의 식품섭취 형태, 성별 등을 잘 고려해야하고, 동일 개체군 간에도 소비자에 따라 식품섭취량이 다르기 때문에 식사량의 분포에서 95% 극단소비자가 섭취하는 양으로 위해성을 평가하도록 한다. 평가방법은 농약노출량/ARfD 비가 1.0을 초과하면 규제하여 1.0이하로 관리하여야 한다. 우리나라에서는 급성소비자 위해성평가를 일반적으로 수행하고 있지는 않지만 앞으로는 만성 소비자 위해성평가와 함께 필수적으로 수행해야 할 분야이다. 최근에는 작업자 및 거주자에 대한 급성위해성도 평가도 노출시나리오에 따라 동일한 개념으로 평가되고 있다.

3) 만성소비자 위해성평가(Chronic risk assessment)

농약이 살포된 식품을 섭취하는 사람들은 간접적으로 평생 농약을 섭취하게 된다. 이와 같은 노출을 만성노출이라 하고, 이때에 수행하는 위해성평가가 만성소비자 위해성평



가이다. 만성소비자 위해성평가에는 암을 일으키지 않는 농약은 비발암 위해성평가를 수행하고, 실험동물에서 암을 유발하는 농약일 경우 발암 위해성평가를 수행한다.

4) 비발암성평가(non-cancer risk assessment)

암을 일으키지 않는 농약을 대상으로 음식을 통해 하루 평균 섭취된 농약량과 ADI와 비교하여 ADI의 몇 %를 섭취하는가를 산출하여 평가하는 것이다. 소비자에 대한 위해성평가라 함은 일반적으로 이 경우를 의미한다. 평가기준은 농산물을 통한 농약섭취량/ADI 비가 80%를 초과하지 않도록 관리하고 있으며, 80%를 초과할 때는 적절한 규제를 취하여 사용량을 줄이거나, 적용 작물 삭제 등을 통하여 안전성을 확보하고 있다. 나머지 20%는 음용수 등 기타 요인으로 할당하여 평가한다. 이때 사용되는 독성성적의 이용 빈도는 표3과 같다.

5) 발암성평가(Cancer risk assessment)

평가대상 농약이 실험동물을 이용한 발암성시험에서 암을 일으키는 경우는 발암위해성 평가를 수행한다. 발암성 농약에는 유전독성을 일으키는 농약과 유전독성을 일으키지 않는 농약으로 구분하여 평가하는 것이 일반적인 원칙이다. 유전독성을 일으키는 경우는 비임계 발암위해성평가(Non-threshold cancer risk assessment) 방법으로 평가한다. 이 방법은 식이섭취를 통한 농약섭취량에 대상농약의 발암지수인 Q1*(US/EPA)를 곱하여 발암위해도를 산출한다. 발암위해도가 1×10^{-6} 이하이면 발암위해성이 없는 것으로 평가하며, 그 이상이면 위해성경감조치가 필요하게 된다. 그러나 이 경우 대부분 등록을 보류한다.

1. 잔류농약

1 ADI 설정시 이용되는 독성시험별 빈도 1

(US/EPA)

시험 항목	이용빈도(%)
만성독성(Chronic), 개	36
만성독성(Chronic), 랫드	36
번식독성(Reproduction), 랫드	7
아급성독성(Subchronic), 개	6
만성독성(Chronic), 마우스	5
아급성독성(Subchronic), 랫드	5
만성독성(Chronic), 원숭이	1
특수독성시험(Special studies)	1
급성신경독성(Acute neurotoxicity) 등 5항목	<1 ~ 1

유전독성을 일으키지 않고 발암기전이 알려져 있으며 발암 임계농도(threshold)가 존재하는 경우는 MOE(margin of exposure)평가를 하게 된다. MOE 평가는 발암성 NOAEL, BMD¹⁾, PoD²⁾ 등을 인체에 대한 노출량 비율로 평가하고, 평가식은 NOAEL(BMD, ED10³⁾, PoD)/exposure로 나타내며, 평가결과 MOE가 100보다 크면 안전하고 100보다 작으면 규제 조치를 강구해야 한다. 지금까지 발암성이면서도 등록이 가능했던 농약이 대부분 여기에 속하는 물질이다. 이와 같은 농약의 위해성평가는 암을 유발하는 발암기전이 확실하게 밝혀져야 하고, 인체에 영향이 없거나 무시할 수 있는 영향이라는 설명이 되어져야 한다.

3. 농약잔류허용기준 설정

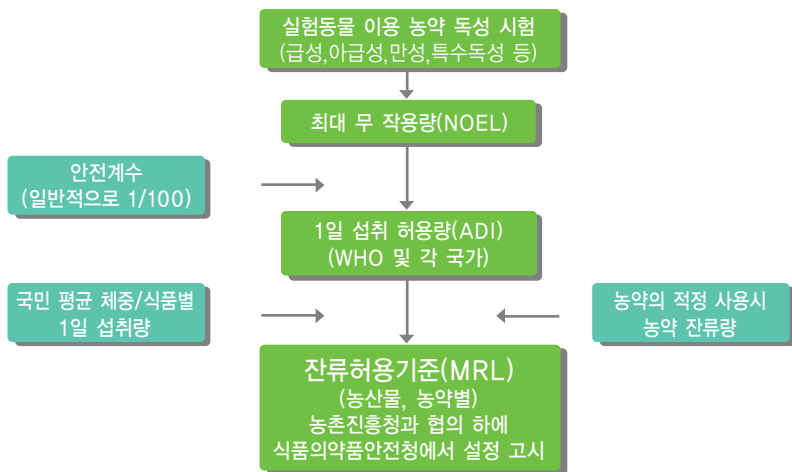
- 1) Bench Mark Dose : US/EPA에서 비발암 및 발암 용량반응평가를 위해 개발한 수학적 모델로 기존의 NOAEL/LOAEL을 근거로 한 평가방법보다 더욱 정량화된 대체평가방법이다. BMD를 사용하여 평가할 때는 주로 BMD의 95% 신뢰한계의 낮은 쪽인 BMDL을 사용한다.
- 2) Point of Departure : 인체에 대한 위해성을 외삽할 때 단순한 유해 시발점을 의미하며, NOAEL이나 BMDL로 대신할 수 있다.
- 3) ED10 : 암과 같은 독성적인 영향을 10% 일으키는 약량을 의미하며, 위해성평가에 적용할 때는 LED10(95% 신뢰한계의 낮은 쪽)을 이용하게 된다.



농약잔류허용기준(Maximum Residue Limit, MRL)이란 농산물 중에 남아있는 농약 성분을 사람이 일생동안 먹어도 과학적으로 아무런 해가 없는 수준의 양을 법적으로 허용하는 기준량을 말한다. 즉 앞서 설명한 농약의 위험평가를 사전에 실시하여 소비자의 건강을 확보할 수 있는 수치를 정하는 것이다.

농산물의 국제 교역시 각국에서 공통적으로 적용할 수 있는 MRL은 국제식품규격위원회(Codex Alimentarius Commission, CAC)에서 설정한다. 이 기구는 전 세계적으로 통용될 수 있는 식품규격을 제정하여 식품으로 인한 위해를 방지하고 식품의 교역을 원활하게 하기 위해 FAO와 WHO가 합동으로 발족한 기구이며 잔류농약 기준설정을 위해 그 산하에 잔류농약전문가회의(Joint FAO/WHO Meeting of Experts on Pesticide Residues, JMPR)와 각국의 대표로 구성되는 잔류농약분과위원회(Codex Committee on Pesticide Residues, CCPR)를 두고 있다. Codex에서 정하는 MRL은 국제 교역에서 문제가 될 수 있는 공통규격의 기준으로 모든 농약을 다 커버하는 것은 아니다. 또한 각 국가마다 작물의 재배환경, 경작조건, 사용농약 등이 차이가 있으므로 당연히 MRL도 국가마다 차이가 있다.

| 잔류농약의 식품을 통한 섭취 안전성 평가체계 |



1. 잔류농약

MRL을 설정하기 위해서는 ①농약의 1일섭취허용량(ADI) ②우리나라 사람이 섭취하는 식품(농산물)별 섭취량 ③작물을 재배하는 조건에서 병해충 방제를 위해 적정하게 농약을 사용하여 수확한 농산물중의 농약 잔류량을 분석한 시험데이터를 필요로 하며 이들 자료를 그림과 같은 평가단계를 거쳐 기준을 설정하게 된다.

농산물을 통해 섭취할 수 있는 이론적인 최대량(TMDI, Theoretical Maximum Daily Intake)⁴⁾이 ADI의 80%를 초과하지 않도록 MRL을 정하는 것이 원칙이다. 나머지 20%는 음용수, 동물성식품 등 다른 요인에 의해 섭취한다고 가정한다.

우리나라에서는 식품위생법에 근거하여 식품의약품안전청에서 MRL을 정한다. 2008년말 현재 399종의 농약성분과 대부분의 농산물에 대하여 MRL이 설정되어 있고, 기준이 정해져 있지 않는 농산물에 대해서는 식품군의 분류표에 의한 최소기준을 잠정기준으로 적용하고 있다.

잠정기준의 적용 순서는 ①해당 농산물에 대한 CODEX MRL 적용 ②CODEX MRL이 없으면 우리나라 MRL에서 해당 농약 잔류기준 중 유사한 농산물(유사농산물은 표의 농산물의 분류중 동일 대분류군에 속한 품목을 말한다. 다만, 견과종실류, 과실류 및 채소류에 한해서는 소분류를 우선 적용한다)의 최저기준을 적용 ③여기에도 해당되지 않는 경우에는 전체 농산물중 최저기준을 적용하게 된다.

농산물 분류 기준표

대분류	소분류	농산물
곡류	-	쌀, 보리, 밀, 메밀, 조, 수수, 옥수수, 귀리, 호밀, 고량미, 울무, 기장, 피, 퀴노아, 트리티케일 등
서류	-	감자, 고구마, 토란, 마, 카사바(타피오카), 구약 등
콩류	-	대두, 녹두, 완두, 강낭콩, 동부, 팥, 참두, 피전피, 리마콩, 이집트콩, 그린콩, 검정콩, 렌즈콩 등



대분류	소분류	농산물
견과 종실류	견과류	밤, 호두, 은행, 잣, 땅콩, 아몬드, 피칸, 케슈너트, 개암, 마카다미아, 피스타치오, 도토리 등
	종실류	참깨, 면실, 해바라기씨, 호박씨, 들깨, 흑임자(검정깨), 올리브, 달맞이꽃씨, 목화씨, 유채(카놀라)씨, 팜, 홍화씨 등
과실류	이과류	사과, 배, 감, 모과, 석류 등
	감귤류	밀감, 오렌지, 자몽, 레몬, 유자, 라임, 금귤, 탕자, 시트론 등
	핵과류	복숭아, 대추, 살구, 자두, 매실, 체리, 넥타린, 앵두 등
	장과류	포도, 딸기, 무화과, 오디, 월귤, 커런트, 베리, 구기자 등
	열대 과일류	바나나, 파인애플, 키위(참다래), 아보카도, 파파야, 대추야자, 망고, 구아바, 코코넛 등
채소류	엽채류	배추, 양배추, 상추, 양상추, 시금치, 들깻잎, 썩갓, 아욱, 근대, 머위, 무(열무 포함, 잎), 취나물, 고춧잎, 참나물, 케일, 브로콜리, 청경채, 갓, 냉이, 치커리(잎), 앤디브, 파슬리, 호박잎, 신선초, 고추냉이(잎), 비름나물, 썸바귀, 우엉잎 등
	엽경채류	파, 부추, 미나리, 고구마줄기, 토란줄기, 고사리, 아스파라거스, 셀러리, 죽순, 콜라비, 원추리, 두릅, 달래, 고비, 풋마늘(마늘종 포함), 돌나물 등
	근채류	무(뿌리), 양파, 마늘, 당근, 생강, 연근, 우엉, 도라지, 더덕, 비트(사탕무), 순무, 파스닙, 야콘, 고추냉이(뿌리), 치커리(뿌리) 등
	과채류	오이, 호박, 토마토, 고추, 피망(파프리카 포함), 가지, 참외, 수박, 멜론, 오코라, 풋콩 등
버섯류	-	느타리버섯, 송이버섯, 표고버섯, 양송이, 싸리버섯, 팽이버섯, 목이버섯, 영지버섯, 새송이버섯 등
차	-	차
인삼	-	인삼(장뇌삼 포함)
호프	-	호프
기타 식물류	-	겨자, 후추, 카레, 백미후추, 커피원두, 카카오원두 등

1. 잔류농약

MRL 설정에 사용되는 작물잔류성적은 표준영농지침에 따라 작물을 재배하면서 작물에 발생하는 병해충을 방제하기 위하여 농약을 살포했을 때 수확물 중에 잔류되어 남아 있는 농약의 양이다.

앞서 설명했듯이 MRL은 해당 농약이 사용되는 모든 농산물에 농약이 잔류허용 기준치만큼 남아 있다는 가정 하에 그 양이 ADI를 초과하지 않도록 정하기 때문에 실질적으로 유통되는 모든 농산물에 MRL 수준으로 남아 있을 가능성도 희박하고 또한 소비자가 해당되는 모든 농산물을 하루 내에 먹을 가능성도 적다. 이와 같은 원리에서 볼 때 MRL은 유무해의 판정기준이라기 보다는 농산물의 안전관리를 위한 규제기준이다.

식품의약품안전청에서 2001년부터 2008년까지 시중에 유통되는 농산물중 잔류농약을 분석하여 검출율 및 잔류허용기준 초과율을 보면 다음과 같다. 그 내용을 살펴보면 거의 대부분이 농약별로 정해져 있는 적용대상이 아닌 작물에 농약을 사용하여 부적합이 된 사례이다. 특히 2008년도에는 쌀, 옥수수, 완두, 밤, 밀감, 레몬, 파인애플, 상추, 근대, 양파, 고구마줄기, 우엉, 피망, 호박, 양송이버섯(총 15품목)에 대해 220여종의 농약성분을 대상으로 1,064건을 분석하였으나 기준을 초과한 경우는 1건에 불과했다.

1 잔류농약 모니터링(2001 ~ 2008) 1

(식품의약품안전청)

구분	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
검출율(%)	12.2	8.8	16.8	11.8	5.0	27.3	24.7	12.1
부적합율 (%)	0.8	4.2	1.2	3.2	1.8	2.7	2.1	0.1

4. 주요 농약의 특성

1) 유기염소계(Organochlorine)

유기염소계 살충제는 살충력이 강하고 적용범위가 넓으며, 저렴한 비용으로 대량생산



이 가능하지만, 저항성 해충의 유발, 유용천적의 살해, 어류독성, 인축에 대한 잔류독성 문제 등을 나타낸다.

유기염소계 농약은 dichlorodiphenylethane-, chlorinated cyclohexane, 그리고 chlorinated benzene-과 cyclohexane-관련 구조를 포함하는 세 개의 화학물질군에 속한 다양한 화학물질이며, 이들 대부분은 잔류성이 높고 생물농축계수가 높다. 유기염소계 농약의 이러한 특성 때문에 「잔류성오염물질에 관한 스톡홀름 협약」에서 잔류성 유기오염물질(POPs ; Persistent Organic Pollutants)로 부속서에 등재되어 있는 물질목록 12종 중에 9종이 포함되어 있다. 9종 농약 중 미렉스, HCB는 국내에 도입된 적이 없고, 국내에서 사용된 적이 있는 농약 7종(알드린, 디엘드린, 엔드린, 클로르데인, 헵타클로르, 톡사펜, DDT)은 30~40년 전에 「농약관리법」, 「유해화학물질관리법」에 의해 등록·취소되었고, 유통이 금지되었다.

유기염소계로 분류되는 농약중 현재 사용되고 있는 것들은 화학구조로 볼 때 할로겐족 작용기가 여러 개 포함되어 있는 경우로서 클로로니트릴계 chlorothalonil, 디페닐계 dicofol, 사이클로디엔계 endosulfan 등이 있다.

살충제나 제초제로 주로 이용되는 유기염소제는 일반적으로 유기인제에 비해 급성독성이 낮아서 급성중독사고는 적은 편이다. 그러나 잔류성이 크고 지용성이기 때문에 인체의 지방조직에 축적되므로 각국에서는 사용금지나 사용에 있어서의 조치를 강구하고 있다.

유기염소계 농약에 중독될 경우 중추신경 또는 말초신경에 작용하여 가축을 흥분 또는 마비시킨다. 중독의 초기 증상은 두통, 현기증, 전신 권태감, 메스꺼움, 구토 등이 있으나 중증이 되면 경련발작, 의식장해를 일으키며 방치하면 호흡마비에 의해 사망한다. 치료법은 진정제, 진경련제를 투여하는 방법이 있다.

일반적으로 경구적으로 농약을 섭취한 경우, 농약을 가능한 빨리 몸 밖으로 배출시켜야

1. 잔류농약

한다. 위세적을 한 후 흡착제를 투여하거나 설사, 이뇨제를 투여하거나 혈액투석을 실시하기도 한다.

• 유기염소계 농약의 독성 및 작용기전

유기염소계 농약은 생태계와 실험실동물 모두에서 강력한 에스트로젠 활성과 효소 유도 작용이 있다는 결정적인 연구결과가 있으며, 특히 DDT계 농약은 수정 능력과 번식에 직·간접적으로 영향을 미친다. 조류의 경우 이러한 저해작용은 스테로이드 대사와 관련이 있으며, 알 껍질이 동지에서 견딜 만큼 충분히 칼슘의 이동이 일어나지 않아 알 껍질이 깨지고 박테리아가 침입하여 발생중인 배자의 사망을 초래한다는 보고도 있다. 어류에서는 난황에 이러한 물질들이 농축되어 생식계의 부작용을 일으킨다. 많은 연구결과 이러한 화학물질들과 대사체가 체내에 점차 축적되고 서서히 배설된다고 한다. 유기염소계 화합물이 복미와 유럽에서는 금지되었음에도 불구하고 제 3세계와 개발도상국에서는 제조가 저렴하고, 효과가 높으며 대체물질이 거의 없고 위험성에 비하여 유익성이 상대적으로 상당히 높다는 점 때문에 농업용과 보건에 해충구제를 위하여 계속 사용하고 있다.

중독에 의한 사망이 거의 보고되지 않는 DDT와는 달리 cyclodien과 hexachlorocyclohexane계 살충제는 중독에 의한 사망이 많이 보고되어 있다. 염소화된 cyclodiene 살충제들은 가장 독성이 높고 환경 중 잔류하는 살충제로 알려져 있다. 낮은 용량에서도 이 화합물들은 덜 심각한 증상이 나타나기 전에 경련을 유발하는 경향이 있다. DDT와 다른 염소화 cyclodiene들의 중요한 차이점은 후자가 피부를 통하여 효과적으로 흡수되고 따라서 직업적으로 노출되는 개인에게는 충분히 유해할 수 있다. 이러한 화합물에 저농도로 장기간 노출되는 경우 중추신경계의 감각과 운동 부위에 걸친 광범위한 증후와 증상을 나타낸다. 알려진 신경독성 외에 aldrin과 dieldrin은 랫드와 개에서 생식을 방해하고 신생자의 사망률을 증가시킨다고 보고되었다. 임신한 마우스에 dieldrin을 투여한 결과 골화 지연, 늑골수의 증가와 같은 기형유발영향이 초래되었다.



유기염소계 화합물인 chlordecone (Kepone)을 제조하는 과정에서 부주의로 이 화합물과 이와 유사한 살충제인 mirex에 의해 미국 버지니아주의 Hopewell에 있는 공장에서 148명 중 76명의 노동자들이 심각한 신경성 증상을 초래하는 사건이 발생한 사례가 있다. 이는 "Kepone shake"로 알려졌는데, 진전, 보행이상, 행동변화, opsoclonus, arthralgia, 두통, 흥통, 체중감소, 간 비대, 비장 비대와 발기부전과 같은 증상이 특징으로 나타나며, 일반적으로 처음 노출 후 30일 이내의 잠복기를 지나 나타나며 노출을 중지한 후에도 몇 달간 지속된다고 한다. 실험실적 연구결과 정자수의 감소와 정자 운동성 감소가 보고되었다. Chlordecone의 주요한 많은 독성증상들은 동물 실험에서 확인되었는데, 주요 독성 표적 장기는 중추신경계, 간, 부신과 고환이다. 다른 유기염소계 살충제와 마찬가지로 chlordecone은 간 종양과 간 이외의 장기에서 나타난 악성 종양의 형성과 관련되어 있으며, 암컷이 수컷보다 더 민감하다고 한다. Mirex는 특히 수컷에서 간 비대를 유발하고 용량이 늘어남에 따라 종양성 결절과 간암유발 가능성이 커진다.

식품 중 유기염소계 농약의 농축과 축적 현상은 이미 잘 알려진 사실로서, 일단 화학물질이 생체내에 들어오면 생체내 대사는 예외적으로 느리게 진행되는데 그 이유는 부분적으로 복잡한 aromatic ring 구조와 염소가 치환된 정도 때문이다. 이는 이러한 ring 구조가 생체내 조직 중 효소에 의해 제거되기가 극히 어렵기 때문이다.

지방/물 분배계수가 높아 지용성인 유기염소제는 지방 함량이 높은 체내 장기(간, 신장, 신경계 및 지방세포)에 유입되어 일부 생리작용을 나타내거나 지방세포의 경우에는 저장된 상태로 남아있게 된다. 사람에게 대한 연구와 동물실험 결과 모두에서 DDT의 일일섭취량과 지방세포내 잔류량 사이에는 관련성이 있으며, 섭취량과 배설량 사이에는 평형상태가 되어 일정한 수준을 유지한다고 한다. 노출 중단 이후 유기염소계 살충제는 생체내에서 서서히 배설된다.

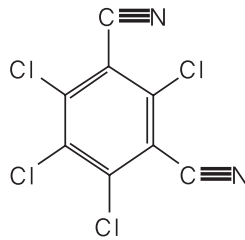
유기염소계 살충제의 물리화학적 특성을 고려해 보면, 이들 화합물이 모든 농작물에 광

I . 잔류농약

범위하게 사용되었던 1956년대와 1960년대에 사람 체내에 머무르게 되었다고 하는 것이 놀라운 일이 아니다. 지역, 사용의 정도, 직업적 그리고 사고에 의한 노출 및 식습관에 따라 사람의 지방세포에 DDT는 5ppm, 총 DDT-관련 화합물은 약 15ppm가 존재한다고 한다. 체내 지방조직에 유입된 다른 유기염소계 살충제의 농도는 DDT 만큼 높지 않다. 전 세계적으로 이러한 살충제의 사용감소 및 금지에 따라 이 살충제의 체내 축적이 서서히 감소하게 되었다.

유기염소계 중독에서 생명을 위협하는 상태는 중추신경계의 반복적인 자극에 의한 진전, 발작과 호흡장애(hypoxemia와 acidosis)이다. 일반적인 위세척과 함께 반복적으로 diazepam(0.3mg/kg, i.v.; 최대 10mg) 또는 phenobarbital(15mg/kg, i.v.; 최대 1.0g)을 경련 조절목적으로 천천히 투여한다

① 클로로탈로닐(Chlorothalonil)



클로로타로닐은 다코닐, TPN이라는 이름으로 사과, 감귤, 복숭아 등 다양한 과일류 및 땅콩, 토마토, 감자 등에 사용이 등록된 클로로니트릴계로 분류할 수 있는 살균제로서 1964년에 처음 보고된 비교적 오래된 농약이다. 작물 농약으로서 뿐만 아니라 집안의 해충 박멸용으로도 널리 쓰이는 클로로탈로닐은 미국에서 2번째로 널리 쓰이는 살균제로서 잔디에 쓰이는 비율이 전체 집안에서 쓰이는 비율의 31% 정도를 차지하며 기타 장미에 사용되는 비율이 23%로 그 뒤를 잇고 있다. 미국에서 만 매년 약 5,000여 톤이 사용된다. 클로로탈로닐은 비침투성 살균제로서 동물에는 비교적 독성이 낮아 LD50은 동물실험결과와 5~10g/kg 체중 정도이나 제형에 따라서는 눈과 피부접촉에 심각한 영향을 미칠 수 있다. 또한 인간의 간, 요도 및 방광 등에 암을 발생시킬 가능성이 있는 물질



이다. 클로로탈로닐은 체내에서 대사되지 않은 형태로 비교적 빨리 배출되어 낮은 농도는 24시간 이내 모두 배출되는 것으로 알려져 있다.

클로로탈로닐은 작물 수확 시 지상부에서 검출될 가능성이 있는데 실제로 미국의 경우 92년 농무성이 조사한 셀러리 시료의 약 32%와 강낭콩 7% 정도에서 클로로탈로닐이 검출되었으며 93년에는 셀러리 시료의 50% 및 강낭콩 시료의 12%에서 발견되었다. 강낭콩 시료 중 검출 빈도는 2년 후인 95년에는 14%로 더 늘어난 것으로 보고된 바 있다. 우리나라의 경우는 식약청의 국내 유통 농산물에 대한 모니터링 결과 2002년 농약이 검출된 84건 중 13건에서 검출되었으며 이중 8건은 부적합으로 판정된 바 있고, 2005년 깻잎에서 1건이 부적합 판정을 받았다. 또한 국립농산물품질관리원의 생산 및 출하단계 검사에 2006년 36, 2007년 30, 2008년 23건이 부적합으로 출하지연, 용도전환 및 폐기되었다.

클로로탈로닐의 ADI는 0.03mg/kg체중/day (JMPR)이며 물에는 잘 녹지 않고 xylene, cyclohexanone, acetone 등의 유기용매에 잘 녹는다. 대사체는 4번 위치의 염소가 알코올로 치환된 4-hydroxy-2,5,6-trichloroisophthal onitrile과 염소가 모두 떨어져나간 m-phthalodinitrile이 있으며 상온에서 안정하며 자외선이나 물 및 산성하에서도 안정하나, pH 9이상에서는 서서히 분해하는 것으로 알려져 있다.

현재 국내에 등록된 클로로탈로닐이 함유 농약품목은 29종이 있고 감귤, 매실, 배, 복숭아, 포도 등 과수류와 가지, 감자, 고추, 딸기, 땅콩, 마늘, 멜론, 배추, 참외 등 25작물이 등록되어 있다.

클로로탈로닐의 국내 농약잔류허용기준은 최저 0.05(아몬드, 카카오원두)에서 최고 7.0mg/kg(피망)이고, 기준이 없는 엽채소류는 잠정기준 5.0mg/kg을 적용받는다.

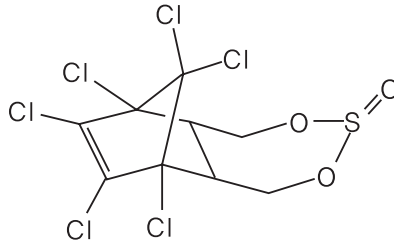
식품의약품안전청의 2006~2008년 유통농산물 잔류농약 모니터링 결과를 보면 잔류허용기준 초과 78건으로 여섯 번째로 부적합율이 높은 농약성분이었다.

1. 잔류농약

검출농약	건수	농산물(부적합횟수)
클로로타로닐	78	고춧잎(8), 깻잎(8), 상추(8), 배추(6), 쑥갓(6), 오이(6), 비름나물(5), 취나물(5), 부추(4), 셀러리(4), 시금치(3), 근대(3), 갓(2), 구기자(2), 파(2), 겨자(1), 꽃참(1), 마늘(1), 머위(1), 아욱(1), 치커리(1)

최근 3년간의 국립농산물품질관리원 생산 및 출하단계의 안전성조사결과를 보면 2006년 36, 2007년 30, 2008년 23건의 부적합 판정으로 출하연기, 용도전환 및 폐기 처리되었다. 잔류농약 분석은 다중농약 다성분 시험법에 따라 GC-ECD로 쉽게 분석할 수 있다.

② 엔도설판(Endosulfan)



엔도설판은 유기염소계 살충제로서 치오단(thiodan) 및 벤조핀(benzoepin)이라는 이름으로도 불리며, 작물 뿐 아니라 목재의 보존제로 사용하기도 한다. 냄새는 이산화황과 유사하며 갈색의 결정성 분말로서 초기에는 집파리를 비롯한 가정용 살충제로 쓰다가 농업용 살충제로 사용이 확대된 물질이다. 엔도설판은 물에 잘 녹지 않지만, 유기용매에는 잘 녹으나 알칼리에는 불안정하여 가수분해되기 쉽다. 수중에서는 부유물질과 침적토에 흡착되며 습한 토양 표면에서는 휘발 및 생물학적 분해가 활발히 일어나는데 반감기는 32~150일 정도로 추정된다.

엔도설판은 주로 식품에 의하여 사람에게 노출되며 체내로 흡입되면 구토, 설사, 현기증, 경련 및 호흡곤란을 일으키고 중추신경계를 자극하여 국부적인 마비를 초래하게 된다.



분해는 느려서 생물체에 노출될 경우 축적되는 내분비계장애물질이다.

엔도설판은 alpha형과 beta형 두 가지 이성체의 혼합물이며, 분해과정에서 sulfate형태로 대사된다. 식품공전의 농약 잔류허용기준에서는 상기 두 가지 형태에 sulfate형을 추가하여 합산 정량한다. 비침투성 농약으로서 ADI는 0.006 mg/kg체중/day (JMPR)이며 우리나라에서 분제는 저독성 그리고 유제는 고독성 농약으로 구분된다. 어독성의 경우는 제형에 상관없이 1급으로 벼 재배용으로는 사용할 수 없다.

2006년 7월에는 울산석유화학공단 근로자들이 식당에서 부추전을 먹고 15명의 사상자가 난 사건을 조사한 결과 밀가루로 오인한 엔도설판으로 부추전을 만든 것으로 들어났다.

농촌진흥청에서는 엔도설판 분제를 밀가루로 오인하지 않도록 하기 위해 포장지틀은 박지로 바꾸고 포장지에는 알아보기 쉽도록 '농약'이라는 글자를 붉은색 글씨로 크게 표기도록 하였으며, 제품에는 색소를 첨가하여 불의의 사고를 방지하도록 최대한의 예방조치를 취하였다.

국내에 등록된 품목은 2종으로 유제와 분제가 있으며, 무분별한 사용으로 특히 부적합 비율이 높기 때문에 안전성 강화조치로 2004년 11월부터 식용작물에 사용을 금지하고 있으며 담배, 뽕나무에만 사용하도록 되어 있다.

엔도설판은 GC-ECD에 의한 검출이 매우 용이한 농약으로 2007. 9월 식품의약품안전청에서는 CODEX의 MRL 정비에 맞춰 국내 MRL도 가지, 감자, 고구마, 고추 등 57개 농산물에 있던 기준을 가지, 고추 등 28개 농산물로 줄이고 기존의 수치도 1/2~1/10로 낮추어 최저 0.05에서 최고 0.2까지로 변경하였다.

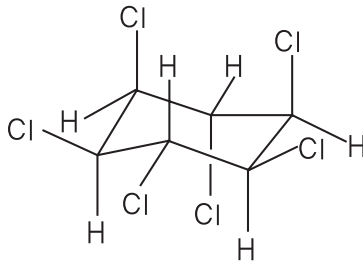
엔도설판은 국내 생산 및 유통 농산물에서 빈번히 검출되는 농약 중 하나로 최근 3년간의 식품의약품안전청 모니터링 결과를 보면 프로사이미돈에 이어 두 번째로 허용기준 초과사례가 많은 성분으로서 초과건수 1,772건중 181건으로 10.2%를 차지하고 있다.

1. 잔류농약

검출농약	건수	농산물(부적합횟수)
엔도설판	181	상추(27), 시금치(23), 부추(16), 깻잎(13), 미나리(13), 근대(11), 파(11), 고춧잎(8), 배추(7), 아욱(6), 참나물(5), 고추(4), 썩갓(4), 치커리(4), 갓(3), 무(3), 열무(3), 겨자(2), 냉이(2), 비름나물(2), 양송이(2), 취나물(2), 케일(2), 당귀(1), 당귀잎(1), 레드(1), 머위(1), 셀러리(1), 청경채(1), 표고버섯(1), 피망(1)

국립농산물품질관리원에서 수행중인 생산 및 출하단계 농산물 검사에서도 2003년 9, 2005년 37, 2006년 55, 2007년 134, 2008년 286건으로 아직도 재배 과정중에 엔도설판 농약을 남용하는 경향이 많다. 특히 2008년 부적합율이 증가된 이유는 2007년 잔류허용 기준을 정비하여 기준을 하향 조정하였기 때문이다. 잔류농약 분석은 다중농약 다성분 시험법에 따라 GC-ECD로 쉽게 분석할 수 있으며 α -, β -endosulfan, endosulfan sulfate를 합한 값으로 한다.

③ 감마 비에이치시(γ -BHC, γ -HCH, Lindane)



γ -BHC(hexachlorocyclohexane)는 린덴(Lindane)으로 불리우며 1949년 발견자인 네덜란드의 과학자 V.린덴의 이름을 딴 것으로 가메크산(gammexane)이라고도 한다. 화학 합성된 BHC의 원분말(原粉末)에는 7종의 이성질체가 있는데 그 중 γ -BHC가 99% 이상 함유된 살충제가 린덴이다. 린덴은 곰팡이 냄새가 나는 결정상(結晶狀)인 무색 또는 백색 분말로 산이나 중성에서는 안정하지만, 알칼리에서는 매우 불안정하여 가수



분해되어 PCCH(pentachlorocyclohexene)과 같은 탈염소화된 형태로 전환되기도 한다.

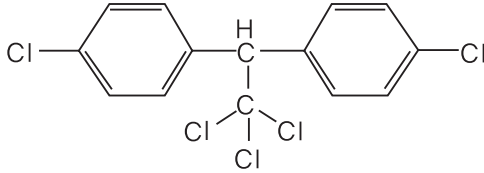
BHC 계통의 농약들은 69년에서 79년 사이 토양잔류성 문제로 우리나라에서는 모두 사용 금지되었으며 미국 등 많은 나라들이 금지하고 있는 농약이다. 린텐은 우천을 통해서 매우 쉽게 물 및 식품을 오염시킬 수 있으며 이를 섭취한 사람들에게 비록 낮은 수준이지만 축적을 일으킬 수 있다. 특히 유아의 경우 오염된 모유의 섭취로 인해 노출이 가능하며 장기적으로 노출되면 고열에 시달리고 폐부종을 일으키며 간과 신장의 손상을 가져올 수 있다. BHC의 모든 이성질체는 지방에 저장되며 더 쉽게 대사되고 제거되는 gamma 이성질체는 다른 이성질체보다 더 높은 비율로 저장된다. 쥐(랫드)실험 결과 린텐 40mg/kg을 단일용량으로 투여한 후 3~4일 이내에 약 80%정도가 배설된다고 한다.

1992년 5.5 mg/L의 린텐이 영국 남동부 Oxfordshire에서 내린 비에서 검출된 바 있으며 아직도 유럽과 거의 모든 개발도상국가 등에서 널리 사용되고 있다. 1990년에는 린텐 및 DDT에 오염된 찻개 8,156 bags(407,800 pounds)이 오염되어 McCormick & Company, Inc가 리콜을 단행한 적이 있다. 또한 최근의 사건으로는 2003년 8월 5일 인도 델리에서 팔리고 있는 12가지 상표의 소프트 드링크를 검사한 결과 펄시, 코카콜라, 마운틴 듀, 세븐업, 미란다 오렌지, 환타 및 기타 6가지 상표의 드링크류에서 32종의 농약이 검출되었다고 발표된 바 있으며 그중 린텐은 가장 높은 농도 0.0042 mg/L 및 12개 제품에서 평균 0.0021 mg/L가 발견되었다고 보도된 바 있다. 현재 이 문제는 2006년 후반 현재 제조 회사들과 농약 분석방법 검증 및 원인 등에 대한 논쟁 중에 있다.

린텐을 포함한 BHC계통은 α , β , γ , δ -BHC를 모두 합쳐 정량하며 농약잔류허용기준 또한 이들 이성질체들의 합으로 규정하여 0.1~0.2ppm 수준에서 설정되어있다. 1999년에서 2002년 사이 수입 농산물에서 검출된 건수는 약 6건에 이르고 있다. 잔류농약 분석은 다중농약 다성분 시험법에 따라 GC-ECD로 쉽게 분석할 수 있으며 α -, β -, γ -, δ -BHC를 합한 값으로 한다.

Ⅰ . 잔류농약

④ 디디테(DDT)



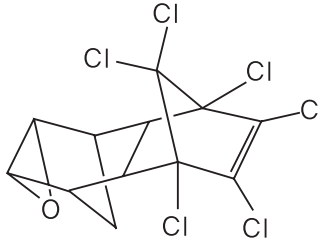
DDT(dichloro-diphenyl-trichloroethane)는 1874년 Zeidler에 의해 최초로 합성되었으나, J.R.Geigy AG에서 일하는 스위스의 화학자 Paul Muller가 1963년 의복의 이와 카펫의 진딧물에 대한 살충제로 재발견하게 되었다. 농작물과 집의 해충에 대한 DDT의 효과는 급속히 알려지게 되고 그는 이 결과로 노벨상을 받았다. 제 2차 세계대전 말 무렵 typhus전염을 막기 위하여 최초로 의약품으로 사용되었으며, 1943~1944년 겨울에는 기생충을 구제하기 위해 사람에게 직접 사용되기도 하였다.

고용량의 DDT를 사람과 동물에 투여하였을 때 혀, 입술, 얼굴의 감각이상, 불안, 외부 자극에 대한 과민성, 현기증, 현훈, 진정과 경련이 초래된다. 일반적으로 증상은 다량 노출 후 몇 시간(6~24시간) 후에 일어난다. DDT를 피부에 노출시켜서는 거의 독성이 일어나지 않는데 이는 아마도 피부를 통하여는 거의 흡수되지 않기 때문이며, 주입기구나 분무기를 부주의하게 다루어도 비교적 안전한 것으로 알려져 있다. 사람에게 10mg/kg 정도의 용량에서 독성을 유발할 수 있다고 추정되고 있으며 저농도의 DDT에도 만성적으로 노출되는 경우 독성이 약하게 나타날 수 있다고 한다.

DDT 중독의 기능적인 장애가 중추신경계에 대한 영향과 관련되어 있는 것으로 알려져 있으나 동물실험결과 중추신경계조직에서의 병리조직학적 변화는 거의 없다고 한다. 사람에서 DDT와 발암성과의 관련성을 보이는 역학조사 결과는 없다. DDT를 랫드에 투여하였을 때, 수컷에서 고환 크기가 감소하였고 암컷에서는 자궁의 부종과 혈액충만현상이 관찰되었다.



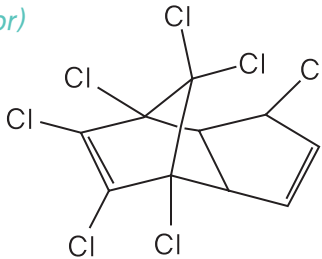
⑤ 디엘드린(Dieldrin)



디엘드린은 1949년 C. W. Kearns et al.에 의해 처음 소개된 살충제로서 HEOD라는 이름으로도 알려져 있다. 쉽게 분해되지 않는 농약으로서 메뚜기 및 *Glossina* 종의 열대 병원백터 등을 구제하는데 사용되었다. 또한 산업적으로 목재의 보존 및 불개미를 방지하기 위한 전기케이블의 처리 및 건물의 장애물 처리 등에 이용되었다.

곤충이 접촉하거나 섭취하므로써 독성이 나타나며 인축에게 염증을 유발하는 물질로서, 피부접촉, 섭취, 호흡, 안구접촉 등을 통해 독성을 나타낸다. 디엘드린은 피부를 통해 빠르게 흡수되며, 만성적으로 노출될 경우 체내에 축적된다.

⑥ 헵타클로르(Heptachlor)



Heptachlor는 클로르단(chlordane) 농약 제품에서 최초 분리되었으며 W. M. Rogoff & R. L. Metcalf에 의해 농약으로서의 특성이 보고되었다. 경구노출에 대한 독성영향이 있으며, 보고되고 있는 oral LD50는 랫드(rat)에서 100~220mg/kg, mice에서 30~68mg/kg, quinea pigs에서 116mg/kg, hamster에서 100mg/kg, 그리고 chicken에서 62mg/kg였다. 피부노출에 대한 독성도 나타나는데, 알려진 dermal(피부) LD50는 랫드에서 119~320mg/kg, 그리고, rabbits에서 2000mg/kg이상이다.

1. 잔류농약

ADI(Acceptible Daily Intake)는 0.0001 mg/kg bw (JMPR)이다. 피부 및 눈 자극에 대해서는 알려진 바가 없으며, 유기인계농약과 유사하게 신경전달과 의료목적으로 사용되는 약에서 심각한 독성 발생의 영향이 있는 것으로 추정되고 있다. 동물 체내에서 주된 대사체는 heptachlor보다 독성이 더 높은 heptachlor epoxide로서 heptachlor에 노출된 동물의 피부 및 배설물에서 발견된다. heptachlor epoxide의 급성독성으로 가장 지속적인 영향은 중추신경계의 과자극작용, 간 손상, 기면, incoordination, 진전, 경련, 복통, 혼수 등이다. 중독사례로는 고농도에 노출시 호흡 곤란으로 인한 사망이 보고된 바 있으며, 인체노출증가시 간 손상 또는 경련성 장애가 수반되기도 한다. 이 물질은 이미 미국을 비롯한 여러 나라에서 금지조치가 내려진 물질로 인체노출의 주요경로는 식품잔류에 따른 섭취와 가정에서 사용하는 살충제로 인한 호흡기노출 등이다.

Heptachlor의 만성노출은 급성노출과 같은 영향을 나타낸다. 랫드에 2년간의 0.25mg/kg/day의 식이용량 노출시 유해영향이 나타나지 않으며, 1.5 mg/kg/day용량으로 2년간 heptachlor/heptachlor epoxide를 식이노출시 증가된 사망률을 나타냈다. 그러나 만성독성 시험결과 랫드에 있어서의 생식 및 발생독성은 확인되지 못하여, 인체에서의 기형독성은 나타나지 않는 것으로 알려지고 있다.

Heptachlor는 잘 알려진 발암전구물질로 랫드에서도 암의 진전을 증진시키는 것으로 연구결과가 나타난 바 있다. 인체에서의 발암가능성에 대해서는 아직 충분한 증거를 나타내지 않고 있다.

2) 유기인계(Organophosphate)

현재 사용하고 있는 농약 중 가장 많은 종류가 있으며, 유기인계 농약의 구조는 인(P)을 중심으로 각종 원자 또는 원자단으로 결합되어 있는 구조이며, 결합된 산소(O) 및



황(S)의 위치 및 수에 따라 포스페이트, 포스포로치오에이트, 포스포네이트 등 여러 가지로 세분된다.

유기인 화합물은 살충제의 종류에 있어서나 실용면에서 가장 우수하다. 유기인제는 적용범위가 넓어 곤충·응애 등에 좋은 효과를 지니며, 식물체 내에 흡수되어 침투성 효과가 있고, 유효성분이 신속하게 분해되어 잔류문제가 없으며, 곤충의 신경계를 침해하여 효과를 보이는 신경독제이다. 아세페이트(아씨트)·클로르피리포스·다이아지논·디클로르보스(DDVP)·에토프로포스(에토프)·이피엔·페니트로티온(메프)·파라티온 등이 많이 사용되고 있는 유기인제이다.

유기인계, 카바메이트계, 합성 피레스로이드계 살충제는 모두 신경독으로 작용하는 약제들이다. 특히 유기인계·카바메이트계 살충제는 신경전달 물질인 아세틸콜린의 분해에 관여하는 콜린에스터라제라는 효소의 작용을 억제함으로써, 자극전달이 계속되므로 생리적인 이상을 일으켜 중독상태에 이르게 된다. 곤충류의 뇌신경에는 온혈동물의 뇌신경보다 다량의 아세틸콜린 및 콜린에스터라제가 존재하기 때문에 살충작용이 심하게 일어난다.

유기인계 살충제의 작용 상 특성은 다음과 같다.

- 살충력이 강하고 작용해충의 범위가 넓다.
- 동/식물 체내에서의 분해가 빠르다
- 야외살포에 있어서 광선 등에 의해 소실되기 쉬운 경향이 있다.
- 일반적으로 잔효성이 짧고 해충이 이에 접하는 기간이 짧아 내성을 일으키기 어렵다.
- 인축에 대한 독성이 강하다.
- 알칼리 조건에서 분해되기 쉽다.

1. 잔류농약

유기인제 중독의 증상과 증후군은 유기인제가 신경세포내의 콜린에스터라제의 작용을 억제함으로써 아세틸콜린이 축적되어 혈액이나 조직 중에 자극 전도가 안 되기 때문이다. 그 결과 부교감신경 증상(식욕부진 · 메스꺼움 · 구토 · 다한 · cyanosis), 교감신경 증상(혈압상승), 니코틴 증상(전신경련 · 근력감퇴), 중추신경 증상(현기증 · 두통 · 발열 · 혼수) 등을 나타낸다. 급격한 사망의 원인은 호흡장애로 인한 질식으로 이의 관련 요인은 기관경축, 호흡근육, 마비 및 호흡중추마비이다.

현재 국내에 사용되고 있는 유기인계농약은 acephate, azinphos-methyl(Guthion), cadusafos, chlorpyrifos, chlorpyrifos-methyl, diazinone, dichlofos, dimethoate, edifenphos, ethoprophos(Ethop), etofenprox, fenitrothion, fention, fosthiazate, iprobenphos, malathion, methamidophos, methidation, monocrothophos, omethoate, parathion, phenthoate, phorate, phosphamidon, phoxim, pirimiphos-methyl, profenophos, prothiofos, terbufos, tolclofos-methyl, triazophos 및 trichlorfon(Dipterex) 등이 있다.

유기인계 에스테르 살충제는 1937년 최초로 Farbenfabriken Bayer AG에 근무하는 Gerhard Schrader가 이끄는 독일의 화학자들에 의해 합성되었다. 그들이 만들었던 많은 화합물들이 극히 독성이 높은 것으로 밝혀졌는데 불행하게도 제2차 세계대전 시 나치의 지배하에 있었으며, 이들 중 일부는 화학전쟁용 물질을 개발하였다. 유기인계 에스테르의 모든 화합물들이 '신경가스' (soman, sarin, tabun)로부터 유래되었으나 매스컴에서 주장하듯이 오늘날 사용되는 살충제는 이러한 고독성 화합물과는 거리가 먼 '3세대' 화합물이다. 상업적으로 사용되었던 최초의 유기인계 에스테르 살충제는 tetraethylpyrophosphate (TEPP)이었는데, 효과는 있었으나 모든 생물체에 강한 독성을 나타내었고 습기 존재하에서는 쉽게 가수분해되는 화학적 안정성이 큰 문제였다. 이후 개발은 환경 중 지속적으로 존재할 수 있는 더 안정한 화합물을 만드는 방향으로 되었으며 1944년 parathion이 탄생되었고 곧 이어 산소계 유사체인 paraoxon이 탄생



되었다. 이 두 개의 화합물이 살충제로써 만족 할만한 특성(낮은 휘발성, 광선과 습기에 대한 안정성, 환경 중 지속성)을 가지고 있으나, 포유류에 독성을 나타내고 대상 생물체와 비대상 생물체 모두에 작용하는 등 선택성이 없었다. DDT가 parathion으로 대체되던 1950년대 일련의 중독 사망사건이 일어났는데, 이는 노동자들이 그들이 익숙하였던 비교적 무해한 유기염소계 살충제와 이 화합물이 상당히 다르다는 것을 인지하지 못하여 일어났다. Parathion에 의한 심각한 중독사건이 많이 발생하자 대상 생물체에만 선택적으로 독성을 나타내고 생태계, 가축과 사람에는 독성이 적은 유사체를 찾게 되었다.

구조는 다양하지만 유기인계와 carbamate ester계 살충제가 독성을 나타내는 기전은 동일하며 신경조직중 신경전달물질인 아세틸콜린(ACh)의 생리활성을 종결시키는 효소인 아세틸콜린에스테라제(AChE)의 억제작용과 관련되어 있다.

항콜린에스테라제 살충제의 중독증상은 DuBois에 의하여 처음으로 보고되었으나, 최근에는 지속적인 신경독성증상이 추가로 알려지게 되었다. 첫 번째로 자살시도 등의 목적으로 고농도의 살충제에 노출됨으로써 나타나는 영향들은 노출 후 몇 달간 지속되고 신경행동, 신경근육, 인식 등에 영향이 있다.

이러한 자연성 정신병리학적-신경학적 병변의 증상에 대한 증거는 제 2차 세계대전 당시 고독성의 ‘신경가스’를 생산하고 취급하였던 노동자들에 대한 연구에서 Spiegelberg에 의해 보고되었다. 이 부류의 환자들은 증상학적 측면에서 두 개의 군으로 나눌 수 있다. 첫 번째의 더 큰 군에서는 지속적인 활동성과 의욕감퇴, 두통과 위장관 및 심혈관계 증상으로 시발되는 자율조절기능 결함, 성욕감퇴, 알코올, 니코틴과 여러 가지 약물에 대한 내성, 더 나이들어 보이는 인상등으로 특징 지워진다. 두 번째 군은 위의 증상에 더하여 실신발작, 미약한 건망증과 치매증상, 미약한 기관신경학적 결함 등의 증상이 한두 가지 더 추가된다. 이러한 증상들은 세계대전 동안 가장 고독성의 유기인산 에스테르에 노출된 후 유발되었다가 일부는 5~10년까지 지속되었다.

1. 잔류농약

Gershon and Shaw(1961)의 보고에서 10~15년 동안 유기인산 에스테르 살충제에 노출되었던 16례에서 광범위하고 지속적인 독성증상이 나타났는데, 이명, 안구진탕, 발열, 운동실조, 진전, 감각이상, 다발성신경염, 마비, 명료하지 못한 언어, 기억소실, 불면, 몽유병, 다몽, 졸음, 피로, 전반적인 쇠약, 불안정, 정신적 혼동, 집중곤란, 불안, 초조, 우울, 정신분열등이 포함된다. 이러한 장기적인 증상과 증후를 지지하는 많은 연구 보고가 애매한 점이 있으나 증상의 지속적인 재발을 시사하는 수많은 일화와 논문이 있었다. 초기의 독성증상으로부터의 회복 이후 수 주 동안 급성으로 중독된 환자에 대한 계속적이고 면밀한 관찰과 치료를 통하여 상기한 미묘한 변화를 확인할 수 있다.

급성중독에서 나타난 대부분의 임상증상들은 수일에서 수주 이내에 회복되나 일부 증상, 특히 신경정신 측면의 증상들은 몇 달 또는 더 오래 지속되는 것으로 보인다. 19명의 급성중독 환자에 대한 4개월간의 조사에서 연구기간 동안 여러 가지 증상들(흐린 시력, 근육쇠약, 오심, 두통, 발한)이 지속되었는데, 이와 함께 혈장과 족혈구내 콜린에스테라제의 느린 회복이 수반되었다. Rosenstock와 그 동료들은 노출 후 2년이 지난 36명의 니카라구아의 중독 농부들에 대하여 신경정신학적 검사를 실시하였는데, 모든 시험에서 대조군에 비하여 수행 성적이 나빴으며, WHO의 6개의 신경정신 시험법 중 5가지와 언어와 시각집중, 시각적 기억, 시계 운동 속도, 문제해결, 숨씨 등을 평가하는 추가의 6가지 시험중 3가지에서 유의적으로 나쁜 수행능력을 보고하였다.

최근 유기인 에스테르 살충제에 노출된 후 나타나는 두드러진 두 번째 증상은 자살기도 환자를 치료하였던 스리랑카의 임상 의들에 의하여 보고되었다. 'Intermediate syndrome'이라 불리는 이러한 마비증상은 급성중독 후 24~96시간 이내에 나타나지만 지연성 신경병이 시발되기 전에 나타나는 일련의 신경학적 증상으로서 사지뿐 아니라 두개신경(목의 굴곡근, 호흡근육)에 의하여 자극받는 근육에 영향을 미침으로써 근육 약화가 주요한 영향이다. 두개신경마비는 일반적인 현상이다. 이 시기에 호흡억제와 응급의 환기가 요구되고 아트로핀이나 oxime에 반응하지 않는 억제상태 때문에 사망의



위험성이 있다. 이러한 중독을 나타내는 화합물은 fenthion, dimethoate, monocrotophos와 methamidophos등이 포함된다.

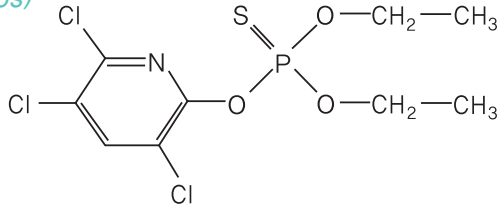
'Organophosphate-induced delayed neurotoxicity(OPIDN)'이라고 하는 증상은 일부 phosphate, phosphonate와 phosphoramidate ester 등 살충제로 사용되는 일부에서만 유발된다. 역사적으로 거의 100년 전부터 알려졌으며, tri-o-tolyl phosphate(TOTP)라는 물질과 관련이 있다고 한다. 첫 번째 OPIDN의 발생은 영국에서 양조금지기간중 발생했으며, tolyl phosphate ester 혼합물이 오염되거나 질이 낮은 자마이카 진저의 알코올 추출물로 제조한 특정 브랜드의 소비로부터 초래되었다. 이는 약 20,000명에게 증상이 다양하게 나타났으며, 이는 'ginger jake paralysis' 또는 'jake leg'이라고 불리고 미국의 Public Health Service의 Maurice Smith에 의하여 자세히 연구되었다. Maurice는 동물에서 이러한 현상을 다시 보였으며, 독성유발 물질이 tri-tolyl phosphate의 세 개의 isomer 중 ortho-isomer라는 것을 발견하였다. 둔한 보행이 나타나는 팔과 다리의 근육쇠약 등의 특징적 증상이 나타나는 초기의 무기력이 뇌성마비, 긴장과도, 반사이상향진, 간대, 이상 반사로 나타나는데 이러한 증상은 추체외로와 상부 운동신경에 대한 장애를 반영하는 것들이다. 많은 경우 회복은 팔과 다리에 한정되고 극단의 경우 장애가 영구적이 되는데 이는 척추의 손상을 의미한다. 제조 과정 중 사고로 유기인 에스테르 살충제인 mipafox에 의해 유사한 신경증이 유발되었으며, 두 명의 노동자에서 나타난 증상이 Bidstrup와 그 동료들 및 Ecobichon에 의하여 자세히 기술되었다. 1970년대 이집트에서 leptophos라는 인산계 살충제에 의하여 물소들이 중독된 사건이 있었는데, TOTP에 노출 후 관찰되는 증상과 유사한 신경학적 증상이 나타났다. 미국의 제조공장에서 노동자들 사이에 leptophos에 의하여 유발된 신경증이 나타났다는 보고도 있으나 노동자들이 n-hexane과 또 다른 신경독성물질에 동시에 노출되어 논란의 여지가 있다.

Omethoate, trichloronate, trichlorfon, parathion, methamidophos, fenthion과

1. 잔류농약

chlorpyrifos를 포함한 수많은 유기인계 살충제가 사람에서도 OPIDN을 유발한다고 한다. 그러나 이러한 모든 경우들은 사고 또는 자살목적으로 상당히 고농도의 화합물에 노출되었다는 점을 주목할 필요가 있다. 현재 전 세계적으로 사용 중인 200개 이상의 유기인계 에스테르 살충제중 많은 경우 이 특징적인 신경증을 유발한다는 우려가 제기되어, 이 증상에 대한 집중적인 연구, 가장 민감한 종의 확인(닭과 고양이), 모든 살충제를 검색할 수 있는 표준 시험법의 개발 및 이러한 증상을 유발하는 작용기전에 대한 부분적인 규명 등에 대한 연구가 이루어져왔다.

① 클로르피리포스(Chlorpyrifos)



클로르피리포스는 세계야생보호기금(WWF)에서 내분비 교란 추정물질로 분류하였던 물질로서 콜린에스터라제 저해 작용을 보이는 대표적인 유기인계 농약이다. 클로르피리포스는 거의 모든 식물에 대하여 약해가 없고 매우 광범위한 약효를 나타내기 때문에 자주 사용되며, 집안이나 가축우리 등의 해충을 박멸하기위해서도 자주 사용된다.

클로르피리포스는 눈과 살갓을 매우 자극하며, 과량 노출되면 두통·현기증·구토·설사·발한 등의 증상을 일으키고, 중독되면 기관지 경련과 근육경련, 호흡·중추신경·정신 장애도 유발하는 것으로 알려졌다. 이에 따라 미국 환경청(EPA)은 2000년 ‘더스반’이라는 상표로 쓰이던 이 원예용 살충제를 가정에서 쓰지 못하도록 사용을 금지했다. ADI는 0.01 mg/kg 체중(JMPR)이며 랫드, dog 등의 동물체 내에서 가장 주된 대사체는 3,5,6-trichloropyridin-2-ol로서 소변으로 배출된다.

국내에서는 깻잎에서 클로르피리포스가 자주 검출되자 깻잎이 농약의 적용 작물에 등록되지도 않은 상태에서 잔류 허용치(1ppm)만 설정해 운용하는 파행을 겪어왔다. 농



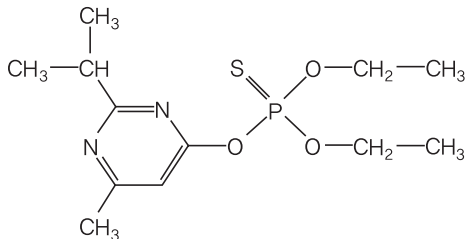
촌진흥청에서는 식품의약품안전청, 국립농산물품질관리원, 한국작물보호협회와 협의하여 2004. 4월 클로르피리포스가 함유된 품목명을 일괄적으로 '클로르피리포스'로 바꾸고 혼합성분인 경우에는 클로르피리포스 명칭을 앞쪽에 표기하여 쉽게 알 수 있도록 조치를 하는 한편 엽채소류에는 경엽살포를 금지하는 등 잔류농약 경감 방안을 마련하여 시행중이다.

식품의약품안전청의 최근 3년간 유통농산물 잔류농약 모니터링 조사에서 허용기준 초과건수가 92건으로 다섯 번째를 차지하였다.

검출농약	건수	농산물(부적합횟수)
클로르피리포스	92	취나물(14), 시금치(12), 쑥갓(7), 참나물(6), 고춧잎(5), 깻잎(5), 상추(5), 셀러리(5), 부추(4), 열무(4), 파(4), 무(3), 미나리(3), 비름나물(3), 근대(2), 배추(2), 유채(2), 겨자(1), 고추(1), 냉이(1), 머위(1), 파슬리(1), 풋마늘(1)

국립농산물품질관리원의 생산 및 출하단계 농산물의 잔류농약안전성검사에서 2006년 79, 2007년 145, 2008년 85건이 부적합 판정되어 출하지연, 용도전환 및 폐기 조치되었다. 잔류농약 분석은 다중농약 다성분 시험법에 따라 GC-ECD 및 NPD로 매우 쉽게 검출된다.

② **다이아지논(Diazinon)**



다이아지논은 1952년 스위스의 Geigy 사가 개발한 약제로서 Basudin이란 이름으로 시판된 약제이다. 질소를 함유한 유기인계로서 비교적 독성이 낮고 적용범위가 넓다. 농작물 해충의 방제뿐만 아니라 위생해충의 방제약제로도 많이 사용되고 있다.

1. 잔류농약

성상은 담갈색 유상액체로서 비점이 83~84℃/0.0002 mmHg 이고, 비중이 1.11~1.12이다. 알코올류, 아세톤, 자일렌, 석유계 용매에 잘 녹지만 물에는 실온하에 0.004% 정도 녹는다. 묽은 알칼리에서는 비교적 안정하지만 물이나 묽은 산에서는 서서히 가수분해된다.

접촉 및 소화중독제로서 작용하며, 훈증작용도 있다. 속효성이고 식물체내에 침달성이 있다. 증기압이 높고 분해되기 쉬워 잔효성이 적다.

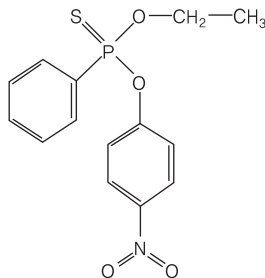
미국 EPA는 집안의 잔디나 정원 해충방제에 많이 사용되던 다이아지논을 2001년부터 2003년에 걸쳐 가정 내에 사용을 금지시켰다. 국내 등록되어 있는 품목은 7종이 있다.

식품의약품안전청의 최근 3년간 유통농산물 잔류농약 모니터링 결과에서 허용기준 초과가 113건으로 프로사이미돈, 엔도설판, 아족시스토로빈에 이어 네 번째를 차지하였다.

검출농약	건수	농산물(부적합횟수)
다이아지논	113	쑥갓(28), 배추(17), 겨자(10), 참나물(9), 부추(6), 상추(6), 취나물(6), 깻잎(5), 열무(5), 근대(4), 시금치(4), 당귀잎(2), 파(2), 감굴(1), 냉이(1), 무(1), 미나리(1), 비름나물(1), 청경채(1), 치콘(1), 파슬리(1), 향나물(1)

국립농산물품질관리원의 최근 3년간 생산 및 출하단계 안전성조사결과를 보면 2006년 17, 2007년 69, 2008년 26건이 부적합 판정을 받았다. 잔류농약 분석은 다중농약 다성분 시험법에 따라 GC-ECD 및 NPD로 매우 쉽게 검출된다.

③ 이피엔(EPN)





유기인계 살충제 및 살응애제로 E. I. du Pont de Nemours Co. 그리고 이어서 Nissan Chemical Industries, Ltd에 의해서 소개되었다. 이피엔은 면화의 면화씨벌레, 쌀 등의 잎을 갹아먹는 벌레 등에 광범위한 구제 효과를 가지고 있다.

독성은 랫드에 대한 급성경구독성 LD50이 수컷 36, 암컷 24 mg/kg이며 마우스 암컷 94.8, 수컷 59.4mg.kg이었다. 랫드에 대한 NOEL은 0.73 mg/kg/day이며 ADI는 0.0023mg/kg/day이다. 사람에서 급성경구 노출시 치사에 이를 수 있고, 70kg의 사람의 경우 대략 치사량이 0.3g 정도이며, 비발암물질로 알려져 있다. 식물체 중 주요대사물질은 ethyl phenylphosphonic acid로 알려져 있다.

우리나라에서 “이피엔 유제(45%)”는 고독성 농약중 하나로 담배, 배, 사과에만 사용하도록 등록되어 있고 추가적인 작물 확대는 금지하고 있다. 대체로 고독성 농약은 해충의 종류에 크게 상관없이 넓은 방제효과를 보이고 있어 농가에서는 남용을 하는 경우가 있어서 부적합 농산물로 적발되기도 한다.

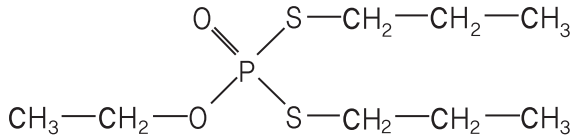
식품의약품안전청의 2006~2008년 유통농산물 조사결과를 살펴보면 24건의 농산물이 허용기준을 초과하였다.

검출농약	건수	농산물(부적합횟수)
이피엔	24	깻잎(6), 부추(5), 배추(3), 상추(2), 시금치(2), 고춧잎(1), 미나리(1), 밀감(1), 복숭아(1), 취나물(1), 파(1)

국립농산물품질관리원의 생산 및 출하단계 안전성검사결과를 보면 2006년 35, 2007년 138, 2008년 50건이 부적합 판정을 받아 출하연기, 용도전환 또는 폐기조치 되었다. 잔류농약 분석은 다종농약 다성분 시험법에 따라 GC-ECD 및 NPD로 매우 쉽게 검출된다.

④ 에토프로포스(Ethoprophos)

I. 잔류농약



에토프로포스(상표 ‘모캡’)는 Mobil Chemical Co.에 의해 1966년 개발되어 나중에는 Rhone-Poulenc Agrochimie(지금의 Bayer CropScience)에 의해 시판되었다.

원제는 연한 황색 액체로서 물에 700 ppm 정도 녹으며 유기용매에 잘 녹는다. 중성과 약산성 용액에서 매우 안정하며, 알칼리 조건에서 빠르게 분해된다.

비이행성 살선충 및 토양 살충제로서 접촉독에 의해 약효를 나타낸다. 토양에 비교적 잔류가 긴 편으로 토양에 1년에 2회 이상 사용하면 작물에 흡수된 농약성분이 검출되기 쉽다. 특히 엽채소류 재배농가나 비닐하우스 재배 농가서에 달팽이 방제를 위해 남용을 하여 잔류농약 검사에서 부적합 농산물이 되는 사례가 있어서 주의가 요구된다.

독성은 급성경구독성 LD50은 랫드에 대해 62, 토끼에 대해 55 mg/kg이며 ADI는 0.0004mg/kg 체중이다.

국내 등록된 품목은 에토프로포스 입제(상표 모캡, 에스캡)가 있고 감자, 고추, 땅콩, 마늘, 시금치 등의 토양해충의 방제약제로 등록되어 있다.

식품의약품안전청의 2006~2008년 유통농산물 잔류농약검사결과를 보면 허용기준 초과 건수가 55건으로 검출성분 상위 10번째 안에 든다.

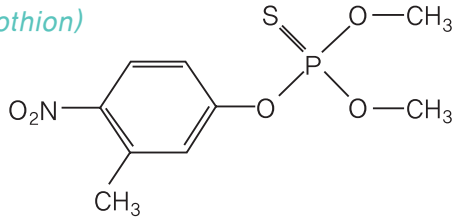
검출농약	건수	농산물(부적합횟수)
에토프로포스	55	숙갓(21), 깻잎(10), 취나물(5), 셀러리(4), 고추(3), 배추(2), 비타민(2), 상추(2), 근대(1), 당귀(1), 당귀잎(1), 머위(1), 파(1), 피망(1)

국립농산물품질관리원의 생산 및 출하단계 안전성검사에서는 2006년 30, 2007년 59,



2008년 22건이 부적합 판정으로 출하연기, 용도전환 및 폐기 조치된 바 있다. 잔류농약 분석은 다중농약 다성분 시험법에 따라 GC-ECD 및 NPD로 검출된다.

⑤ 페니트로티온(Fenitrothion)



유기인계 농약으로 1960년 Y. Nishizawa 등이 처음 보고하였다. 곡물, 연한 과일, 열 대과일, 포도, 쌀, 사탕수수 등의 해충 구제에 사용되며 바퀴벌레 등 집안 해충의 박멸 에도 사용된다. ADI는 0.005 mg/kg 체중(JMPR)이다. 동물실험에서 약 3일 내에 90% 이상이 대사되어 배설되며 발암성, 유전독성 등도 없는 것으로 알려져 있다. 생체 내 주요 대사산물은 3-methyl-4-nitrophenol로 알려져 있다.

우리나라에는 페니트로티온이 함유된 품목은 8종이 등록되어 있으며 주로 벼와 과수 류의 진딧물, 명나방류의 방제약제로 사용된다.

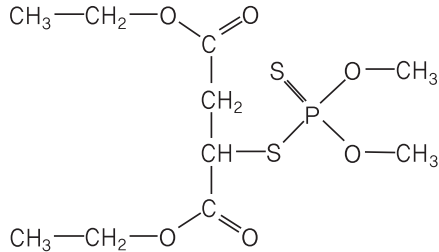
식품의약품안전청의 2006~2008년 유통농산물 잔류농약 모니터링 결과를 보면 11건이 허용기준을 초과하였다.

검출농약	건수	농산물(부적합횟수)
페니트로티온	11	취나물(6), 고추(1), 방아잎(1), 쑥갓(1), 키위(1), 파(1)

국립농산물품질관리원의 생산 및 출하단계의 안전성검사결과에서는 2006년 12, 2007년 54, 2008년 19건의 부적합이 발생되어 출하연기, 용도전환 및 폐기 등의 조치가 취해졌 다. 잔류농약 분석은 다중농약 다성분 시험법에 따라 GC-ECD 및 NPD로 매우 쉽게 검출된다.

I . 잔류농약

⑥ 말라티온(Malathion)



말라티온은 광범위한 효과를 가지는 비침투성 유기인계 농약으로서 미국, EU 등 18개국에서 사용되며 국내에서는 ‘마라톤’이라는 상표로 1990년경까지 생산되었으나 현재는 해당 성분의 단일 사용을 금지하고 esfenvalerate와 혼합된 ‘왕스타’라는 상품으로 고추, 배추 및 오이에 사용이 허가되어있다. 비교적 독성이 적으며 우리나라에서는 보통독성 농약으로 구분되며 어독성은 1급이다. 해당 농약은 미국과 캐나다에서 우리나라에 수출하는 밀에 사용하는 것으로 알려져 있다. 말라티온은 담황색 액체 상태이며 대부분의 유기용매에 용해되지만, 파라핀계 탄화수소(석유계통)에는 녹지 않으며 물에는 약간 녹는다. 광분해 되기 쉬운 물질이며 산성용액에서는 안정하나 알칼리에서는 불안정하며 분해물은 살충력을 상실한다. 말라티온이 함유된 제품으로 오염된 공기의 호흡, 음식물의 섭취 및 오염된 물의 섭취, 피부호흡 등이 주요 노출과정이 되며 만성 중독되면 신경계를 교란시켜 현기증, 구토, 경련 등을 일으키고 심할 경우 호흡마비와 함께 사망할 수도 있다. 말라티온은 내분비계장애물질이며 cholinesterase inhibitor인 대표적인 유기인계 농약으로 모기박멸에 널리 쓰이며 Lindane과 함께 머릿이 구제 약으로 주로 쓰인다.

1999~2002년 사이 수입농산물에서 검출된 말라티온은 2건이었으며 국내 토양 등의 오염도도 낮은 것으로 알려져 있으나, 미국의 경우 1980년대에 지중해 과실 과리를 박멸하기 위하여 수개월에 걸쳐 거의 매주 외곽지역에 말라티온을 공중살포한 것을 비롯하여 West Nile virus를 박멸하기 위하여 1999년 가을과 2000년 봄 미국의 롱아일랜드와 뉴욕시의 5개 자치구에도 말라티온이 살포된 적이 있다. 당시 이러한 살충제 살포는 롱아일랜드 지역의 가재가 집단 폐사한 원인으로 지목되기도 하였다.

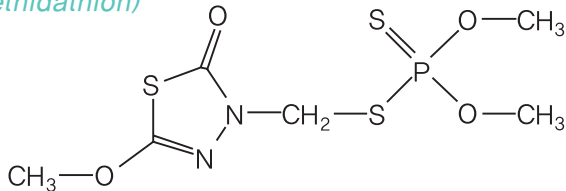


말라티온은 체내에서 뇨나 변 등을 통하여 신속하게 제거되는 것으로 알려져 있으며 쥐 (rat)의 경우 8시간 그리고 소의 경우 2일 정도의 반감기를 가진다. 말라티온이 cholinesterase inhibitor로서 활성을 가지기 위해서는 말라옥손 (malaoxon)의 형태로 전환되어야한다. 말라티온의 ADI는 0.02mg/kg체중/day (JMPR)이며 우리나라의 말라티온 잔류허용기준은 최저 0.5에서 최고 8.0mg/kg (대상 작물 : 밀)까지 설정되어 운영중이다.

우리나라에는 말라티온이 함유된 농약품목은 에스펜발러레이트.말라티온 유제 1종으로 고추, 배추, 오이의 진딧물, 나방 방제약제로 등록되어 있다.

식품의약품안전청의 유통농산물 잔류농약 모니터링 결과를 보면 검출된 농산물은 없었다. 국립농산물품질관리원의 출하전 안전성검사에서는 2008년 취나물 1건이 부적합 조치되었다. 잔류농약 분석은 다중농약 다성분 시험법에 따라 GC-ECD 및 NPD로 매우 쉽게 검출된다.

⑦ 메티다티온(Methidathion)



메티다티온(Sufpricide)은 스위스 Ciba-Geigy 사에서 1966년에 개발하여 사용하고 있는 유기인계 살충·살비제로서 접촉독 및 소화중독 효과와 더불어 d수한 침투효과를 지니고 있어서 방제가 곤란한 흡습성해충과 저작성해충에 우수한 효과를 나타낸다.

작용특성은 접촉독 및 소화중독에 의하여 살충효과가 나타낸다. 살충기작은 곤충 체표 또는 구기를 통해 침투된 약제가 신경자극 전도부로 이동하여 아세틸콜린 수용체에 부착하게되어 효소의 작용을 억제함으로써 신경전달을 차단하여 해충을 치사시킨다.

1. 잔류농약

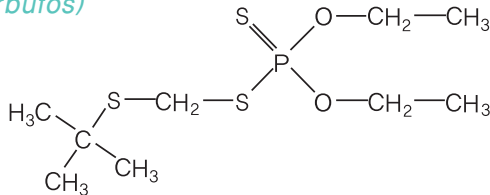
독성은 랫드에 대한 급성경구독성 LD50은 25~54mg/kg, 마우스는 25~70mg/kg이다. ADI는 0/.001mg/kg 체중/day이다.

우리나라에서는 1974년에 등록되어 과수와 채소 등의 종합살충제로 사용되었으나 현재는 메티다티온 유제(상표: 수프라사이드, 수프라치온, 메치온, 메치사이드, 명궁) 1품목이 가지, 감귤, 사과, 오이의 진딧물, 가루이, 나방, 깍지벌레 등의 해충방제 약제로 등록되어 있다.

식품의약품안전청의 2006~2008년 유통농산물 잔류농약 모니터링 결과를 보면 15건의 허용기준 초과 사례가 있다.

검출농약	건수	농산물(부적합횟수)
메티다티온	15	고추(2), 깻잎(2), 셀러리(2), 쑥갓(2), 근대(1), 배추(1), 복숭아(1), 열무(1), 오이(1), 참나물(1), 피망(1)

⑧ 테부포스(Terbufos)



터부포스(Counter)는 1973년 미국의 American Cyanamid 사에서 개발한 유기인계 토양살충, 살선충제로 우리나라는 1983년에 타보(카운터)로 등록되어 사용되고 있다.

얇은 황색의 액체로서 융점이 29.2℃이고, 물에는 15ppm이 녹고 대부분의 유기용매에 녹으며, 알칼리에서 가수분해된다. 상온에서는 안정하다.

작용특성은 속효성이며 지속성도 있는 토양살충 전문약제이다. 살충범위가 넓어 대부분의 토양해충 및 선충에도 효과를 나타낸다. 침투이행성이 있어 토양 살포시에도 지상부 해충에 어느 정도 효과가 있으며, 특히 기후조건에 큰 영향을 받지 않는다.



알비노 랫드(쥐)에 대한 급성경구독성 LD50은 암컷 1.6, 수컷 5.4mg/kg이고, 급성경피독성 LD50은 랫드 9.8, 토끼 1.0mg/kg으로서 경피독성이 강하므로 사용자는 손이나 발에 묻지 않도록 주의해야 한다. ADI는 0.0006mg/kg 체중/day이다.

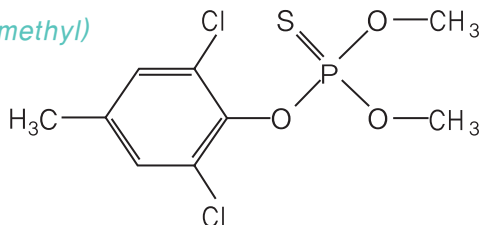
우리나라에는 1984년에 최초 사용되어 현재는 3품목의 입제가 감자, 고추, 땅콩, 마늘, 배추, 양파 등의 토양해충약제로 등록되어 있다.

식품의약품안전청의 2006~2008년 유통농산물 잔류농약 모니터링에서는 18건이 허용기준을 초과하였다.

검출농약	건수	농산물(부적합횟수)
터부포스	18	부추(9), 배추(2), 참나물(2), 깻잎(1), 신선초(1), 썩갓(1), 양송이(1), 파슬리(1)

국립농산물품질관리원의 최근 3년간 출하 및 생산단계 안전성검사에서는 2006년 12, 2007년 34, 2008년 14건이 부적합으로 판정되어 조치되었다. 잔류농약 분석은 다중농약 다성분 시험법에 따라 NPD로 매우 쉽게 검출된다. 분석대상은 terbufos, terbufos sulfoxide이다.

⑨ 톨클로포스(Tolclofos-methyl)



톨클로포스메틸은 일본의 Sumitomo 화학에서 개발하여 1982년에 사용되기 시작한 살균제이다.

비이행성 접촉형 예방 및 치료용 살균제로서 Rhizoctonia, Corticium, Sclerotium 그리고 Typhula spp. 등의 토양유래 병원균을 제어한다.

1. 잔류농약

독성은 쥐에 대한 급성경구독성 LD50은 5,000 mg/kg이며, ADI는 0.07 mg/kg 체중이다.

우리나라에는 1992년에 최초 사용되어 현재는 톨클로포스메틸 분제, 수화제, 액상수화제 3품목이 등록되어 있다.

식품의약품안전청의 유통농산물 모니터링에서는 검출된 사례가 없으며

검출농약	건수	농산물(부적합횟수)
톨클로포스메틸	6	백삼(2), 수삼(2), 고춧잎(1), 미나리(1)

국립농산물품질관리원의 생산 및 출하단계 검사에서는 2006년 22, 2007년 38, 2008년 43점이 부적합 판정으로 조치되었다. 잔류농약 분석은 다중농약 다성분 시험법에 따라 GC-ECD 및 NPD로 매우 쉽게 검출된다.

3) 카바메이트계(Carbamate)

최초의 농약계통의 carbamic acid ester는 1930년대 합성되었으며 항공광이제로 시판되었다. Aliphatic ester는 살충작용이 나빠서 1950년대 중반까지는 관심을 끌지 못하였다. 그러나 이후 항콜린에스테라제 활성을 가지고 있고 포유류에 대한 독성은 낮은 methylcarbamic acid의 aryl ester가 합성되면서 새롭게 관심이 주어졌다. Carbamate 살충제는 Physostigma venenosum 식물의 종자로부터 추출되는 alkaloid인 physostigmin의 유도체로 순수하게 합성된다.

카바메이트계 살충제의 작용기전은 유기인계와 마찬가지로 콜린에스테라제와 그 구조가 유사해 콜린에스테라제의 활성을 저해하기 때문에 정상적인 신경자극 전달이 방해되어서 생리작용의 이상으로 말미암아 죽음에 이르게 된다. 즉, 콜린에스테라제의 저해에 의해 신경세포 중에 아세틸콜린이 축적되면 신경의 전달이 중단되기 때문에 신경의 이상충분이 일어나게 되는 것이다.



카바메이트계 농약의 특징은 콜린에스터라제의 저해제로서 인축에 대한 독성이 비교적 낮다. 또한 화학적으로 안정해 체내에서 빨리 대사되므로 유기염소제처럼 가축의 체내에 축적되어 만성 중독을 일으킬 염려가 적다. 또한 실용화된 사실이 짧으므로 저항성 해충이 아직 발견되어 있지 않다.

카바메이트계 농약의 작용은 유기인제의 경우와 같이 아세틸콜린에스터라제(AChE) 저해이며 증상은 눈물, 침 분비, 세포의 감수분열, 경련, 사망 등의 전형적인 콜린 중독을 보인다. 해독 시 아트로핀 설페이트(atropine sulfate)를 사용한다. 흰쥐 실험에서 정맥 주사 시 콜린 중독증상 이외에 호흡장애와 마미증상이 일어난 것으로 알려져 있다.

카바메이트계 살충제에 의한 급성 중독의 증상과 증후는 유기인계 화합물에서 나타난 증상과 유사하고 단지 독성의 강도와 지속기간만이 다르다. 비교적 짧은 작용기간과 경미한 정도에서 중등도의 증상이 나타나는 가장 명확한 이유는 (1) 카바메이트계 살충제는 대부분의 유기인산 에스테르와는 달리 신경조직 중 AChE에 대한 억제작용이 가역적이라는 것이며, (2) 이 화합물들은 생체 내에서 급속히 대사된다는 점이다. 광범위한 독성연구결과, 카바메이트 살충제가 급성 노출 후 단지 일시적이고 단기간의 독성만을 나타내는 '비교적 안전한 물질' 임이 보고되었으나 사람에서 카바메이트계 살충제에 의한 독성과 사망이 보고된 적도 있으나 이러한 심각한 중독증상은 carbaryl 구조와 관련이 있으며 사고 또는 자살목적으로 고농도에 노출된 결과이다. Carbaryl에 중독된 사례에 대한 정보는 미국 EPA에서 발간한 'Carbaryl Decision Document(1980)'에 기술되어 있다. 1966-1980년 사이 195명의 중독 사례가 보고되었으며, 이중 3명은 사망, 16명은 입원치료, 176명은 의료적 주의요망으로 분류된 바 있다. Carbaryl 250mg(2.8mg/kg)의 단회 용량은 성인에서 비교적 심각한 중독을 일으키기에 충분하다. 중등도이나 일시적인 독성이 메토밀(Lannate)과 propoxur(Baygon)과 같이 더 강력한 카바메이트 에스테르계 살충제의 노출 후 관찰된 바도 있다. 최근에는 매우 독성이 높은 카바메이트계 살충제인 aldicarb (Temik)을 미국 캘리포니아에서 수박에,

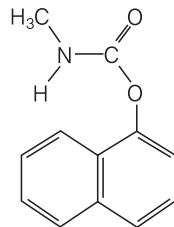
1. 잔류농약

또한 영국 콜롬비아와 캐나다에서 오이에, 불법적으로 사용하여 소비자에서 심각한 독성이 유발된 적이 있는데, 증상으로는 오심, 구토, 위장관 통증과 설사 등이 보고되었다.

카바메이트계 살충제 노출 후 지연성 신경독성이 나타났다는 보고는 거의 없으나 이러한 보고는 상당한 고용량에 한 번만 노출되거나 최소한의 비교적 고용량에 반복 노출된 후 증상이 나타났다고 하는 점을 고려하여야 한다.

우리가 카바메이트에 대하여 알고 있는 것과 전혀 상반되는 중독사례들도 있다. 한 사례를 보면 한 농부가 스프레이용 carbaryl 제제를 사용하는 도중 자신에게 뿌리게 되었는데, 이후 만성적 다발성 신경염이 유발되었으며, 이러한 증상에는 지속적인 광선공포증, 미약하나 지속적인 감각이상, 최근 기억에 대한 상실, 근육약화, 피로 등이 보고되었다. 또 다른 사례는 집에서 미세한 carbaryl(10%) 먼지에 8-10개월간 지속적으로 노출된 경우다. 가족 모두가 초기에는 인플루엔자 유사증상을 경험하였다. 그러나 가족 중 연령이 더 많은 남성에서 증상과 증후가 더 악화되었는데, 소화불량, 혈압이 수반된 두통, 이명, 현기, 정신적 혼동, 섬유속성연축이 동반된 주요 골격근의 약화, 말초성 신경염과 대뇌위축이 나타났다. 집으로부터 먼지를 제거하고 환자들의 증상이 개선되었으나 혈장과 적혈구내의 콜린에스테라제가 감소함에 따라 2달에 걸쳐 서서히 회복되었다. 이러한 carbaryl에 대한 별난 반응은 부분적으로는 환자의 나이가 많아 대사가 느려졌고 아마도 간세포에서 carbaryl의 대사를 억제한다고 알려진 시메티딘을 동시에 투여 받았기 때문으로 생각되어진다.

① 카바릴(Carbaryl)



카바릴은 카바메이트계 살충제 및 식물성장조절제로서 1957년 H. L. Haynes et al. 가 처음 보고한 물질이다. 나비목과 딱정벌레목 등의 해충을 박멸하는데 광범위하게 사용되



며 사과의 껍질을 얇게 만들기 위한 성장 조절제로서도 사용된다.

비교적 약한 콜린에스터라제 저해를 나타내는데 피부접촉, 흡입, 섭취로 인한 유해영향이 발생하며, 급성독성의 경우 다른 카바메이트류에서 나타나는 전형적인 증상을 보인다. 피부나 눈의 직접적인 접촉은 화상을 일으킬 수 있으며, 과량의 흡입이나 섭취는 오심, 복통, 설사, 과도한 타액분비 등의 증상을 보이며, 신경계와 호흡기계에 독성을 나타낸다. 발한, 시야가 흐려지고, incoordination, convulsions 등 고용량의 다른 증상도 보인다. 카바릴에 의한 사망은 고의적인 섭취에 의한 것으로만 보고되고 있다. 경구 LD50의 범위는 랫드에서 250~850mg/kg으로 보고되고 있으며, 마우스에서는 100~650 mg/kg으로 알려지고 있다. 랫드의 흡입노출에 대한 LC50은 200 mg/L으로 알려지고 있으며, 저농도에서 토끼에 눈과 피부자극을 유발할 수 있다고 보고되고 있다. 카바릴의 피부 LD50은 2,000mg/kg 이상인 것으로 보고되고 있다.

카바릴의 섭취노출로 인한 영향은 폐, 신장, 간장에서 나타나며, 신경손상도 랫드와 돼지에서 50일간 고용량 노출시 발생하였다. 몇 가지 연구에서 카바릴은 동물과 곤충에서 면역체계에 영향을 미칠 수 있음이 보고된 바 있는데 6주간 카바릴에 대해 저농도로 사람에게 노출시킨 경우 남성 지원자에서는 증상이 나타나지는 않았으나, 시험에서 체내 화학기전은 약간 변화하였다. 랫드를 이용한 2년 연구는 10mg/kg/day 이하에서는 영향을 보이지 않았다. 카바릴의 고용량 노출시 만성독성연구에서 생식독성영향은 나타나지 않는 것으로 보고된 바 있다. 카바릴은 랫드에서 세포분열과 염색체에 영향을 끼치지만, 많은 연구에서 카바릴이 아주 가벼운 돌연변이성 물질임이 연구결과로 발표되고 있다. 카바릴의 돌연변이원성에 대하여는 아직 확실히 밝혀지지 않고 있으며, 종합적으로 볼 때 아직 인체에 돌연변이원성 물질로 작용하지 않는 것으로 인식되고 있다.

Technical-grade의 카바릴은 마우스와 랫드의 만성 및 평생노출시험에서 발암을 나타내지 않았다. 랫드는 18개월 동안 고농도로 투여하였을 때, 발암에 대한 아무런 증거도 보이지 않았다. 또한 N-nitrosocarbaryl이 부산물로 검출되지 않았으며, 이러한 증거는

1. 잔류농약

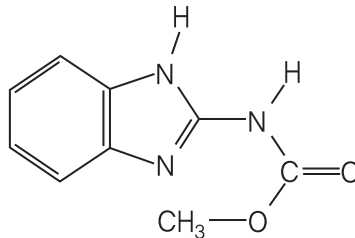
카바릴이 인체에 발암성을 나타내지 않는다는 것을 보여주고 있다.

카바릴은 조직 내에 축적되지 않으며, 혈액 내에 지속되지 않는다. 이는 빨리 대사되어 독성이 없는 것으로 알려진 1-naphthol로 변화되는 것으로 알려지고 있으며, 이는 뇨중에서 glucuronide 또는 sulfate ester 형태로 배설된다. ADI는 0.008 mg/kg 체중/day(JMPR)이다.

국내에는 카바릴 수화제(상표: 세빈, 나크, 세단, 이비엠수확커) 1품목이 감자, 담배, 배, 복숭아의 나방류 방제와 사과의 잎말이나방 방제 및 적과효과 용도로 등록되어 있다.

식품의약품안전청의 최근 3년간 모니터링 결과를 보면 무에서 2점의 허용기준 초과사례가 있었다. 국립농산물품질관리원의 안전성조사결과를 보면 2006년 1, 2007년 2, 2008년 3건의 부적합 적발조치가 있었다. 잔류농약 분석은 다중농약 다성분 시험법에 따라 HPLC-FLD로 분석이 가능하다.

② 카벤다짐(Carbendazim)



카벤다짐은 카바메이트계로 분류할 수도 있지만 통상 벤즈이미다졸계 살균제 (benzimidazole fungicide) 분류하며, 침투성으로서 식물체의 뿌리 및 초록 피막 등을 통하여 흡수된다. 이 농약은 1973년 처음으로 BASF, Hoeschst(현재의 Bayer) 및 Dupont에 의해 개발되었으며 곡류 및 평지씨 등의 작물 및 화훼류 재배 시 광범위한 살균효과를 보이는 것으로 알려져 있다. 또한 수확 후 농약으로도 사용기도 하며 씨를 뿌리기전에 처리하기도 한다. 카벤다짐은 진균류의 세포 유사분열시 스핀들 형성을 방해함으로써 효과를 나타낸다. 카벤다짐은 WHO에서 '일반적 사용으로 해가 발생하지는 않을 것으로 추정되는' 농약으로 구분되고 있으나 내분비계 장애물질로 의심되는 살균제이기



도 하다. 동물 실험결과 이 농약은 설치류 및 비설치류에 대하여 비교적 낮은 독성을 나타내는 것으로 알려져 있으며 우리나라에서는 저독성 농약으로 분류되고 있으나 어독성은 1급으로 구분되며 ADI는 0.03mg/kg체중/day (JMPR)이다. 물에 잘 녹으며 알칼리 하에서는 서서히 분해된다.

카벤다짐은 유럽에서 가장 흔히 검출되는 12개 농약 중 하나이다. 2000년에는 하인즈(Heinz)와 밀루파(Milupa)가 생산하여 테스코(Tesco)와 웨이트로스(Waitrose)에서 팔리던 베이비푸드에서 검출된 바 있으며, 게다가 2000년 유럽에서 검사받은 모든 배의 3분의 1과 사과와 16% 그리고 약 27%의 사과주스에서 카벤다짐이 검출된 바 있다. 비록 검출 수준은 낮았으나 대상 식품이 유아 및 어린이에 의해 섭취될 가능성이 높으므로 문제가 된 바 있다.

우리나라에서는 1998년 콩나물 재배업자들의 약 58%가 카벤다짐 등의 농약을 사용하는 것으로 조사된 바 있었으며 위생적 환경 하에서는 콩나물 재배에 있어 농약의 사용이 필요치 않다는 식약청의 판단 하에 콩나물 중의 잔류허용기준 0.2ppm을 불검출로 변경하여 현재까지도 잠정기준으로 운영하고 있다.

벤즈이미다졸계인 베노밀과 티오파네이트메틸을 작물에 살포하면 카벤다짐으로 분해, 대사되므로 병 방제를 위해 이들 약제를 다른 종류의 약제로 알고 살포한다면 결과적으로 중복 살포한 결과가 초래되어 병에 대한 내성 유발 및 과량의 농약잔류가 우려되어 농약잔류허용기준을 초과할 가능성이 커진다. 현재 카벤다짐의 농약잔류허용기준은 최저 0.1에서 최고 50ppm(호프)까지 설정 운영중이다.

국내에 등록되어 있는 베노밀, 카벤다짐 또는 티오파네이트메틸이 함유된 농약품목은 37종이 있으며 벼, 과수, 채소류 등의 병해 방제에 등록되어 있다.

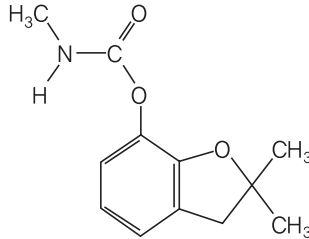
식품의약품안전청의 2006~2008년 유통농산물 잔류농약 모니터링 결과에서는 35건의 기준초과 시료가 발생되었다.

1. 잔류농약

검출농약	건수	농산물(부적합횟수)
카벤다짐	35	부추(8), 근대(5), 깻잎(5), 상추(5), 배추(2), 시금치(2), 썩갠(2), 파(2), 비름나물(1), 숙주나물(1), 치커리(1), 케일(1)

국립농산물품질관리원의 최근 3년간 생산 및 출하단계의 안전성조사결과를 보면 2006년 57, 2007년 57, 2008년 100건에 부적합 판정을 받아 출하연기, 용도전환 및 폐기 조치되었다. 잔류농약 분석은 다중농약 다성분 시험법에 따라 HPLC-UVD, FLD로 검출된다.

③ 카보퓨란(Carbofuran)



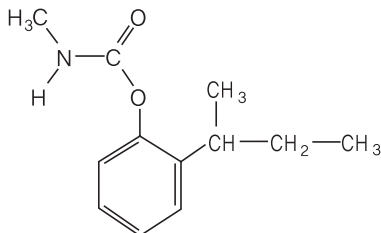
카바메이트계 살충제 또는 살선충제의 침투성 농약으로서 1965년 F. L. McEwen & A. C. Davis가 처음 보고하였다. 카보퓨란은 체내에 거의 축적되지 않는 것으로 알려져 있다. 콜린에스테라제 억제에 따른 독성영향이 나타나며, 발암영향은 나타나지 않는다. WHO에서 제시한 ADI는 만성섭취노출을 근거로 했을 때 0~0.002mg/kg/day이며, 급성노출을 근거로 했을 때 ARfD는0.009mg/kg/day이다.

국내 등록된 카보퓨란 함유 및 카보퓨란으로 분해 대사되는 농약품목은 27품목이 있으며, 채소류, 과수류에 사용되고 있다. Benfuracarb, carbosulfan은 carbofuran으로 대사되므로 살포시 중복 살포하지 않도록 주의하여야 한다.

식품의약품안전청의 최근 3년간 모니터링 결과에서 깻잎, 부추, 상추에서각 1건의 잔류 허용기준 초과가 있었다. 국립농산물품질관리원의 최근 3년간 생산 및 출하단계 안전성조사결과를 보면 2006년 14, 2007년 20, 2008년 15건의 부적합이 발생되어 출하연기, 용도전환 및 폐기 처리되었다. 잔류농약 분석은 GC-ECD 또는 카바메이트계 다중 분석법에 따른 HPLC-UVD로 가능하다.



④ 페노뷰카브(Fenobucarb, *BPMC*)



페노뷰카브(Bassa)는 일본 Kumiai 화학회사에서 개발하여 1969년 이후에 사용된 카바메이트계 살충제로서 벼 멸구·매미충류 방제에 사용되고 있다.

원제의 성상은 백색 결정으로 용점이 28.5~31℃이다. 일반 유기용매에 잘 녹지만 물에는 녹지 않는다.

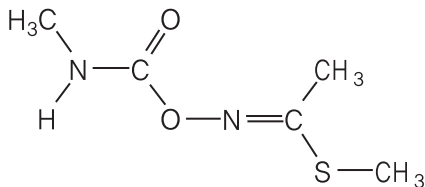
작용특성은 주로 접촉독에 의한 것으로 속효성이지만 잔효력이 짧고 비이행성이다.

인축에 대한 독성은 낮은 편으로 랫드에 대한 급성경구독성 LD50은 암컷 524, 수컷 425mg/kg이다. ADI는 0.012mg/mg 체중/day이다.

우리나라에 등록된 품목은 11종이 있으며 모두 벼에 사용하도록 되어 있다.

식품의약품안전청의 2006~2008년 모니터링 결과를 보면 갯잎과 과슬리에서 1건씩 허용기준 초과가 있었다. 최근 3년간 국립농산물품질관리원의 생산 및 출하단계 안전성 조사에서는 2006년 6, 2007년 18, 2008년 4건의 부적합이 발생되어 출하연기, 용도전환 또는 폐기조치 되었다. 분석은 GC-NPD로 쉽게 분석할 수 있다. 잔류농약 분석은 다중농약 다성분 시험법에 따라 GC-NPD로 검출된다.

⑤ 메토밀(Methomyl)



1. 잔류농약

메토밀은 주로 식물에 사용하는 살충제 또는 살응애제로 카바메이트 계열의 침투성 농약으로 1968년 G. A. Roodhans & N. B. Joy에 의하여 처음 보고되었다.

토양중에 배출된 메토밀은 주로 미생물분해를 통해 분해되며, 습한 토양에서는 화학적 가수분해도 약간 일어나는데, 반감기는 대략 14일 미만이다.

메토밀은 경구섭취 시 높은 독성을 나타내며, 경구 LD50는 랫드에서 17~24 mg/kg, mice에서 10mg/kg, guinea pig 에서 15mg/kg이다. 메토밀 노출에 따른 증상은 다른 카바메이트계와 콜린에스터라제 저해(cholinesterase inhibitors)에 의한 증상과 유사하며, 허약, 시야 흔들림, 두통, 오심, 복통, 흥부불쾌감, 동공수축, 발한, 근육진전, 맥박감소 등의 증상이 나타난다.

심각한 중독의 경우, 근수축, 현기증, 혼돈, 말더듬, 저혈압, 심부전등의 증상이 나타나며, 호흡곤란, 호흡정지, 호흡기계 근육마비, 폐공의 강한 수축에 의해 사망에 이르기기도 한다. 흡입에 의한 독성도 나타나는 것으로 보고되고 있다. 먼지나 에어로졸의 흡입은 폐와 눈에 자극을 일으키며, 가슴조임, 시야흔들림, 눈물, 천명, 두통 등을 일으킨다. 또한, 노출 후 몇 분 이내에 콜린에스터라제 저해에 따른 기관증상이 일어난다. 피부노출에 있어서는 가벼운 독성을 가지며, 보고되고 있는 피부 LD50은 rabbits에서 5,880 mg/kg, 그리고 피부를 통한 흡수는 천천히 일어난다. 그러나 피부를 통한 흡수량이 많은 경우 섭취나 호흡노출로 인해 나타나는 증상들이 유사하게 일어난다. 토기에서 메소밀의 사용은 눈에 자극을 일으켜, 통증과 시야단축, 장거리 시야흔들림, 눈물흘림 등과 다른 안장해가 메토밀과 접촉한 몇 분 후에 일어난다.

지속적이거나 반복적인 노출은 농약의 급성노출과 유사한 증상을 발생시킨다. 반복적인 노출은 낮은 양의 노출에서도 2~6주간 지속되는 경우 콜린에스터라제 저해를 일으키며, 감기와 같은 증상을 나타낸다(허약, 식욕감퇴, 근육통 등). 이러한 조건은 노출이 중지되는 경우 회복된다. 노출이 반복되면 콜린에스터라제의 저해증상이 재발하는데 이전에 노출된 사람에서 이러한 심각한 증상이 나타나며, 이전에 노출경험이 없었던 경



우에는 증상이 나타나지 않을 수도 있다. 랫드에 용량 2.5, 5, 20mg/kg/day로 섭취시킨 24개월 연구에서 고용량인 20mg/kg/day에서 영향이 나타나 적혈구수와 헤모글로빈 수치가 감소되었으나, 2년 동안의 개 연구에서 5mg/kg/day이 무영향관찰치로 나타났다으며, 만성적인 오염으로 인한 높은 노출이더라도 인체에서는 만성영향이 나타나지 않을 것으로 보여진다. 개와 랫드에서 2년간 메토밀을 섭취투여 실험한 결과 발암성 증거는 나타나지 않았으며, 랫드에서 20mg/kg 이상의 용량투여 시 22개월과 24개월 연구한 결과와 마우스에 섭취용량 93.4mg/kg/day을 2년간 연구한 결과에서 발암성이 나타나지 않았다. 메토밀이 발암성물질이 아니라는 증거가 제안되고 있다. ADI는 0.02 mg/kg 체중/day(JMPR)이다.

메토밀은 빠르게 피부, 폐, 위 장관을 통해 흡수되며, 간장에서 분해된다. 분해산물은 즉시 호흡기와 뇨중으로 배설된다. 메토밀은 특정한 인체조직 내에 축적되지 않으며, 콜린에스테라아제 등 많은 다른 효소를 변성시키는 것으로 알려지고 있다.

국내에는 메토밀 품목 2종이 있으며 고독성농약으로 분류되어 변경등록 제한 및 취급 제한기준이 정해져 있다.

식품의약품안전청의 최근 3년간 잔류농약 모니터링 결과에서 잔류허용기준을 초과한 사례는 고추에서 1건이 있었으며, 국립농산물품질관리원의 최근 3년간 생산 및 출하단계 안전성조사를 보면 2006년 2, 2007년 9, 2008년 3건이 부적합 판정을 받았다. 잔류농약 분석은 다중농약 다성분 시험법에 따라 HPLC-FLD로 확인하여 검출되면 GC-NPD, GC-MS를 이용하여 분석한다. 분석대상은 methomy, methomyl oxime이다.

4) 피레스로이드계(Pyrethroid)

합성 피레스로이드(pyrethroid)계는 살충제 중 가장 새로운 계통으로, 1980년에 시장에 소개되어 1982년에는 전 세계 살충제의 약 30%를 차지하게 되었다.

1. 잔류농약

이는 말린 제충국(pyrethrum) 또는 국화(chrysanthemum)꽃에서 추출한 6가지 살충성 에스테르 혼합물인 pyrethrum이라는 오래된 식물성 살충제로부터 유래한 것이다. 천연 pyrethroid는 A.D. 1세기 중국인에 의해 발견되었으나, 이 물질에 대한 최초의 기록은 17세기 문헌에 나오며 1800년대 중반에 상업용 제제가 출현한 것으로 알려지고 있다. 1965년 pyrethrum의 전 세계적 생산량은 약 20,000톤에 이르렀으며, 케냐에서만 약 10,000톤을 생산하였다. 전 세계적인 피레스로이드계 농약의 필요량 증가와 함께 생산량도 급속도로 증가해왔으며 화학자들은 빛과 공기에 대해 더 안정하며, 지속성이 강하고, 구제대상 해충에 대한 선택성이 높은 물질을 합성해내는데 주력하여 피레스로이드계 농약은 최근에는 농업용 외에도 집과 온실의 해충 구제 등 다양한 용도로 사용되고 있다.

천연의 pyrethrin과 초기 합성 chrysanthemic acid 유도체들은 섭취에 의한 독성보다는 접촉에 의한 독성이 더 크게 나타났으나 최근 합성물들은 섭취했을 때, 특히 독성이 나타나며, 곤충과 포유류에 대한 독성은 비교적 작다. 일부 pyrethroid ester는 isomeric 형태로 존재하며 독성과 강도가 현저하게 다르다.

급성중독을 유발하는 용량을 투여하여 동물에서 나타나는 증상에 기초하여 pyrethroid는 크게 두 개의 군으로 나뉜다. Type I 중독증상은 α -cyano 기능이 없는 에스테르에 의하여 유발되고 바퀴벌레에게는 불안, 조절불능, 피로와 마비등을 일으키며, 랫드의 경우는 공격적인 행동, 놀람반응의 증가, 전신 진전(振顫)과 피로 등이 나타난다. Type II syndrome은 CS syndrome으로 알려져 있는데, α -cyano 기능을 포함하는 에스테르에 의하여 유발되며, 바퀴벌레에서는 극도의 과민반응, 조절불능과 경련이 일어나는 반면, 랫드에서는 숨는 동작, 거친 진전(振顫), 간대성 발작 등이 유발된다. 이는 포유류의 중추신경계에 대한 작용이 관여되는 반면, type I 증상은 말초신경증상이 포함된다.

사이피메트린은 대표적인 피레스로이드계 살충제로서 1975년 M. Elliott 등이 처음 보



고하였다. 해충에 대하여 매우 광범위한 약효를 나타내며 특히 집파리, 모기, 바퀴벌레 등의 박멸에도 자주 사용된다.

사이퍼메트린은 피부접촉이나 섭취를 통해 독성을 나타내는 물질로서 피부를 통해 고용량으로 노출될 경우 저림, 따끔거림, 소양증, 작열감, 신부전, 발작 등의 증상을 나타내고 사망에 이르기도 하며, 사이퍼메트린과 같은 피레스로이드계 농약은 중추신경계에 유해영향을 나타낸다. 고용량을 섭취한 경우에는 오심, 지속적인 구토, 복통, 설사, 의식불명, 혼수상태를 일으키고, 피부나 안구에 접촉되면 피부 알러지 반응을 일으킨다.

EPA는 사이퍼메트린을 인체발암잠재물질(possible human carcinogen)로 분류한다. 229mg/kg/day의 사이퍼메트린을 공급받은 암컷 마우스에서는 양성 폐종양이 발견되었으나, 랫드에서는 75mg/kg/day까지 투여해도 종양이 발견되지 않았다.

인체에서 사이퍼메트린 대사체는 뇨중 배설되며, 1.5mg/kg/day의 용량을 5회 투여하였을 때, 48시간 이내에 뇨를 통해 완전히 배설되었다. 랫드의 연구에서 하이드록실화와 cleavage에 의해 빠르게 대사되고 한 시간 내에 99%이상 제거되었다. 남은 1%는 체내지방에 축적되었으며, 이는 천천히 제거되며, 반감기는 cis-isomer의 경우 18일, trans-isomer의 경우 18일 정도로 보고되고 있다.

EPA에서는 일일노출허용량으로써 참고치(Reference Dose : RfD)를 0.01 mg/kg 체중/day로 제안하고 있으며, WHO에서는 ADI(Acceptable Daily Intake)를 0.05 mg/kg 체중/day로 제안하고 있다. 현재 유해화학물질관리법에서는 유독물로 관리되고 있으며, 농약관리법에 보통으로 등록되어 있다.

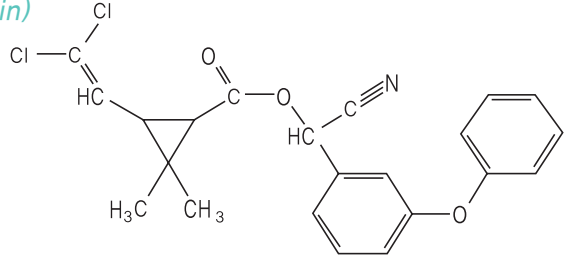
현재 등록되어 있는 사이퍼메트린이 함유된 농약은 이성체의 조성에 따라 알파사이퍼메트린, 제타사이퍼메트린 등 12품목이 있으며 모두 어독성 1급으로서 벼 재배용으로 사용하는 사용을 금지하고 있다.

식품의약품안전청의 2006~2008년 유통농산물 모니터링 결과를 보면 5건의 잔류허용

1. 잔류농약

기준을 초과한 사례가 있었다.

① 사이퍼메트린(Cypermethrin)



사이퍼메트린은 대표적인 피레스로이드계 살충제로서 1975년 M. Elliott 등이 처음 보고하였다. 해충에 대하여 매우 광범위한 약효를 나타내며 특히 집파리, 모기, 바퀴벌레 등의 박멸에도 자주 사용된다.

사이퍼메트린은 피부접촉이나 섭취를 통해 독성을 나타내는 물질로서 피부를 통해 고용량으로 노출될 경우 저림, 따끔거림, 소양증, 작열감, 신부전, 발작 등의 증상을 나타내고 사망에 이르기도 하며, 사이퍼메트린과 같은 피레스로이드계 농약은 중추신경계에 유해영향을 나타낸다. 고용량을 섭취한 경우에는 오심, 지속적인 구토, 복통, 설사, 의식불명, 혼수상태를 일으키고, 피부나 안구에 접촉되면 피부 알러지 반응을 일으킨다.

EPA는 사이퍼메트린을 인체발암잠재물질(possible human carcinogen)로 분류한다. 229mg/kg/day의 사이퍼메트린을 공급받은 암컷 마우스에서는 양성 폐종양이 발견되었으나, 랫드에서는 75mg/kg/day까지 투여해도 종양이 발견되지 않았다.

인체에서 사이퍼메트린 대사체는 뇨중 배설되며, 1.5mg/kg/day의 용량을 5회 투여하였을 때, 48시간 이내에 뇨를 통해 완전히 배설되었다. 랫드의 연구에서 하이드록실화와 cleavage에 의해 빠르게 대사되고 한 시간 내에 99%이상 제거되었다. 남은 1%는 체내지방에 축적되었으며, 이는 천천히 제거되며, 반감기는 cis-isomer의 경우 18일, trans-isomer의 경우 18일 정도로 보고되고 있다.

EPA에서는 일일노출허용량으로써 참고치(Reference Dose : RfD)를 0.01 mg/kg



체중/day로 제안하고 있으며, WHO에서는 ADI(Acceptable Daily Intake)를 0.05 mg/kg 체중/day로 제안하고 있다. 현재 유해화학물질관리법에서는 유독물로 관리되고 있으며, 농약관리법에 보통으로 등록되어 있다.

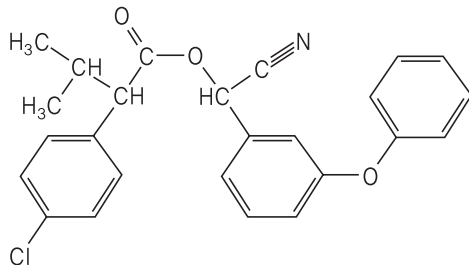
현재 등록되어 있는 사이퍼메트린 함유된 농약은 이성체의 구성에 따라 알파사이퍼메트린, 제타사이퍼메트린 등 12품목이 있으며 모두 어독성 1급으로서 벼 재배용으로 사용하는 사용을 금지하고 있다.

식품의약품안전청의 2006~2008년 유통농산물 모니터링 결과를 보면 5건의 잔류허용 기준을 초과한 사례가 있었다.

검출농약	건수	농산물(부적합횟수)
사이퍼메트린	5	근대(2), 고춧잎(1), 깻잎(1), 무(1)

국립농산물품질관리원의 최근 3년간 생산 및 출하단계 안전성조사에서 2006년 21, 2007년 16, 2008년 15건의 부적합이 발생되어 출하연기, 용도전환 및 폐기조치 되었다. 분석은 동시다성분 분석법으로 가능하며 GC-ECD에서 이성질체로 인한 다수의 피크 형태로 나타난다.

② 펜발러레이트(Fenvalerate)



피레스로이드계 살충제 및 살응애제로 1974년 N. Ohno 등에 의하여 처음 보고되었다. 유기염소계, 유기인계 및 카바메이트계 농약들에 대하여 저항성을 가진 해충들에 대하여 광범위한 약효를 나타낸다. 급성독성 증상으로는 흰쥐에서 불안, 떨림, 안구돌출, 설사, 비정상적인 걸음걸이, 타액분비 등이 나타난다. 경구투여 후 살아남은 흰쥐는 빠르

1. 잔류농약

게 회복되며 3~4일 내에 정상으로 회복되는 것으로 보고되고 있으며, EPA의 분류에 따르면 비발암물질로 구분되고 있다. ADI는 0.02 mg/kg 체중/day (JMPR)로 알려져 있으며 환경에 대한 잔류 독성 문제도 미약한 것으로 알려져 있다. 또한 동물 체내에서 매우 빠르게 분해되어 96%이상이 6~14일 이내에 대변으로 배설된다고 한다.

우리나라에 등록된 품목은 이성체 성분을 포함하여 8품목이 있으며 피레스로이드계의 특성에 따라 어독성 1급으로 분류되어 벼 재배용으로는 사용할 수 없다.

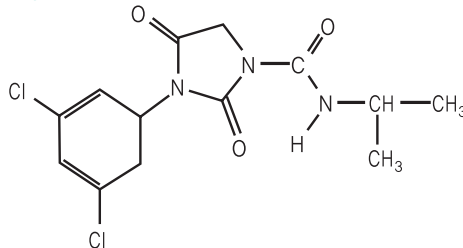
식품의약품안전청의 최근 3년간 유통농산물 잔류농약 모니터링에서는 허용기준초과 10건이 발생되었다.

검출농약	건수	농산물(부적합횟수)
펜발러레이트	10	고춧잎(5), 녹차(2), 겨자(1), 깻잎(1), 비름나물(1)

국립농산물품질관리원의 최근 3년간의 생산 및 출하단계 안전성조사에서 2006년 8, 2007년 9, 2008년 2점이 부적합으로 조치를 받았다. 잔류농약 분석은 다중농약 다성분 시험법에 따라 GC-ECD로 쉽게 검출된다. 분석대상은 S-, R-form으로 두개의 피크가 출현한다.

5) 디카복시미드(Dicarboximide)

① 이프로디온(Iprodione)





이프로디온(상표명 ‘로브랄’)은 1970년 프랑스의 Rhone-Puolenc 사에 의하여 일련의 hydantoic계 화합물중 병원균의 활성을 정지시킬 수 있는 살균제로 발견된 화합물이다.

이 약제는 백색분말결정체로서 용점이 136℃이고 20℃의 물에 대한 용해도가 13mg/L이다. 대부분의 유기용매에 녹지 않는다.

독성은 쥐에 대한 급성경구독성 LD50은 3,500mg/kg이며, 1년 6개월동안 매일 1,500mg/kg을 투여한 결과 아무런 이상이 없었다. 피부나 눈에 대한 자극성도 나타나지 않았다.

작용특성은 폭넓은 스펙트럼을 가진 보호살균제로서 Alternaria, Botrytis 및 Sclerotinia 속균의 병에 효과가 좋다. 작용기작은 포자의 발아억제 및 균사의 신장억제효과가 주체이고 식물체 내로의 침투이행은 거의 이루어지지 않는다. 국내 등록된 품목은 7종 있다.

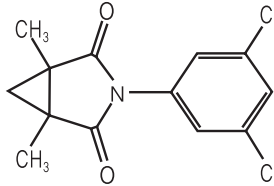
식품의약품안전청의 2006~2008년 유통농산물 모니터링에서 16건의 허용기준 초과 사례가 있었다. 농산물의 잔류허용기준으로 가장 높은 수치는 사과, 배, 복숭아 등 10, 최저는 마늘, 양파 0.1mg/kg이다. 엽채류는 양상추의 10mg/kg 적용을 받게 된다.

검출농약	건수	농산물(부적합횟수)
이프로디온	16	파(7), 부추(3), 셀러리(3), 상추(2), 미나리(1)

국립농산물품질관리원의 최근 3년간 생산단계 안전성조사에서는 2006년 13, 2007년 26, 2008년 16건의 부적합이 있어서 출하연기, 용도전환 또는 폐기조치 되었다. 잔류농약 분석은 다중농약 다성분 시험법에 따라 GC-ECD 및 NPD로 쉽게 검출된다.

1. 잔류농약

② 프로사이미돈(Procymidone)



국내에서는 프로사이미돈이 함유된 농약품목은 7품목이 등록되어 있으며 주로 고추, 딸기, 수박, 양파, 오이, 토마토, 포도, 복숭아 등에 살균제로 사용되고 있으며, 국내농약관리법에서는 저독성 물질로 분류되고 있으나, 일본 후생성의 내분비장애추정 물질 분류 및 국내 농약잔류량 모니터링 결과 지속적으로 높은 검출빈도를 보여 농촌진흥청에서는 잔류농약에 대한 안전성 강화를 위해 2005년 엽채소류에는 사용을 금지시켰으며, 현재도 더 이상의 추가등록은 허용하지 않고 있다.

급성독성은 낮은 편이며, 만성독성의 경우 일부 실험동물에서 종양유발이나 상대적 인간 무게 증가가 보고되고 있다(KNTP). 일본 후생성에서는 procymidone을 내분비계 장애추정물질로 분류하고 있으며, WHO에서 제안하고 있는 ADI는 0.1mg/kg 체중/day이다. 우리나라 MRL은 복숭아, 딸기 10, 상추, 양상추에 5mg/kg으로 엽채소류는 5mg/kg의 기준을 적용받게 된다. 최저기준은 기타농산물 0.05mg/kg이다.

식품의약품안전청의 2006~2008년 사이의 잔류농약 검사 결과에 따르면 총 조사건수 1,772건중 프로사이미돈의 허용기준 초과건수가 264건으로 14.9%로서 첫 번째를 차지하고 있으며 참나물, 부추, 돌나물, 시금치, 근대 등 주로 소면적 재배작물에 심각한 농약 남용의 실태를 나타내고 있다.

검출농약	건수	농산물(부적합횟수)
프로사이미돈	264	참나물(47), 부추(35), 돌나물(28), 시금치(22), 근대(20), 상추(16), 치커리(12), 파(11), 셀러리(9), 겨자(8), 썩갓(7), 고춧잎(6), 배추(6), 깻잎(4), 로즈(4), 케일(4), 아욱(3), 청경채(3), 밀감(2), 신선초(2), 수삼(2), 열무(2), 갓(1), 당귀(1), 모시잎(1), 미나리(1), 미니코스(1), 비름나물(1), 세발나물(1), 오미자(1), 유채(1), 취나물(1), 홍삼(1)

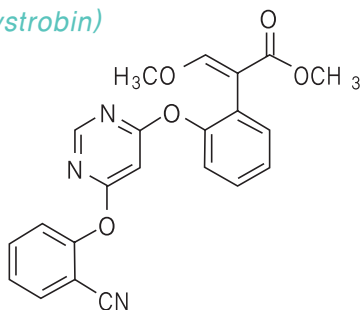


한편 국립농산물품질관리원의 최근 3년간의 재배 및 출하단계 안전성조사 결과를 보면 2006년 29, 2007년 40, 2008년 204건이 부적합으로 판정을 받았다. 2008년에 부적합이 증가된 이유는 상반기 조사에서 기타농산물 잔류허용기준인 0.05mg/kg을 적용한 결과이다. 2008년 출하전 농산물의 잔류농약검사 실태를 보면 프로사이미돈이 전체 부적합 1,573건중 204건에 해당되었고 검출된 작물은 감귤, 겨자채, 근대, 깻잎, 당근, 대파, 돌나물 등 28 작물에 무분별하게 사용되고 있는 것으로 조사되었다. 잔류농약 분석은 다종농약 다성분 시험법에 따라 GC-ECD 및 NPD로 매우 쉽게 검출된다.

6) 스트로빌루린(Strobilurine)

스트로빌루린계는 살균제로 사용되는 약제로서 미생물인 사상균의 대사산물인 strobilurins와 oudemansins의 유기합성 유사체이다. 침투이행성을 가진 약제로서 예방과 치료효과를 동시에 나타내므로 등록되지 않은 작물에 사용하여 부적합 농산물로 적발되는 경우가 대부분이다.

① 아족시스트로빈(Azoxystrobin)



아족시스트로빈은 Zeneca Agrochemicals(지금의 Syngenta AG)에 의해 1996년에 상용화되었다. 원체는 흰색 고체로서 녹는점이 114~116℃이며 물에 6mg/L, 헥산에 0.057, 옥타놀에 1.4, 메탄올에 20, 아세톤에 86g/L가 녹는다.

1. 잔류농약

작용기작은 ubiquinol oxidising site에서 cytochrome b와 cytochrome c1 사이에서 전자전달을 방해하여 미토콘드리아 호흡을 저해한다. 예방, 치료 및 완치효과를 갖는 이형성을 가진 살균제이다.

인축에 대한 독성은 랫드에 대한 급성경구독성 LD50 는 5,000mg/kg이상이다. ADI는 0.1mg/kg 체중/day(EU), 미국의 RfD는 0.18mg/kg 체중/day이다.

우리나라에는 1998년에 최초 등록되어 지금은 가지, 고추 등 과채류, 잎들깨, 참나물 등 37작물에 등록되어 농가에서 선호하는 농약중에 하나이다.

MRL은 엽채류에서는 들깻잎 5.0, 우엉잎 2.0 mg/kg이며 엽채소류는 소분류군의 최저치인 2 mg/kg을 적용받게 되며, 기타농산물은 0.05 mg/kg이다.

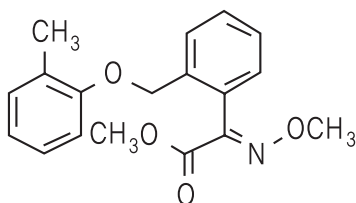
식품의약품안전청의 최근 3년간 잔류허용기준 초과실태를 보면 프로사이미돈, 엔도설판에 이어 177건으로 3위를 차지하고 있다.

검출농약	건수	농산물(부적합횟수)
아족시스트로빈	177	깻잎(44), 상추(27), 시금치(21), 근대(18), 비름나물(17), 배추(15), 썩갯(6), 부추(4), 취나물(4), 겨자(3), 열무(3), 참나물(3), 구기자(2), 신선초(2), 돌나물(1), 롤라(1), 머위(1), 비트(1), 셀러리(1), 아욱(1), 파(1), 파슬리(1)

국립농산물품질관리원의 최근 3년간의 농산물 출하전 잔류농약검사에서는 2006년 24, 2007년 140, 2008년 46건이 부적합으로 출하연기, 용도전환 또는 폐기처분 조치되었다. 이들 대부분은 최저기준인 기타농산물 기준인 0.05를 적용한 경우이다. 잔류농약 분석은 다중농약 다성분 시험법에 따라 HPLC-UV로 검출된다.



② 크레속심메틸(Kresoxim-methyl)



크레속심메틸은 BASF AG가 1983년에 발견하였다. 1996년에 농약으로 시판되기 시작하였고 우리나라에는 1999년에 등록되었다.

원제는 약간의 방향족 향을 가진 흰색의 결정체로서 녹는점은 101.6~102.5℃이며 물에 2ppm, 유기용매에는 비교적 잘 녹는다.

독성은 랫드에 대한 급성경구독성 LD50 5,000mg/kg 이상이다. ADI는 0.4mg/kg 체중이다.

국내에는 1999년에 최초 도입되어 현재 크레속심메틸 함유 품목은 7종이 등록되어 있으며 채소류, 과수류의 병해 방제에 많이 사용되고 있다.

최근 3년간의 식품의약품안전청 유통농산물 잔류농약모니터링 결과를 보면 허용기준 초과가 40건이 발생되었다.

검출농약	건수	농산물(부적합횟수)
크레속심메틸	40	깻잎(9), 상추(9), 썩갠(4), 파슬리(4), 배추(3), 시금치(3), 비름나물(2), 취나물(2), 고춧잎(1), 돌나물(1), 셀러리(1), 파(1)

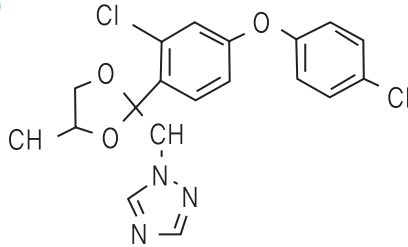
국립농산물품질관리원의 최근 3년간 생산 및 출하전 안전성검사 결과에서는 2006년 13, 2007년 23, 2008년 26건의 부적합이 적발되어 출하연기, 용도전환 및 폐기조치 처분을 하였다. 잔류농약 분석은 다중농약 다성분 시험법에 따라 GC-NPD로 검출된다.

1. 잔류농약

7) 트리아졸(Triazole)

식물의 생장점으로부터 흡수되어 신속하게 이행되는 침투이행성 살균제가 주를 이루며, 보호 및 치료효과를 겸비하고 있다. 작물의 세포막 성분인 ergosterol의 생합성을 저해하여 살균작용을 나타낸다. 원예작물의 흰가루병, 잿빛곰팡이병, 낙엽병 등의 방제에 주로 사용된다. 일부 트리아졸계 살균제는 생육지연 효과를 나타낸다는 보고가 있다

① 디페노코나졸(Difenoconazole)



디페노코나졸은 1989년 Ciba-Gegy(지금의 Syngenta AG)에 의해 소개된 cis-와 trans-이성체가 0.1:1 ~ 1.5 ~ 1의 비율로 구성되어 있는 트리아졸계 살균제다. 원제의 성상은 흰색~회색의 결정으로 녹는점은 82~83℃이고 물에 15ppm이 녹고 에탄올, 아세톤, 톨루엔에는 잘 녹는다.

이행성으로서 예방과 치료효과를 나타낸다.

독성은 쥐에 대한 급성경구독성 LD50이 1453mg/kg이다. ADI는 0.01 mg/kg 체중이다.

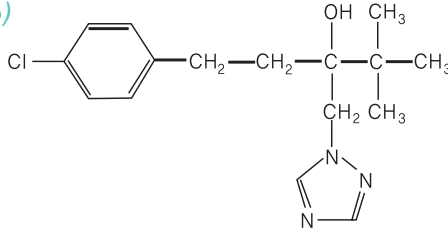
국내 등록되어 있는 디페노코나졸 함유 품목은 15종이 있다.

최근 3년간의 식품의약품안전청 유통농산물 잔류농약모니터링 결과를 보면 고춧잎에서 허용기준 초과가 1건이 발생되었다.

국립농산물품질관리원의 최근 3년간 생산 및 출하전 안전성검사 결과에서는 2006년 35, 2007년 46, 2008년 14건의 부적합이 적발되어 출하연기, 용도전환 및 폐기조치 처분을 하였다. 잔류농약 분석은 GC-NPD, FPD를 사용한다.



② 테부코나졸(Tebuconazole)



테부코나졸은 남아공의 Bayer AG 사에서 1988년에 소개한 살균제이다.

원제의 성상은 무색~연한 갈색 분말로서 녹는 점은 105°C이고 물에는 39ppm이 녹으며, dichloromethane에 >200, isopropanol, toluene 50-100, hexane <0.1g/L가 녹는다.

Steroid demethylateion (에르고스테롤 생합성) 저해제로서 예방, 치료효과가 있는 이행성 살균제이다.

독성은 랫드에 대한 급성경구독성이 수컷에 대해 LD50 4000, 암컷 1700 mg/kg, 마우스에 대한 LD50는 3000mg/kg이다. ADI는 0.03mg/kg 체중이다.

최근 3년간의 식품의약품안전청 유통농산물 잔류농약모니터링 결과를 보면 달래 2, 고춧잎 1건에서 허용기준 초과가 되었다.

국립농산물품질관리원의 최근 3년간 생산 및 출하전 안전성검사 결과에서는 2006년 30, 2007년 37, 2008년 13건의 부적합이 적발되어 출하연기, 용도전환 및 폐기조치 처분을 하였다. 잔류농약 분석은 다중농약 다성분 시험법에 따라 GC-NPD로 검출된다.

8) 파클로부트라졸(Paclobutrazole)

파클로부트라졸은 식물생장조정제로서 ICI Agrochemicals(지금의 Syngenta AG)에서 개발하여 1986년에 상용화되었다.

지베렐린 생합성 저해하여 세포 분열 속도를 지연시켜 생육을 억제하는 효과가 있다.

1. 잔류농약

용도는 과수의 낙과방지, 국화, 베고니아, 프리지아, 포인세티아 등 분화용 식물의 생육을 억제시키기 위해 사용한다. 또한 잔디의 생육을 지연시키기 위해 사용한다. 우리나라에서는 '80년 말' 90년대 초에 많은 연구 있었으나 토양잔류성이 길어서 살포된 토양에 다음 작물을 재배할 때 생육이 억제되는 약해가 발생되어 실용화하지 못했다. 일부 재배농가에서는 채소류의 외관을 좋게 보이게 할 목적으로 파클로부트라졸을 중국 등지에서 밀수입하여 사용하는 것으로 추정된다. 파클로부트라졸은 국내 미등록 농약으로 효과는 물론 안전성 검증이 안된 성분이므로 사용해서는 안된다.

2008. 10월 어느 TV 시사교양 프로그램에서 쌈채소 재배농가들의 파클로부트라졸 불법 사용실태가 방영되어 사회적 파장을 일으킨 바 있다. 「시중에 유통되는 쌈채소 30개를 수거해 '파클로부트라졸'의 사용 여부를 확인한 결과, 4개의 쌈채소에서 '파클로부트라졸'이 검출됐다. 이 같은 제품은 재래시장뿐 아니라 일부 유명 마트에도 납품됐다. '파클로부트라졸'을 뿌리면 채소가 길게 자라는 걸 막아 도톰하고 단단하며 한입에 꼭 들어가는 적당한 크기가 된다. 색깔도 선명하고 보존 기간도 늘어난다. 이 때문에 상품성이 높아 일반 쌈채소보다 4~5배가 넘는 가격에 팔리고 있다.」는 내용이다. 소수의 농가에 의해 불법이 행해서 불특정 다수가 피해를 보는 사건으로 우리 농산물 전반에 대한 신뢰를 허물어서는 안될 것이다.

인축독성은 쥐에 대한 급성경구독성 LD50가 1,300~2,000 mg/kg이며, 중간정도의 안구자극성이 있다. 개에 대한 급여시험에서 무영향약량(NOEL)은 75mg/kg, day이며 ADI는 0.1mg/kg 체중이다. 암을 일으키는 것과는 무관하다.

식품의약품안전청의 최근 3년간 유통농산물의 잔류농약모니터링 결과를 보면 허용기준초과 건수가 47건으로 미등록 농약성분의 사용에 주의가 요구된다.

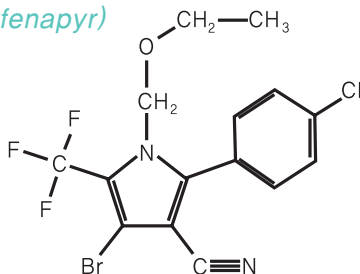
검출농약	건수	농산물(부적합횟수)
파클로부트라졸	47	겨자(34), 치커리(5), 근대(2), 배추(2), 케일(2), 시금치(1), 쑥갓(1)



또한 국립농산물품질관리원의 생산 및 출하단계 안전성조사에서도 2006년 1, 2007년 18, 2008년 16건이 적발되었다. 일부 엽채소류 재배농가에서 의도적으로 사용하기도 하지만 일부 친환경농자재에 파클로부트라졸 성분이 함유되어 재배농가에서는 본의 아닌 피해로 돌아와 역울함을 호소하는 사례도 있었다. 잔류농약의 분석은 다종 다성분 동시 시험법을 이용하여 GC-ECD, FPD, NPD로 쉽게 분석된다.

9) 기타

① 클로르페나피르(Chlorfenapyr)



클로르페나피르(상표명 렘페이지)는 ACC 사에 의해 개발된 파이롤(pyrrol)계 살충, 살비제로 미국에서 1994년에 사용하기 시작하여 우리나라에는 1996년부터 사용하고 있는 농약이다.

작용은 미토콘드리아의 전기화학적 균형을 깨뜨려 산화적 인산화 반응에서의 산소흡수를 저해하여 인산화를 저해한다.

인축독성은 랫드에 대한 급성경구독성 LD50가 암컷 1,152, 수컷 441mg/kg이다. ADI는 0.0026mg/kg 체중/day이다.

국내 등록 클로르페니피르 함유 농약품목은 17품목이 과수, 채소류의 응애, 총채벌레 등의 방제약제로 많이 사용되고 있다.

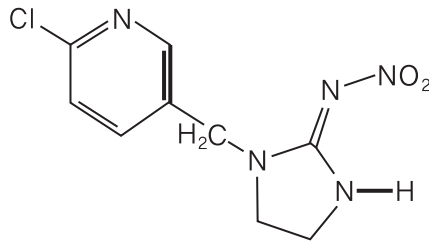
식품의약품안전청의 최근 3년간 유통농산물 잔류농약 모니터링에서 클로르페나피르 성분의 기준초과건수는 28건이었다.

Ⅰ. 잔류농약

검출농약	건수	농산물(부적합횟수)
클로르페나피르	28	셀러리(5), 비름나물(4), 배추(3), 상추(3), 근대(2), 케일(2), 파(2), 깻잎(1), 당귀(1), 당귀잎(1), 시금치(1), 아욱(1), 열무(1), 치커리(1),

또한 국립농산물품질관리원의 생산 및 출하단계 안전성조사에서도 2006년 16, 2007년 18, 2008년 13건이 적발되어 출하연기, 용도전환 및 폐기조치 되었다. 잔류농약의 분석은 다중농약 다성분 시험법에 따라 GC-NPD, FPD를 이용한다.

② 이미다클로프리드(Imidacloprid)



이미다클로프리드는 네오니코티노이드계 살충제로서 Bayer와 Nihon Tokushu Noyaku Seizo KK.에 의해 1991년 소개되었다.

원체의 성상은 무색의 결정으로 녹는점이 144°C이다. 용해도는 물에 대해 0.61g/L, dichloromethane 67, isopropanol 2.3, toluene 0.69g/L 이다.

곤충의 중앙신경계의 protosynaptic nicotinc 수용체에 결합 길항제로서의 역할을 하며, 접촉독과 소화중독을 일으키는 이행성 살충제이다. 뿌리로부터 흡수되어 위쪽으로 쉽게 이행된다.

독성은 랫드에 대한 급성경구독성 LD50은 450mg/kg이다. ADI는 0.06mg/kg 체중이다.

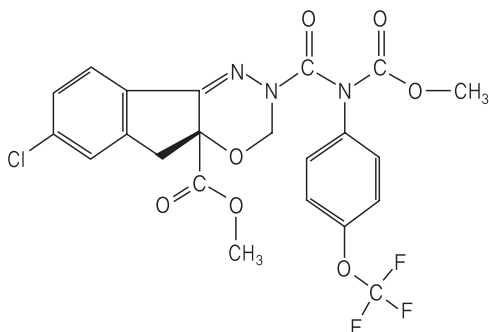
국내 등록된 품목은 31품목으로 벼, 과수류, 채소류 등 진딧물약으로 36작물에 사용되고 있다.



식품의약품안전청의 최근 3년간 유통농산물 잔류농약 모니터링에서 허용기준을 초과한 사례는 없었다.

국립농산물관리원의 최근 3년간의 생산 및 출하단계 농산물 안전성검사에서는 2006년 1, 2007년 7, 2008년 3건이 부적합 판정조치를 받았다. 잔류농약의 분석은 니코티노이드계 농약성분 동시분석법에 따라 HPLC-UVD 및 LC-MS를 사용한다.

③ 인독사카브(Indoxacarb)



인독사카브는 옥사디아진계 살충제로서 Dupont Agricultural Products에서 개발하여 2000년 미국에서 최초 상용화하였다.

(S)-와 (R)-이성체로 3:1의 비율로 구성되어 있고 원체는 흰색 분말로서 녹는점이 88.1°C이며 용해도는 물에 0.2mg/L, n-octanol에 14.5, 메타놀에 103, 아세토니트릴 139g/L, 아세톤에 >250g/kg 녹는다.

(S)-이성체가 활성이 있으며 신경세포에서 Na 채널을 막는다. 접촉 및 섭식에 의한 살충활성을 나타낸다.

인축독성으로 랫드에 대한 급성경구독성 LD50은 암컷1732, 암컷 268mg/kg이다. ADI는 0.002mg/kg 체중/day이다.

Ⅰ. 잔류농약

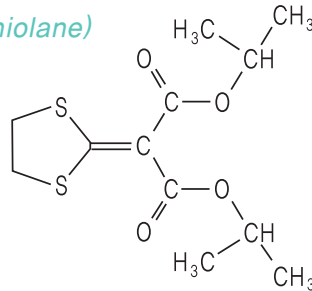
우리나라에는 2000년에 최초 등록되어 현재는 8품목이 감, 감귤, 머루, 복숭아, 사과, 살구, 양앵두, 자두 등 과수류와 고추, 녹색꽃양배추(브로콜리), 딸기, 오이 등 23작물에 사용되고 있다.

식품의약품안전청의 최근 3년 유통농산물중 잔류농약 모니터링에서 34건의 허용기준 초과 사례가 있었다.

검출농약	건수	농산물(부적합횟수)
인독사카브	34	깻잎(9), 고춧잎(5), 배추(3), 상추(3), 케일(3), 부추(2), 비름나물(2), 시금치(2), 갯(1), 겨자(1), 근대(1), 참나물(1), 취나물(1)

국립농산물관리원의 최근 3년간의 생산 및 출하단계 농산물 안전성검사에서는 2006년 22, 2007년 46, 2008년 25건이 부적합 판정조치를 받았다. 잔류농약 분석은 다중성분 동시분석법을 이용하며 GC-ECD로 분석한다.

④ 아이소프로티올레인(Isoprothiolane)



아이소프로티올레인(상표명: 후지원, 후치왕)은 Nihon Noyaku 사에서 1975년 개발한 디티올레인계 살균제로서 벼의 뿌리 생장을 촉진하는 생장조절제의 성질도 가지고 있는 약제이다. 이 약제는 무색의 결정체로서 곰팡이 냄새가 나며 녹는점이 133~135℃ 이고 물에 8mg/L, 아세톤에 115g/kg이 녹는다.



인지질생합성 제해제(methyltransferase)로서 보호 및 예방효과가 있는 이행형 살균제로서 잎과 뿌리를 통해 흡수 이행된다.

독성은 쥐에 대한 급성경구독성 LD50은 수컷 1190, 암컷 1340mg/kg이다. ADI는 0.016mg/kg 체중이다.

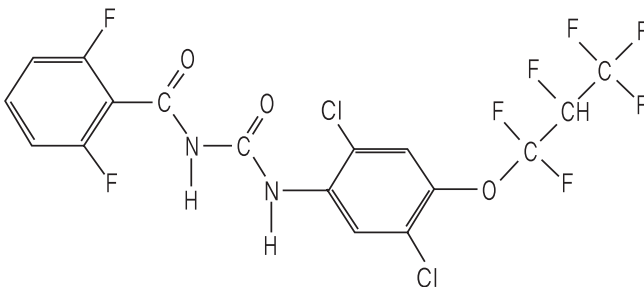
아이소프로티올레인은 벼 도열병 약제로 국내에는 1983년에 도입되어 사용되어오다가 근자에 들어와 사과, 양파, 마늘 등 전작물의 병해 방제약제로 적용을 확대하는 추세이다. 아이소프로티올레인이 함유된 등록 품목은 10품목이 있다.

식품의약품안전청의 최근 3년간의 유통 농산물중 잔류농약 모니터링 결과를 보면 허용 기준 초과가 6건이 있었다. 농약잔류허용기준은 쌀 0.5, 마늘 0.2, 양파 0.2, 사과 0.05mg/kg이다.

검출농약	건수	농산물(부적합횟수)
아이소프로티올레인	6	깻잎(2), 취나물(2), 파(1), 파슬리(1)

국립농산물관리원의 최근 3년간의 생산 및 출하단계 농산물 안전성검사에서는 2006년 50, 2007년 44, 2008년 26건이 부적합 판정조치를 받았다. 잔류농약분석은 다중농약 다성분 시험법에 따라 GC-NPD, FPD로 분석한다.

⑤ 루페뉴론(Lufenuron)



1. 잔류농약

루페뉴론은 벤조일우레아계 살충?살응애제로서 1990년 Ciba-Geigy(지금의 Syngenta AG)에서 상용화하였다. 원체는 무색 결정으로 녹는점이 168.7~169.4°C이고 용해도는 물에는 <0.06mg/L, 에탄올 41, 아세톤 460, 톨루엔 72, n-hexane 0.13, n-octanol 8.9 g/L가 녹는다. 물, 공기와 빛에 안정하다.

키티ن 생합성을 저해하는데, 섭식에 의한 효과를 나타낸다. 유충의 탈피를 방해하고 먹이의 섭식을 막으며, 산란을 억제하는 효과가 있다.

우리나라에는 1997에 최초 등록되어 감, 복숭아, 사과, 자두 등 과수와 들깨, 케일, 고추, 배추 등 채소류 등 17작물에 등록되어 사용하고 있다.

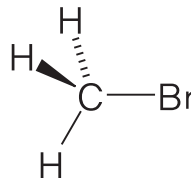
MRL은 들깨잎 3.0, 배추 0.2, 케일 2.0mg/kg이고 엽채소류 최저기준은 0.2mg/kg을 적용받는다.

식품의약품안전청의 최근 3년간의 유통농산물 잔류농약 모니터링에서 10점의 허용기준 초과 사례가 발생되었다.

검출농약	건수	농산물(부적합횟수)
루페뉴론	10	고춧잎(1), 근대(1), 깻잎(1), 부추(1), 비트(1), 상추(1), 시금치(1), 열무(1), 취나물(1), 치커리(1)

국립농산물관리원의 최근 3년간의 생산 및 출하단계 농산물 안전성검사에서는 2006년 35, 2007년 74, 2008년 48건이 부적합 판정조치를 받았다. 잔류농약의 분석은 다중농약 다성분 분석법에 따라 HPLC-UVD를 이용한다.

⑥ 메틸브로마이드(Methyl Bromide)





메틸브로마이드는 브로모메탄(Bromomethane)이라고도 불리며 대표적인 훈증 소독제로 주로 토양 살균과 광범위한 해충박멸용으로 이용되는 농약이다. 메틸브로마이드는 인공적으로 뿐만 아니라 해양에서 자연적으로 발생하는 성분이기도 하다. 메틸브로마이드는 무색, 무취의 기체로 광범위한 해충 박멸에 이용되어 왔으나, 해당 성분이 지구의 오존층을 파괴하는 것으로 알려진 후 오존-고갈성분 Class I으로 구분되어있다. 몬트리올 협약에 의해 전 세계적으로 2005년 1월까지 검역 및 수출을 위한 예외 등을 제외하고는 그 사용을 전면 금지하였다. 우리나라에서는 ‘ㅇㅇ엠비’라는 상표의 메틸브로마이드 훈증제를 조달청, 국립중앙도서관, 국립농산물검사소, 국립식물검역소, 농협, 한국담배인삼공사, 사단법인 한국수출입식물방제협회, 수출입식물방제업자 및 육군본부(중앙문서 관리단), 공군본부, 해군본부, 정부기록보존소에 한해 공급하고 있으며 특히 국내 반입 농산물에 대한 검역 시 인화늄과 함께 가장 빈번히 사용되는 농약으로 알려져 있다. 실제로 1999~2002년간 수입농산물에 대한 다검출 농약 중 메틸브로마이드는 10건으로 이마자릴과 티아벤다졸 그리고 이산화황에 이어 4번째를 기록했다. 수입 오펜지의 경우 상온 15~20℃에서 1입방미터 당 40.5g을 2시간 동안 메틸브로마이드를 가스 상태로 살포해 소독하고 있다. 현재 메틸브로마이드는 브롬이온으로서 감자, 대두 등 32가지 농산물들에 대하여 20~50ppm의 농약잔류허용기준이 운용중이며 기타 감귤류에 30ppm 기타 곡류 그리고 기타 콩류에 대하여 50ppm의 기준이 설정되어있다.

메틸브로마이드는 고농도를 단기간 흡입할 경우 두통, 현기증, 구토 및 허약 증상을 느낄 수 있으며 심하면 경련과 급성 흥분 상태를 유발할 수 있다. 보다 길게 노출될 경우에는 천식이나 폐렴을 유발할 수 있다. II급 (고독성)인 메틸브로마이드는 농약안전사용 특별교육을 받은 자만이 환기 등의 엄격한 사용규칙을 준수하는 상태에서만 사용가능하다. 잔류농약분석은 GC-ECD를 사용한다.

1. 잔류농약

5. 관련기관

조직	담당 업무	연락처
농촌진흥청 연구정책국 농자재관리과	<ol style="list-style-type: none"> 1. 농약의 품질관리·유통단속·표준규격 설정 및 제도 개선에 관한 사항 2. 농약품목·원제·농약제조업 등(판매업 제외)의 등록관리, 교육, 수출입 및 제증명서 발급 등에 관한 사항 3. 농약 관련 시험·연구기관 지정 및 민원의뢰시험의 관리 4. 농약 관련 위원회 운영에 관한 사항 5. 농약 관련 이의신청 및 청문에 관한 사항 6. 부정·불량 농약 단속에 관한 사항 	031-299-2600~3 www.rda.go.kr
농촌진흥청 국립농업과학원 농약평가과	<ol style="list-style-type: none"> 1. 농약의 시험기준과 방법 설정 및 등록평가 기법 개발 2. 등록신청 농약의 약효·약해·독성 및 잔류성 평가 3. 농약의 사람·가축 및 환경에 대한 안전성 평가 4. 농약의 안전사용기준 및 잔류허용기준 설정 연구 5. 농약원제·제품의 분석법 개발 및 품질 확인·분석·관리 6. 농약의 이화학성, 생물활성 조사·분석·평가 	031-290-0571~2 www.niastr.go.kr
농촌진흥청 국립농업과학원 유해물질과	<ol style="list-style-type: none"> 1. 농산물 오염 유해물질별 분석기술 개발 및 오염원 구명 연구 2. 농약을 제외한 유해물질의 사람·가축 및 환경에 대한 안전성 연구 3. 안전농산물 생산기술 개발 및 평가기법 연구 4. 농산물 유해물질 안전관리에 관한 연구 5. 유해물질의 농산물우수관리기준 설정 및 적용 연구 6. 국제기구 관리 대상 유해물질의 안전관리 기준설정 연구 	031-290-0511~2 www.niastr.go.kr
농수산식품부 국립농산물품질 관리원 소비안전과	<ol style="list-style-type: none"> 1. 농산물의 안전성 조사 2. 친환경농축산물 인증관리 3. 우수농산물인증기관관리시설 지정 및 사후관리 4. 농산물이력추적관리 등록 및 사후관리 	031-446-0160~6 www.naqs.go.kr
식품의약품안전청 식품안전국 식품잔류농약과	<ol style="list-style-type: none"> 1. 식품에 잔류하는 농약의 안전성에 기술검토 2. 식품에 잔류하는 동물용의약품의 안전성 기술검토 3. 식품의 부정(不正)물질의 탐색·규명 및 안전성 기술검토 4. 식품에 잔류하는 화학물질의 모니터링 및 노출실태조사 5. 식품에 잔류하는 화학물질의 시험방법 개발 6. 식품에 잔류하는 화학물질의 위해분석을 위한 기술검토 지원 	02-380-1674~5 www.kfda.go.kr



조직	담당 업무	연락처
식품의약품안전청 식품안전국 수입식품과	1. 식품등의 수출입제도 업무 총괄 2. 식품등의 수입검사에 관한 지도·감독 및 조정 3. 수출식품 등의 인증 4. 수입식품 등의 현지조사에 관한 사항 5. 식품등의 사전확인등록제도 운영 6. 식품등의 국제협력 및 통상에 관한 업무지원	02-380-1733~4 www.kfda.go.kr
JMPR	잔류농약에 관한 FAO/WHO 합동전문가협의회 - 잔류농약의 안전성 및 위해성 평가를 실시하여 CODEX 잔류농약분과에서 국제적 기준을 설정할 수 있도록 함	http://www.codexalimentarius.net/web/jmpr.jsp
국제식품규격위원회 잔류농약분과 (CCPR)	○ 식품중 잔류농약에 대한 국제적으로 통용되는 기준 설정 - 회의결과 및 기 설정된 잔류농약 기준에 대한 자료를 찾아볼 수 있음	www.codexalimentarius.net

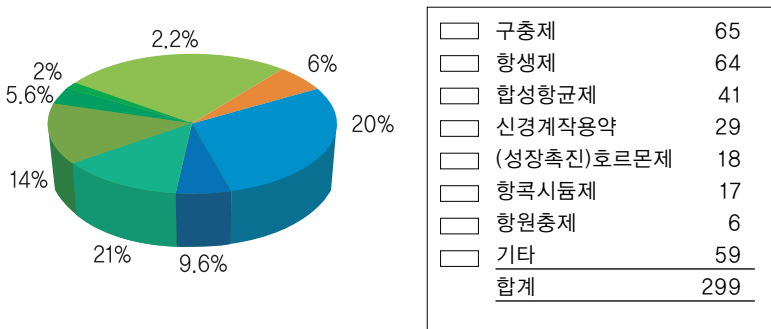
II. 동물용 의약품

1. 동물용 의약품 개요

동물용 의약품이란 동물의 질병치료, 예방 및 생산성 향상을 위하여 사용하는 의약품을 말한다. 「동물용 의약품 등 취급규칙 (농림부령 제1,537호, 2006. 8. 16)」에서는 동물용 의약품을 “동물용으로만 사용함을 목적으로 하는 의약품으로서 양봉용·양잠용·수산용 및 애완동물(관상어를 포함한다.) 의약품을 포함한다.”라고 정의하고 있다.

동물용 의약품에는 국립수의과학검역원장이 인정하는 기준과 규격에 적합한 원료 동물용 의약품과 비타민제, 프로비타민제, 항생물질, 항균제, 항산화제, 항곰팡이제, 효소제, 생균제, 아미노산제 및 미량광물질 등 사료에 첨가하여 질병의 예방, 결핍물의 보충, 사료효율의 증진 및 성장촉진 등을 목적으로 사용하는 사료첨가제 등이 있으며 최근에는 유전자재조합 등 생명공학 기술을 이용하여 생산된 백신제제, 호르몬제제 등이 다수 개발 이용되고 있다.

| 그림 1 가축에 사용하는 동물용 의약품 계열별 분포 |



- 보조성분 및 영양성분 등 제외
- 참고: 동물용 의약품등 편람 (2001), 동물용 의약품등 약효성분분류집(2004), EU EMEA/CVMP/765/99-Rev.12(2003), 미국 FDA approved animal drug products (2005)



| 표1 동물용의약품의 계열별 세부분류⁵⁾ |

대분류	소분류	약물명
신경계 작용약	중추신경계작용약	Diazepam, Diprophyline, Naloxone, Benzetimide HCl, Methscopolamine
	진정·진경제	Acepromazine, Azaperone, Belladonna, Brotizolam, Detomidine HCl
	진통·해열·소염제	Ephedrin, Antipyrine, Dimethothoxyquinazine, Aluminium salicylate, Acetaminophen, Acetanilide, Novalgin, Acetylsalicylic acid, Benzylamine, Sulpyrine
	항히스타민제	Cyproheptadine HCl, Dexamethazone, Betamethasone, Prednisolone
	비스테로이드성 항염증제(NSAID)	Dipyron, Etodolac, Meloxicam, Phenylbutazone, Flunixin
항생제	Aminoglycosides	Amikacin sulfate, Apramycin, Destomycin, Dihydrostreptomycin, Gentamycin, Hygromycin B, Kanamycin, Neomycin, Streptomycin, Spectinomycin
	Cephalosporins	Cefacetril, Cefazolin, Cefoperazone, Cefquinome, Ceftiofur, Cefuroxime, Cephalexin, Cephalonium, Cephaloridine, Cephapirin
	Marcrolides	Erythromycin, Josamycin, Kitasamycin, Oleandomycin, Roxithromycin, Sedecamycin, Spiramycin, Tilmicosin, Tylosin
	Penicillins	Amoxicillin, Ampicillin, Benzatine cloxacillin, Clavulnic acid, Cloxacillin, Dicloxacillin, Nafcillin, Penicillin G, Phenazone
	Lincosamides	Clindamycin, Lincomycin, Pirlimycin
	Peptides	Bacitracin, Colistin, Enramycin
	Phenicols	Chloramphenicol, Fluorofenicol, Thiamphenicol
	Tetracyclines	Chlortetracycline, Doxycycline, Oxytetracycline, Tetracycline

5) 참고: 동물용의약품 등 편람 (2001), 동물용의약품등 약효성분분류집 (2004), 금지약품 포함

II. 동물용 의약품

대분류	소분류	약물명
항생제	Glycopeptides	Avoparcin, Vancomycin
	기타	Avilamycin, Efrotomycin, Bambermycin, Tiamulin, Griseofulvin, Novobiocin, Nystatin, Polymixin-B, Rifampicin, Virginiamycin
합성 항균제	Benzylperimidine	Ormethoprim, Trimethoprim
	Fluoroquinolones	Cenfoxacin, Ciprofloxacin, Danofloxacin, Enrofloxacin, Flumequin, Norfloxacin, Ofloxacin, Orbifloxacin, Pefloxacin, Sarafloxacin
	Quinolones	Nalidixic acid, Oxolinic acid
	Nitrofurans	Furaltadon, Furazolidon, Nitrofurazone, Nitrovin
	Sulfonamides	Dapsone, Diaveridine, Sulfachlorpyridazine, Sulfaclozine, Sulfadiazine, Sulfadimethoxine, Sulfadimidine, Sulfadoxine, Sulfaguandine, Sulfamerazine, Sulfamethoxazole, Sulfamethoxyipyridazine, Sulfamonomethoxine, Sulfithiozole, Sulfanilamide, Sulfaphenazole, Sulfaquinoxaline, Sulfathiazole, Sulfatolamide, Sulfisomidine, Sulfisoxazole
	Quinoxalines	Carbadox, Olaquinox
성장 촉진 호르몬제	Steroids	17B-estradiol, Testosterone, Progesterone, Norgestromet, Melengestrol acetate, Zeranol, DES
	Beta-agonists	Trenbolone, Clenbuterol, Ractopamine
	Somatotropins	rBST, rPST
	기타	Thiouracil, Dinoprost, Carbetocin, Flumethazone, Gonadotrophin, Oxytocin
항콕시 둌제	Polyethers	Semduramycin, Lasalocid, Maduramycin, Monensin, Narasin, Salinomycin
	기 타	Amprolium, Ethopabate, Diclazuril, Clopidol, Nicarbazin, Halofuginone, Decoquinone, Robenidine, Roxarzone, Sulfantran, Zoalene
항원충제	Nitroimidazoles	Dimetridazole, Ipronidazole, Ronidazole
	기 타	Isomethamidium, Diminazene, Berenil
구충제	Avermectins	Abamectin, Doramectin, Eprinomectin, Ivermectin, Moxidectin
	Benzimidazoles	Albendazole, Benomyl, Cambendazole, Carbendazime, Febentel, Fenbendazole, Flubendazole, Mebendazole, Oxfendazole, Oxibendazole, Thiabendazole, Triclabendazole



대분류	소분류	약물명
구충제	Carbamates	Bendiocarb, Carbamate, Carbaryl, Methomyl, Propoxur
	Organochlorins	Lindane
	Organophosphates	Chlorpyrifos, Coumaphos, DDVP, Diazinon, Fenitrothion, Naled, Phosmet, Phoxim, Tetrachlorvinphos, Trichlorfon, Dichlorvos, Azamethiphos
	Pyrethroids	Alphamethrin, Cyfluthrin, Cypermethrin, Deltamethrin, Fluvalinate, Tetramethrin
	Piperazines	Piperazine, Pyrantel
	Salicylamides	Niclosamide, Oxyclozanide
	기 타	Aluminium silicate, Cymiazole, Clorsulon, Chlorophenol, Closantel, Dichlorophene, Diethylcarbamazine, Difluron, Diphenhydramine HCl, Nitroxyuil, Amitraz, Methoprene, Levamisole, Fluazuron, Imidacloprid, Oxythioquinox, Pyremethamine, Morantel, Clioquinol, Cyromazine

2. 동물용의약품의 위험평가

1) 동물용의약품에 대한 위험평가 과정

화학물질의 위험평가란 화학물질이 식용동물에 의도적으로 사용(농약, 동물용의약품)되거나 또는 환경중 오염 등에 의하여 식품에 잔류됨으로써 식품을 섭취한 화학적 위해 요소에 대하여 인체에 미치는 위해성 및 위험정도를 평가하는 것을 일컫는다. 동물용의약품의 위험평가는 위해확인(Hazard identification), 위해특성화 또는 용량-반응 평가(Hazard characterization, 또는 Dose-response assessment), 노출평가(Exposure assessment) 및 위험특성화(Risk characterization) 과정을 거쳐 이루어지며 평가항목에 따라 크게 대상동물 안전성평가, 사용자 영향평가, 환경영향평가 및 식품위해성 평가로 나뉠 수 있다. 동물용의약품의 위험평가는 주로 해당 의약품의 인·허가시 안전관리 방안 수립과 함께 이루어지며 위의 4가지 항목의 위험평가를 거쳐 사용허가 여부, 사용상 주의사항, 안전휴약기간, 식품중 잔류허용기준 등 위험관리 방안이 제시된다.

II. 동물용 의약품

| 표2 동물용의약품의 위험평가 단계 |

평가단계	세 부 내 용
위해확인	독성시험 및 평가
위해특성화	용량-반응 관련성 분석, 독성별 무독성량 설정
노출평가	대상가축에서의 잔류성 시험 → 가식부위 섭취량 고려 인체 노출량 평가
위험특성화	불확실성 계수 설정, 일일섭취허용량 설정, 일일섭취허용량 대비 축산물 섭취를 통한 인체노출에 의한 안전역 분석 가식부위별 안전농도 평가, 휴약기간, 가식부위별 잔류허용기준, 사용상 주의사항 등 평가

| 표3 동물용의약품의 위험평가 항목 및 위험관리 |

위험평가 항목	위험평가 대상	위험관리 방안
대상동물 안전성 평가	사용대상동물	부작용, 사용금지 여부, 사용상의 금기 또는 주의사항
사용자(작업자) 영향평가	동물용의약품 취급자 또는 수의사	사용금지 여부, 사용상의 금기 또는 주의사항, 응급조치방법
환경영향 평가	환경	환경중 방출여부, 폐기방법, 분뇨처리 방법
식품위해성 평가	식품소비자	일일섭취허용량, 잔류허용기준, 휴약기간, 검사법

2) 위험평가를 위한 과학적 자료

동물용의약품의 위험평가를 위하여 독성시험자료, 약리·대사 시험자료, 잔류성 시험자료, 검사법에 대한 자료, 노출량분석자료 등이 있다.



① 독성시험자료

위험평가를 목적으로 실시하는 독성시험에는 실험동물을 이용하는 생체내시험과 세균이나 세포를 이용하는 시험관내시험 등 여러가지 시험이 있으며 일반독성시험 및 특수 독성시험 자료로 대별된다.

② 잔류성시험 (Studies on Residue)

식용동물에 사용하는 동물용의약품을 임상용량 또는 수배의 임상용량으로 대상동물에 투여하여 생체내에서의 약물동태 및 소실기를 확인하는 시험이다. 이때 잔류분석법의 검출감도, 정량한계 및 재현성, 정밀도, 정확도를 확인하여 활용가능한 검사방법의 확보여부를 판단하며 체내 대사 등을 고려하여 가식부위별 검사가능물질 (marker residue)를 결정한다.

독성학적 실험에서 얻어진 1일 섭취허용량(ADI), 안전농도(Safe concentration) 등을 고려하여 최대잔류허용량(MRL)을 설정하며 동물용의약품의 대상동물에서의 안전 휴약기간을 정한다.

| 표4 동물용의약품의 독성시험 종류와 특성 |

독성시험 대분류	독성시험항목	특 성
일반독성 시험 (General toxicity test)	급성독성시험 (Acute Toxicity Test)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 2종 이상의 암수 동물을 사용하여 경구 및 비경구로 대상약물을 1회 투여한 후 1~2주간 이상 관찰하여 나타나는 독성을 질적 양적으로 검색 ○ 50% 치사량(LD50)을 구하여 독성의 강도 추정
	아급성독성시험 (Subacute Toxicity Test)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 1종(사료첨가제는 2종) 이상의 암수 동물을 사용하여 임상적용 경로 또는 경구로 대상약물을 3주간(사료첨가제는 3~6개월) 이상 매일 투여하여 나타나는 독성을 질적 양적으로 검색 ○ 중독량, 최소중독량 및 무독성량(No Observed Adverse Effect Level, NOAEL)을 구함

II. 동물용 의약품

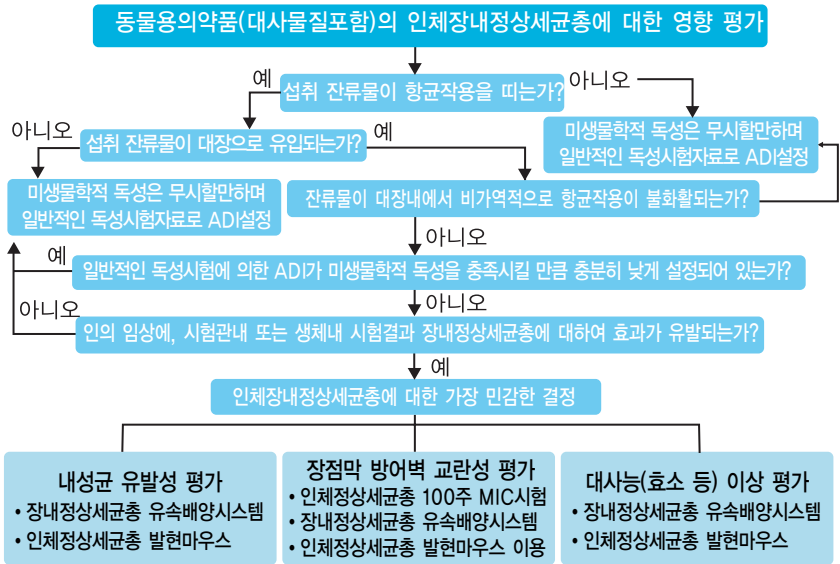
독성시험 대분류	독성시험항목	특 성
일반독성 시험 (General toxicity test)	아급성독성시험 (Subacute Toxicity Test)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 동물의 일반상태, 체중, 사료 및 검체섭취량, 음수량 관찰, 요검사, 안과적 검사, 투여(관찰)기간 종료시에는 기관 조직의 육안적 관찰과 필요시병리조직학적 검사, 부검시에 혈액학적 및 혈액생화학적 검사 실시, 근육, 지방, 간장, 신장 등에 대하여 검체 또는 대사물의 잔류량 측정 권장
	만성독성시험 (Chronic Toxicity Test)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 1종(사료첨가제는 2종) 이상의 암수 동물을 사용하여 임상적용 경로 또는 경구로 대상약물을 3개월(사료첨가제는 2년) 이상 매일 투여하여 나타나는 독성을 질적양적으로 검색 ○ 독성변화가 나타나는 양 및 무독성량(NOEL) 산출 ○ 동물의 일반상태, 체중, 사료 및 검체섭취량 등 관찰, 요검사, 안과적 검사 실시, 투여(관찰)기간 종료시에는 기관 조직의 육안적 관찰, 중량 측정 및 병리조직학적 검사, 부검시에 혈액학적 및 혈액생화학적 검사 실시
특수독성시험 (Special Toxicity Test)	생식독성시험 (Reproductive Toxicity tests)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 실험동물의 생식능력 및 후세대에 미치는 영향 등 생식과정 전반에 미치는 영향에 관한 시험 ○ 최기형성시험 (Teratogenicity Test) 설치류 및 비설치류 각 1종 이상의 암컷을 사용하여 임상적용 경로 또는 경구로 태자의 기관형성기간에 매일 투여하여 배자 및 태자의 사망유무, 생존태아의 체중, 성장, 기능발달 및 형태학적 이상 등을 검색 ○ 1세대 또는 후세대 생식독성시험 1세대 또는 다세대의 1종 이상의 암수 동물을 사용하여 임상적용 경로, 또는 경구로 대상약물을 교배전(설치류의 경우 8주령부터 8주간 이상), 교배중, 임신중 및 분만 후 신생자 이유기 까지 매일 투여하여 교미율, 수태율, 출산율, 출생율, 4일 생존율 및 이유율 등에 미치는 영향 검색
	유전독성시험 (Genotoxicity Tests)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 대상약물에 의한 유전적 변이 유발여부를 검색하는 시험으로 유전자 조절의 변화, 염색체 수준의 변화 및 DNA 수준의 변화 등의 유전학적 지표 검색 ○ 일반적으로 유전자 돌연변이 유발성을 지표로 하는 “세균을 이용하는 복귀변이시험”, 염색체이상 유발성을 지표로 하는 “포유류 배양세포를 이용하는 염색체 이상시험” 및 “설치류를 이용하는 소핵시험”이 있음



독성시험 대분류	독성시험항목	특 성
특수독성시험 (Special Toxicity Test)	암원성시험 (Carcinogenicity Test)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 이미 알려진 암원성물질 또는 암원성이 의심되는 물질과 화학 구조 또는 약리작용이 유사하거나 변이원성 시험과 같은 단기 발암성 시험에서 양성결과이거나 독성시험의 결과 등에 의하여 암원성이 의심되는 경우 수행 ○ 2종 이상의 암·수 동물을 사용하여 임상적용 경로 또는 경구로 대상약물을 18~24개월 이상 매일 투여하여 암(악성 종양)의 발생 여부를 질적 양적으로 검색 ○ 동물의 일반상태, 체중 등을 관찰하고, 시험종료시 기관 조직의 육안적 관찰 및 병리조직학적 검사를 실시하여 종양성 병변 발생여부를 검색 ○ 부검시 필요에 따라 말초혈액을 채취하여 적혈구수 및 백혈구수를 측정하고 도말표본 검사 실시
특수독성시험 (Special Toxicity Test)	기타 특수독성시험	<ul style="list-style-type: none"> ○ 대상약물의 용법, 제형 등 약물의 특성에 따라 필요로 하는 시험 ○ 안점막 피부자극성 시험과 같은 국소독성시험, 면역독성시험, 내분비교란성 시험 등이 있음
미생물학적 독성시험	인체장내정상 세균총 영향시험	<ul style="list-style-type: none"> ○ 식품중 잔류하는 항생 항균물질에 의한 인체장내정상세균총에 미치는 영향을 검색 ○ 식품중 잔류하는 항생 항균제에 의한 장점막 방어효과 억제, 내성균 발현, 대사기능 장애를 검색지표로 하며 인체분변 유래 인체장내정상세균총 대표균(최소 10종 100주)을 이용한 최소 균억제농도 시험, 인체장내정상세균총 혐기성 유속배양시스템 시험과 인체장내정상세균총 발현 마우스를 이용한 시험 등이 있음

II. 동물용 의약품

I 그림2 동물용의약품의 인체장내정상세균총 영향 평가 절차 I



3) 항생제 내성 유발에 대한 위해성 평가

동물용의약품의 사용량 증가로 가축의 소화관내 미생물이 약제내성을 얻게 되고 그 내성균이 환경중에 확산되어 환경중의 내성균 발현율을 높일 가능성이 지적되고 있다. 또한 동물에서의 내성균 증가가 사람에서의 항생제 내성균을 발생시킬 수 있다는 가능성이 제기되고 있다. 아직까지 사람위의 동물에서 항생제 사용으로 인하여 생성된 내성균의 내성인자가 인체으로 전달되는지에 대한 명확한 과학적 증거가 제시되지는 않았지만 세계보건기구(WHO), 세계식량농업기구(FAO) 및 국제수역사무국(OIE)에서는 항생제 내성관련 위험평가지침을 개발하고 인의임상분야에서 중요한 항생제(Clinically Important Antibiotics List, CIL)와 수의분야에서 임상적으로 중요한 항생제 리스트(Veterinary Clinically Important Antibiotics List, VCIL)를 개발



하고 인의분야외의 동물에서 항생제의 사용으로 인한 인체내성균 발생을 방지하고자 하는 노력을 기울이고 있다.

한 가축에서의 내성균 발생문제는 사료첨가제와 같이 장기간 투여하는 약물에서 그 가능성이 높고 산발적으로 투여하는 동물용의약품에서는 그 가능성이 낮다. 그러나 플루오르퀴놀론계 약물처럼 세균의 유전자에 작용하는 약물은 비록 주사제라 하더라도 높은 내성율을 보일 수 있다. 항생제의 내성균 발생과 관련한 인체 위험평가에는 항생제 투여로 대상동물의 장내세균중 인체에 유해한 병원성 세균의 수적인 변화(pathogen load) 평가, 도축시 축산식품에의 pathogen load 평가, 내성인자전달 및 인체 질병치료에 대한 영향평가 (식용동물에서 항생제에 의해 발생하는 내성균의 인체에의 감염정도) 및 내성결정인자가 인체병원성 세균에 전달되는 정도 등에 대한 평가가 있다. 미국에서는 동물용 항생제의 인·허가 또는 재평가시 항생제 내성에 대한 위험평가 절차를 수립하고 항생제를 인의에서의 중요도 및 인체 노출도에 따라 분류하여 분류된 그룹에 따라 관리하고 있다.

표5 인의에서의 중요도에 의한 항생제 분류

분류	정의	해당 약물
I	<ul style="list-style-type: none"> 인의에서 중요, 대체약물 없음 대체약물이 있으나 내성균이 발생하며 식품유래 감염증 치료시 중요 내성발현기전이 단순하고 인체병원성 세균에서 내성이 거의 없으며 인의에서 장기간 치료에 유효함 	<ul style="list-style-type: none"> 퀴놀론계 (다제내성 Salmonella 감염증치료제) 반코마이신 (methicillin, ampicillin 내성균 감염증 치료제) Dalfopristin/Quinupristin (반코마이신 내성균 감염증 치료제) 제3세대 cephalosporins (식품유래균 감염증 치료제)
II	<ul style="list-style-type: none"> Category I에 해당되지 않으며, 식품유래균 및 기타감염증에 유효하나 대체약물이 존재 Category II 약물에 교차내성 유발 	<ul style="list-style-type: none"> Ampicillin (리스테리아감염증 치료제) 베타락탐계, lactamase억제제 (그램음성균 감염증대체약물, category I의 cephalosporins에 교차내성 없는 물질) 에리스로마이신(캠필로박터감염증치료제) Trimethoprim, sulfamethosaxole (광범위장내세균 감염증치료제)
III	<ul style="list-style-type: none"> Category I, II에 포함되지 않고 인의용으로 거의 사용되지 않거나, 중요한 대체제가 아니거나, 1차 선택약물이 아님 인의용 동일계열의 항생제에 교차내성을 유발하지 않음 	<ul style="list-style-type: none"> Inophores(모넨신, 사람에서 사용되지 않음) Polymixins(polymixin B, Colistin, 강한 독성으로 인하여 다른 약물로 대체)

II. 동물용 의약품

| 표6 항생제의 인체노출도에 의한 분류 |

소분류	정 의
H	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인의용 항균제에 교차내성유발 ○ 소, 돼지, 닭에서 사료효율증대를 위하여 사용 ○ 6일에서 21일간 질병예방, 발생감소 및 치료를 위하여 사용되고, 대상동물로부터 식품유래 병원성세균으로 전파될 확률이 높으며 인체 병원성세균에 내성인자 전파율이 높음
M	<ul style="list-style-type: none"> ○ 6일에서 21일간 질병예방, 발생감소 및 치료를 위하여 사용
L	<ul style="list-style-type: none"> ○ 단기간 개별 동물에 치료제로 사용되는 약물 ○ 내성유발성이 높으나 단기간 사용되고 사람에게 노출될 가능성이 낮음

| 표7 미국의 동물용 항생·항균제 분류별 관리방안 |

관리방안	I/H, M, L	II/H, M, L	III/H, M, L
Resistance threshold ¹⁾ 설정	설정	설정	불필요
Monitoring threshold ²⁾ 설정	설정	설정 (모든 H, 일부 M)	불필요
약물허가전 평가	내성유발성, Pathogen load (모든 H, 일부 M)	내성유발성, Pathogen load (모든 H, 일부 M)	내성유발성 불필요, Pathogen load (모든 H, 일부 M)
허가후 조사 주체	회사 및 정부 조사	회사 및 정부조사	정부조사
보 고	판매 및 사용자료제출	판매 및 사용자료제출	판매 및 사용자료제출

1) Resistance threshold

- 인체병원성세균에 내성을 유발하지 않거나 내성인자를 전달하지 않는 대상동물에서의 내성균 발생수치
- 인체세균에 대한 시험관내 항균제 감수성저하 및 내성유발성 시험 추천

2) Monitoring threshold

- Resistance threshold가 정해진 약물에 대한 내성유발성 조사를 위한 기준치
- 해당약제에 대한 감수성이 저하되고 내성균이 유행할 시 조기경고체제 발동을 위하여 요구됨(허가후 조사는 약품회사 및 정부가 수행)
- 내성발현이 계속 증가하고 약제감수성이 저하되어 resistance threshold에 도달될시 약물판매금지 조치



3. 동물용의약품 잔류허용기준

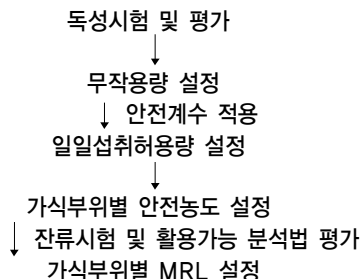
1) 잔류허용기준(Maximum Residue Limit, MRL)의 정의

MRL이란 가축에 동물용의약품을 사용함으로써 축산식품 내부 또는 표면에 존재하는 잔류물질에 대하여 법적으로 허용할 수 있는 최대잔류농도 (mg/kg 또는 $\mu\text{g}/\text{kg}$)를 의미한다. MRL 설정시에는 일일섭취허용량(Acceptible Daily Intake, ADI)과 함께, 공중보건학적 측면 및 식품가공과정에 대한 영향 등도 고려한다.

MRL은 동물용의약품을 사용하는 대상가축의 모든 가식부위(근육, 지방(또는 피부), 간장 및 신장), 유,란, 꿀 및 어류의 가식부에 대하여 설정한다.

MRL설정은 대략적으로 그림3과 같은 흐름으로 진행된다. 즉, 식품중 동물용의약품의 잔류허용기준은 우선적으로 일일섭취허용량(ADI)을 근거로 하여 이루어진다. ADI는 생애 전기간을 통해 이 용량을 매일 섭취하더라도 우려할 만한 위해가 없는 용량으로서 실험동물을 사용한 아급성, 만성 및 생식독성시험 등의 독성학적 실험 또는 미생물학적 독성시험에서 얻어진 무독성량(NOEL)에 각각의 독성시험에 적용하는 안전계수(Safety factor) 또는 불확실성 계수(Uncertainty factor)로 나눈 값이다. ADI의 산출방법과 각각의 독성시험에 일반적으로 적용하는 안전계수는 표7과 같다.

그림3 동물용의약품의 잔류허용기준 설정 과정 |



II. 동물용 의약품

| 표7 독성시험별 적용하는 안전계수 |

독성시험성적	안전계수
만성독성	100
생식독성/최기형성	100 또는 1,000
90일 독성	1,000

2) 일일섭취허용량 (Acceptable Daily Intake)의 정의

ADI에는 독성시험 성적에 근거한 독성학적 ADI와 인체장내정상세균총에 대한 영향을 근거로한 미생물학적 ADI가 있으며 이중 더 낮은 ADI값을 MRL 설정을 위한 근거자료로 사용한다.

- 독성학적 ADI(mg/kg BW/day) = NOAEL(mg/kg BW/day)/안전계수
- 미생물학적 ADI(μ g/kg BW/day) =

$$\frac{\{(MIC_{50} \text{의 기하평균}^a \times CF2)/CF1\} \times \text{일일 분변량}(150\text{ml})}{\text{섭취량중 장내세균총이 이용하는 양} \times \text{성인체중}(60\text{kg})}$$

- a: 장내정상세균종 가장 민감하고 분포도가 높은 세균종의 성장을 50% 억제하는 최소농도 (MIC₅₀) 또는 일련의 장내정상세균총에 대한 MIC₅₀의 기하평균
CF1, CF2 : 보정계수

3) 가식부위별 안전농도(Safe concentration)

산출된 ADI를 근거로 축산물중에 잔류하는 동물용의약품의 안전농도(Safe concentration)를 가식부위별로 산출하는데 이때에 축산물에 대한 성인의 일일섭취량을 고려하는데, CODEX, EU, 미국 등에서는 축산물의 가식부위별 일일섭취량을 표 8 과 같이 설정하고 있다. ADI와 가식부위별 일일섭취량 그리고 성인의 평균체중(60kg)



을 이용하여 가식부위의 안전농도를 산출한다.

$$\text{안전농도 (ppm)} = \frac{\text{ADI}(\mu\text{g/kg/day}) \times 60\text{kg}}{\text{가식부위별 1일섭취량(g/day)}}$$

표8 가식부위별 일일섭취량

육류 (CODEX, 미국, EU)		가금(EU)		어류(EU)		별(EU)	
근육	300g	근육	300g	근육 및 피부	300g	꿀	20g
지방	50g	지방 및 피부	90g				
간장	100g	간장	100g				
신장	50g	신장	10g				
유	1,500g	알	100kg				

4) 잔류허용기준 (Maximum Residue Limits, MRL) 설정방법

산출된 ADI와 안전농도를 근거로 동물용의약품이 축산물 중에 잔류가 허용될 수 있는 최대량 즉, 최대잔류허용량(MRL)을 가식부위별로 설정하게 된다. 가식부위별 MRL은 동물용의약품을 대상동물에 투여한 후 경시별로 가식부위별로 동물용의약품의 잔류농도를 측정하여 모든 가식부위별 잔류농도가 각각의 안전농도 이하이고, 가식부위별 잔류농도에 가식부위별 1일 섭취량을 곱하여 얻어지는 가식부위별 일일섭취량을 모두 합한 값(총일일섭취량)이 ADI보다 적은 시점에서의 각각의 가식부위별 잔류량(농도)으로 결정한다.

해당물질이 농약이면서 동물용의약품일 경우에는 일반적으로 동물용의약품에 ADI의 45%를 할당한다. 이는 동물성 식품섭취량이 전체식품 섭취량중 차지하는 비율을 반영

II. 동물용 의약품

하는 것이다. 동일 약물을 소수동물종에도 사용코자 할 경우에는 소수동물종과 가장 근접한 주요동물종의 MRL을 외삽하여 표 9와 같이 운용할 수도 있다. 흔한 경우는 아니지만 근육과 지방의 잔류량이 정량한계 이하인데 잔류검사를 위하여 MRL이 요구되는 경우에는 분석법의 정량한계를 근육과 지방중 한쪽 부위에 대하여 MRL로서 적용하는 경우도 있다.

| 표9 MRL의 외삽가능 동물종 |

MRL이 설정된 동물종	외삽가능 동물종
주요 반추류(소)	모든 반추류
주요 반추류의 유(우유)	모든 반추류의 유
주요 단위 포유동물(돼지)	모든 단위 포유동물
닭 및 계란	가금류 및 가금류 알
연어	모든 어류
주요 반추동물이거나 주요 단위포유 동물	말

5) 휴약기간 (Withdrawal Period)

동물용의약품을 대상동물에 투여한 후 모든 가식부에서 산출된 가식부위별 최대잔류허용량 이하로 동물용의약품이 잔류하는 시기에 도달하는 기간을 휴약기간으로 설정하게 된다. 그러나 실제로는 이 기간 보다 더 긴 시간을 휴약기간으로 설정하는데 이는 개체에 따라 동물용의약품의 체내잔류기간이 긴 동물이 있을 수 있기 때문이다. 이때에 잔류시험성적의 변이계수(Coefficient Variance)를 고려한다.

6) 국내 잔류허용기준

우리나라에서는 축산물중 항생물질 등 동물용의약품과 농약 등의 잔류관리를 위하여



보건복지가족부장관 (식품의약품안전청장)이 농림수산식품부장관과 협의를 거쳐 그 기준 및 규격 그리고 시험방법을 정하여 식품공전에 수재하도록 하고 있다. 2009년 1월 현재 우리나라는 축산물 중 잔류허용기준이 설정된 동물용의약품은 총 81종이며 이중 불검출 기준 적용물질 12종이 포함된다. 불검출 기준 적용물질이란 “안전성 및 유효성 문제성분 함유제제 등에 관한 규정” (국립수의과학검역원고시)에서 안전성 및 유효성에 문제가 있어 식용동물에서 사용을 금지한 말라카이트 그린, 디메트리다졸, 클렌부테롤, 반코마이신, 클로르프로마진, 티오우라실, 콜치신, 피리메타딘, 메드록시프로게스테론 아세테이트, 니트로푸라제, 클로람페니콜, 디에틸스틸베스트롤을 일컫는다. 아울러, 식용동물의 부산물(내장, 뼈, 머리, 꼬리, 발, 껍질, 혈액 등 가식부)은 해당동물의 “근육(고기)”에 준하여 잔류허용기준을 적용할 수 있도록 하고 있다.

| 표10 불검출 기준 적용물질의 주요 독성 |

성분명	독 성	사용목적
말라카이트 그린 (Malachite green)	<ul style="list-style-type: none"> ○독성유발물질: Malachite green ○생체내 변이원성 유발물질 ○주요대사물질(루코말라카이트 그린): 간암의심 ○ADI 설정 불가 	관상어 항곰팡이제
디메트로니다졸 (Dimetronidazole)	<ul style="list-style-type: none"> ○전신독성 ○유전독성, 변이원성, 발암성의심 	항원충제
클렌부테롤 (Clenbuterol)	<ul style="list-style-type: none"> ○급성식이독성 	기관지확장제
반코마이신 (Vancomycin)	<ul style="list-style-type: none"> ○항생제 내성전이 	항생제
클로르프로마진 (Chlorpromazine)	<ul style="list-style-type: none"> ○치료량에서 많은 부작용 발생 - 순환계 장애, 신경계 장애, 혈액, 피부, 안기능 이상 - 인체 뇌하수체, 생식 기능 이상 	항원충제
티오우라실 (Thiouracil)	<ul style="list-style-type: none"> ○항갑상선 기능 ○발암성 	성장조절제
콜치신 (Colchicine)	<ul style="list-style-type: none"> ○유전독성, 변이원성 ○빈혈 	항염증제

II. 동물용 의약품

성분명	독 성	사용목적
피리메타민 (Pyrimethamine)	○빈혈, 백혈구감소증 ○심부전	항원충제
메드록시프로게스테론 아세테이트 (Medroxyprogesterone acetate)	○변이원성, 발암성	발정조절
니트로푸란제 (Nitrofurans)	○변이원성, 발암성	항균제
클로람페니콜 (Chloramphenicol)	○재생불량성 빈혈 ○골수암 의심	항생제
디에틸stil베스트롤 (Diethylstilbestrol)	○변이원성, 발암성	발정조절

4. 주요 동물용의약품의 특성

1) 니트로푸란제

니트로푸란계 동물용의약품은 5-니트로기를 갖는 모노니트로 화합물군에 속하는 합성 항균제로서 푸라졸리돈(furazolidone), 푸랄타돈(furaltadone), 니트로푸라존(nitrofurazone), 니트로푸란토인(nitrofurantoin), 니트로록시존(nitroxyzone 또는 furadroxyl), 니트로빈(nitrovin 또는 panazon) 등이 있다. 이들 약품은 과거에는 가축에서 세균성 장염과 콕시듐증의 예방 및 치료를 위해 널리 사용되었으나 발암성이 보고되면서 가축에서 사용금지하였으며 식품중 불검출 기준으로 관리되고 있다. 중국, 태국 등 동남아 국가에서는 최근까지도 가축은 물론 새우 등 양식어류에도 사용하는 것으로 의심되고 있다.

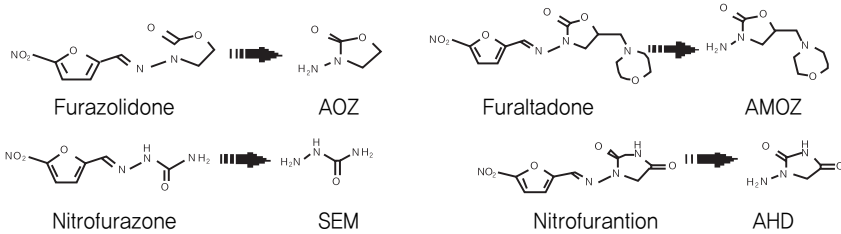
① 대사 및 독성

니트로빈을 제외한 니트로푸란계 약품은 체내에서 빠르게 대사되는 특징을 가지고 있어 원물질은 근육, 계란, 우유 등 가식부위에서 수 시간 또는 수 일 이내에 신속히 소실



되어 검출되지 않으나 그 대사물질은 짧게는 1~2주일, 길게는 7주까지도 조직 내에 잔류하게 된다. 대사산물은 AOZ(3-amino-2-oxazolidinone), AMOZ(3-amino-5-morpholinomethyl-2-oxazolinone), AHD(1-aminohydantoin, SEM (Semicarbazide)가 있다. 약품별 대사산물은 다음과 같다.

| 그림4 주요 니트로푸란제 및 그 대사산물 |



실험동물에서 니트로푸란제는 유전자변이, 염색체 손상 등을 유발하거나 발암성, 기형, 유산, 난소위축, 정자수 감소 등을 초래한다. 니트로푸란제 약물이 잔류한 축산물의 섭취로 인해 유발될 수 있는 인체 유해성에 대한 보고 예는 아직까지 없으나, 니트로푸란제 원 물질은 가축 체내에서 빠르게 대사되므로 축산식품을 통해 노출될 가능성이 매우 적은 반면, 조직결합형 대사물질은 가식부위에 장기간 잔류하며 구이, 전자렌지 등 조리온도에서도 안정하여 거의 파괴되지 않아 음식을 통한 인체 발암 유발 가능성도 배제할 수 없는 것으로 알려져 있다.

푸라졸리돈은 유전독성과 랫드 및 마우스에서 발암성을 일으킨다. 반수치사량이 1110 또는 1508 mg/kg로서 급성독성은 낮으나 랫드에서 기관지염, 입과육종, 간세포 비대증, 지방종양이 나타나며 개에서는 신경독성이 유발된다. 세균을 이용한 in vitro 유전독성실험에서 일부 양성 결과가 나와 유전독성이 있는 것으로 확인되었다. 푸라졸리돈의 체내 대사산물인 AOZ는 돌연변이 유발물질이며 사람의 임파세포를 이용한 염색체 변이시험에서 양성을 나타냄으로서 유전독성 물질로 평가된다.

II. 동물용 의약품

푸랄타돈은 국제암센터(IARC)에서 동물실험결과 유방암 및 임파종을 유발하는 것을 확인하여 인체발암가능물질인 Group 2B(possibly carcinogenic to humans)로 분류하고 있다. 이의 대사산물인 AMOZ에 대한 독성평가 결과는 부족하다.

니트로푸라존은 마우스와 랫드에서 유방종양이 관찰되나 사람에서 발암성이 관찰되지 않았다. 이의 대사산물인 SEM은 실험동물에서는 발암성이 확인되며 in vitro에서 유전독성을 일으킨다.

니트로푸란토인은 실험동물에서 난소선종, 유방선종 등의 발생이 증가가 있었지만 사람에서의 발암성은 확인되지 않아 인체비발암물질인 Group 3으로 분류하고 있다. 이의 대사물질인 구조상 발암성물질로 알려진 5-nitrofurane과 유사하나 독성학적 자료는 없다.

② 검 사

푸라졸리돈은 매우 불안정하고 조직내에서의 반감기가 매우 짧아 식품에서의 푸라졸리돈 검출은 어렵다. 반면 조직에 결합되어 있는 대사산물인 AOZ은 휴약 후에도 7일 동안 검출될 수 있어 푸라졸리돈의 검사대상물질은 AOZ가 적합하다. 니트로푸라존, 니트로푸란토인, 푸랄타돈도 푸라졸리돈과 유사한 대사특성을 가지므로 이들의 대사물질을 검사하는 것이 타당하다. 니트로푸란계의 대사물질들은 식품의 조리나 저장과정에서도 많이 분해되지 않고 안정하다. AOZ, AMOZ, AHD, SEM을 처리한 돼지고기를 튀기거나, 굽는 등의 조리과정에서도 67~100% 정도가 잔류하며, -20℃에서 2개월 동안 보관에서도 안정하다.

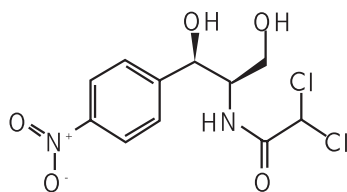
③ 관 리

니트로푸란계 약물은 인체 발암성 등의 위해성 때문에 우리나라를 비롯한 선진 각국에서는 이미 식용동물에의 사용을 전면 금지하였으며 잔류허용기준도 불검출로 정하여 엄격히 관리하고 있다.



2) 클로람페니콜

클로람페니콜은 방선균인 *Streptomyces venezuela*가 생산하는 항생제로서 세균의 단백질합성을 저해하는 광범위 항생제이다. 사람에서는 이질, 장티푸스, 장염 등의 치료로 널리 사용되었으며 동물용의약품으로도 허가되어 동물의 세균성 질환치료 및 예방에 오랫동안 사용되었다.



| 클로람페니콜 화학구조 |

① 독성

클로람페니콜은 유전독성물질로서 인체섬유아세포 및 랫드 간장세포에서 DNA손상을 유발한다. IARC에서는 인체발암가능물질인 Group2A (Probably Carcinogen in Human)로 분류하고 있다. 그러나 실험동물에서는 발암성에 대한 증거가 불충분하다. 사람에게 대한 역학조사 결과 재생불량성 빈혈이 1/24,000~40,000명 수준에서 발생할 수 있음이 확인되었는데 이는 선천적으로 유전자결손이 있는 환자에서 관찰된 것이다. 1일 4g 이상 복용한 사람에서 일시적으로 골수저하가 발생하나 투약중지시 회복되는 것으로 확인되었다. 실험동물에서는 가역적이며 용량의존적인 골수감소만 유발할 뿐 재생불량성 빈혈은 관찰되지 않는다. 즉, 클로람페니콜은 인체의 재생불량성 빈혈 유발을 이유로 가축에서 사용금지 되었으나 실험동물이나 사람에서의 충분한 독성연구결과는 부족한 실정이다. 또한 사람에서 골수아세포의 변성, 백혈병, 영아청색증후군 등의 부작용이 나타날 수 있음으로 평가되었다. 클로람페니콜은 현재 동물용의약품으로서 사용금지되어 있는 상태이다.

II. 동물용 의약품

② 클로람페니콜 인체 노출량

토양중 곰팡이(Actinomycete)에 의해 생성될 수 있으며, 클로람페니콜이 투여된 동물의 분변이 오염된 토양을 가축이 섭취했을 경우에도 미량이지만 가축체내에 잔류할 가능성은 있다.

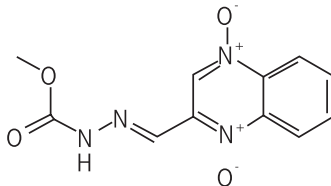
인체에 안약(클로람페니콜 함량: $5\mu\text{g/ml}$) 또는 안연고(클로람페니콜 함량: $10\mu\text{g/ml}$) 사용시 이들 약품이 인체에 적용될 시 생체내 흡수에 의한 이용량은 $0.6\text{--}6.4\ \mu\text{g/인/일}$ 로 계산된다. 이는 클로람페니콜이 $1\ \text{ppb}(1\mu\text{g/kg})$ 잔류하는 고기를 1일 300g 섭취할 경우 이들이 100% 체내 흡수한다고 가정시 생체 이용량은 $0.3\mu\text{g/인/일}$ 로 추정되어 의약품 사용에 의한 생체이용량이 식품섭취에 의한 이용량보다 약 2배에서 20배 높다.

③ 관리

우리나라를 포함한 세계각국에서는 식품중 클로람페니콜에 대하여 불검출 기준을 적용하여 관리하고 있다.

3) 카바독스

카바독스는 퀴녹살린계열 합성항균제로서 돼지에서 증체율 향상 및 사료효율 개선의 목적으로 사료첨가제로 사용되거나 세균성 장염 치료를 위해 사용되었으나 현재 발암성 등의 우려로 사료첨가제로서 사용금지되었으며 식품중에도 불검출 기준으로 관리되고 있다. 카바독스는 체내에서 대사되어 대사물질인 quinoxaline-2-carboxylic acid(QCA)로 잔류한다.



| 카바독스 화학구조 |



① 독성

랫드에서 발생독성, 태자독성 a;c 기형독성을 유발한다. 발생독성의 무독성량 (NOAEL)은 10 mg/kg bw/day이며 기형독성의 무독성량은 50 mg/kg bw/day이다. 카바독스와 이의 대사물질인 desoxycarbadox 및 hydrazine은 유전독성물질인이 확인되었으나 desoxycarbadox의 유전독성 강도는 원물질인 carbadox보다 약하다. 카바독스와 이의 대사물질인 desoxycarbadox 및 hydrazine은 랫드, 마우스, 햄스터 등에서 간암, 유선암, 피부암 등을 유발한다. 그러나 대사물질중 methyl carbazate와 최종대사산물이면서 생체내 지속성 잔류물질인 QCA는 유전독성 또는 발암성에 대한 증거가 없다. QCA의 무독성량은 50 mfg/kg bw/day로 평가되었다.

② 관리

우리나라를 포함한 많은 국가에서 카바독스의 발암성을 우려하여 가축에서 사료첨가제로서의 사용을 금지하거나 가축에서의 사용을 금지하고 있으며 식품중 잔류허용기준도 불검출로 관리하고 있다. 그러나 미국에서는 카바독스의 최종 대사산물인 QCA가 발암물질이 아니며 30일 이상의 휴약기간으로 식품중 잔류를 관리할 수 있다는 이유로 돼지에서의 사용을 허가하고 있으며 잔류허용기준으로 돼지 간에서 QCA로서 30 ppb를 설정 운용하고 있다.

4) 말라카이트그린

말라카이트그린(Malachite green, MG)은 실크, 가죽, 목면, 종이 등을 염색하는데 사용되는 합성염료로써 수의학분야에서는 식용으로 공여하지 않는 관성어류 또는 관성어류의 알에서 체내에서 곰팡이 구제를 위하여 사용된다. 체내에서 MG는 루코말라카니트 그린(Leucomalachite green, LMG)으로 환원되어 존재한다.

II. 동물용 의약품

① 독 성

MG는 적혈구 감소증, 헤모글로빈, 혈소판 감소를 유발하며 간장세포 변성을 유발한다. T3는 증가시키나 T4는 감소시키며 TSH는 변하지 않는다. MG는 랫드에서 임신모체의 체중을 감소시키며 태자의 형태이상을 유발한다. MG와 LMG는 간세포선종 또는 간암을 유발한다.

② 관 리

우리나라에서는 말라카이트 그린의 식용어류에서의 사용을 금지하고 있으며 식품중 잔류허용기준도 불검출로 관리하고 있다. 그러나 말라카이트 그린은 가격이 싸고, 효과적이고 쉽게 구할 수 있어 일부국가에서는 여전히 말라카이트 그린어류에 사용될 수 있으므로 엄격한 관리가 요구된다.

5) 배합사료첨가용 항생·항균제

가축의 질병예방 및 사료효율 개선을 위하여 사료제조시 첨가하는 항생·항균제 또는 구충제를 말한다. 이들은 사료를 통하여 급여되므로 가축에서의 항생제 내성균 발생이 우려되고 있으며 인체로의 내성균 전이 가능성도 의심되고 있다.

현재 사료 내 혼합가능한 동물용의약품은 18종으로 라살로시드, 모넨신, 밤버마이신, 버지니아마이신, 살리노마이신, 타이로신, 바시트라신, 아벨라마이신, 아프라마이신, 엔라마이신, 티아무린, 펜벤다졸, 나라신, 디클라주릴, 마두라마이신, 샘두라미이신, 클로피돌, 설파치아졸이 포함된다. 배합사료첨가용 동물용의약품은 식품중 잔류를 최대한 방지하고자 「배합사료제조용 동물용의약품등 사용기준」에서 비유기 젖소, 비육후기 소, 비육후기 돼지, 산란계, 출하용육계에는 사용하지 못하도록 정하고 있다. 그리고 점차적으로 사용을 줄이고 있다. 또한 미국, 일본, 덴마크 등에서는 항생제 등 동물용의약품의 사용관리를 위해 처방제도를 운영, 반드시 필요할 경우에만 항생제를 사용하고 있다.



① 라살로시드

Carboxylic inophore 계열의 항생제로서 A, B, C, D, E 동족체로 구성되어 있으며 그람양성균 억제효과가 뛰어나다. 인체에서는 사용되지 않으며 주로 소, 닭, 칠면조 등의 세균감염증 방지, 복시둑증 방지를 위한 사료첨가제로 사용되고 있다. 라살로시드는 일가 및 이가 이온채널에 결합하여 세포막을 물질이동을 교란하여 항균, 항복시둑 효과를 발휘한다. 라살로시드의 급성독성으로 반수치사량은 122~146 mg/kg bw (랫드, 마우스, 경구)이며, 랫드에서 혈구치 감소, 백혈구 증가, 혈중 염소이온치 감소가 보고되어 있으며 개에서 간장실질세포 공포형성이 확인된다. 생식독성으로서 임신율, 신생자 체중저하, 태자 골형성 지연이 관찰되며 이때의 무독성량은 0.5~0.8 mg/kg bw/day, 일일섭취허용량은 2.5 μ g/kg bw/일으로 평가된다. 인체장내정상세균총을 교란시키는데 인체장내정상세균총중 Bifidobacterium spp., Eubacterium spp. 등의 세균을 억제하여 최소억제농도(MIC50, 무독성량은 0.1 μ g/ml이며 미생물학적 독성에 근거한 일일섭취허용량은 0~4.9 μ g/kg bw/일이다.

② 모넨신

Polythether carboxylic inophore 계열 항생제로서 Sterptomyces cinnamonesis속 곰팡이에서 생성된다. 화학적으로 A, B, C 및 D analogue로 구성되어 있으며 그람양성균에 효과적이고 반추류(소, 양, 염소) 및 가금(닭, 칠면조, 메추리), 돼지에서 항복시둑 사료첨가용 제제로 사용되고 있다. 간장에서 대사가 이루어지며 72시간내에 총투여량의 70~91%가 분변으로 배출된다. 급성독성으로 마우스, 랫드에서 경구투여시 반수치사량은 22~96 mg/kg bw이다. 반복 투여독성으로 증체량 감소 (무독성량: 25 mg/kg bw/day)와 심근조직에 산발적 병소 존재가 특징적이며 개에서 ALT 증가(무독성량: 5 mg/kg bw/day)가 관찰된다. 만성독성으로 개에서 증체량감소(무독성량: 1.25 mg/kg bw/day)가 확인된다. 유전독성과 발암성은 음성이다. 인의용으로는 사용하지 않으나 모넨신 생산공장에서 모넨신에 노출된 노동자에서 IgE매개성 알러지반응

II. 동물용 의약품

유발이 관찰되었다. 미생물학적 ADI는 설정할 필요가 없는 것으로 평가하는데 이는 대부분의 대장내 존재하는 모넨신은 분변에 결합되어 있으며 비활성형이고 식품중 잔류로 인한 인체노출추정량이 인체장내정상세균총에 대한 MIC50보다 낮은 것으로 확인되었기 때문이다. 모넨신의 일일섭취허용량(ADI)은 0~10 $\mu\text{g}/\text{kg bw}/\text{day}$ 으로 평가된다.

③ 바시트라신

펩타이드계 항생제로서 젖소의 유방염 치료제 또는 소, 돼지, 닭 등의 세균감염증 예방을 위한 사료첨가제로 사용된다. 그람양성균의 억제에 효과가 있으며 인체에서는 국소 감염증 치료제로 사용한다. 가금 등의 장내 기생충 구제를 위하여 사용하기도 한다. 급성독성으로 반수치사량은 토끼, 마우스, 개에서 $> 1,200\sim 9,000 \text{ mg}/\text{kg bw}$ 이다. 독성증상으로 유연, 연변, 빈번한 배변, 식품이용율 저하, 음수량 증가 등이 관찰되며 최저독성량은 11 $\text{mg}/\text{kg bw}/\text{일}$, 일일섭취허용량은 0~55 $\mu\text{g}/\text{kg bw}/\text{일}$ 으로 평가된다. 인체장내정상세균총 영향으로 *Bifidobacterium spp.*, *Clostridium spp.* 억제가 확인되며 최소억제농도(MIC50, 무독성량)는 5.7 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 이며 미생물학적 일일섭취허용량은 0~3.9 $\mu\text{g}/\text{kg bw}/\text{일}$ 이다.

④ 아빌라마이신

Dichloroisovernic acid(DIA)에 연결된 linear heptasaccharide chain을 가진 Orthosomycine 계열 항생제로서 *Sterptomyces viridochromogene*의 발효에 의해 생성된다. 그람양성균에 유효하며 닭, 칠면조, 돼지, 토끼의 장염치료제로 사용되며 돼지(자돈, 비육돈) 및 닭(산란계용 병아리, 육계용) 배합사료첨가제로 사용된다. 돼지, 쥐, 가금류에서 흡수, 대사, 배설이 신속하게 일어나며 dichloroisovernic acid(DIA)는 아빌라마이신, flambic acid 및 기타 대사산물의 구성성분으로 체내에 존재하여 아빌라마이신의 잔류검사시 검사대상물질이다. 경구투여시 분변으로 90%이상이 배출된다. 급성경구독성으로 반수치사량이 마우스 및 랫드에서 각각 390 mg/kg



bw, 745 mg/kg bw이다. 아급성 및 만성 독성은 매우 낮아 투여용량에서 뚜렷한 독성이 나타나지 않는다. 개에서 6개월 투여시 혈청중 ALT의 미약한 증가가 관찰되며 이때의 무독성량은 178mg/kg bw/day이다. 유전독성과 발암성은 음성이다. 미생물학적 ADI를 설정할 필요가 없는 물질이다. 왜냐하면, 아빌라마이신은 인의용으로 사용되지 않으며 동일계열 항생제로서 오래전 인의용으로 사용되었던 Evernicin과 교차내성이 거의 발생하지 않으며 아빌라마이신은 대사되어 분변과 결합하여 비활성 형태로 되므로 식품중 잔류로 인하여 인체장내정상세균총에 영향을 미칠 가능성이 거의 없기 때문이다. 일일섭취허용량(ADI)은 0~2mg /kg bw/day 이다.

⑤ 밤버마이신

Inophore계 항생제로서 소, 돼지, 닭 등의 세균감염증 예방을 위한 사료첨가제로 사용되며 그람양성균을 주로 억제한다. 독성은 매우 낮아 마우tm, 랫드에서 반수치사량이 > 15,000 mg/kg bw이다. 혈당증가, 헤모글로빈 감소 및 ALT 증가가 관찰되며 최저독성량은 10 mg/kg bw이다. 인체장내정상세균총에 대한 영향으로 Fusobacterium spp.의 억제가 관찰되며 최소억제농도(MIC50, 무독성량)는 1.4 µg/ml이며 일일섭취허용량은 0~5.1 µg/kg bw/일이다.

⑥ 버지니아마이신

Peptodolide계 항생제로서 소, 돼지, 닭 등의 세균감염증 예방을 위한 사료첨가제로 사용되며 그람양성균을 주로 억제한다. 반수치사량은 >15,000 mg/kg bw으로 상대적 무독성 물질이다. 개에서 담관상피세포의 증식이 관찰되며 무독성량은 25mg/kg bw/일이다. 일일섭취허용량은 0~250 µg/kg bw/일이다.

⑦ 살리노마이신

Polyether계 항생제로서 소, 돼지, 닭 등의 콕시듐증 예방을 위한 사료첨가제로 사용되며 주로 그람양성균을 억제한다. 반수치사량은 21~60 mg/kg bw이다. 토끼에서 태자

II. 동물용 의약품

흡수가 관찰되며 무독성량은 0.25 mg/kg bw/일이며 일일섭취허용량은 0~3 µg/kg bw/일이다. 인의에서 사용하는 항생제와의 교차내성 가능성 거의 없다.

⑧ 나라신

Inophore의 polythether monocarboxylic acid 계열 항생제로서 *Sterptomyces aureofaciens*속 NRRL8092에서 생성된다. 닭에서 항원충제로서 초기 및 말기 콕시듐 감염증 치료 및 과사성 장염 예방 및 배합사료첨가제로 사용되며 소에서 성장촉진제로도 사용된다. 주로 그람양성균에 유효하다. 간에서 대사되어 극성 대사산물을 산생하며 주로 담즙을 통하여 분변으로 배출되며 3~4일내에 전량 배출된다. 배출량의 99%가 분변에 존재한다. 급성경구독성으로 반수치사량은 돼지, 마우스, 랫드, 토끼, 말에서 1~50mg/kg bw이다. 독성증상으로 과잉행동, 사지 허약, 운동실조가 관찰된다. 장기간 반복투여시 체중감소, 사료 섭취량 감소, 다리허약, 운동실조, 심박동 저하(비정상 ECG), 서맥, 심근 및 골격근 변성, 말초신경 변성이 나타나며 무독성량은 0.5mg/kg bw/일 이며 일일섭취허용량은 0~5 µg/kg bw/일이다. 유전독성 및 발암성은 음성이다. 인체에 노출될 경우 IgE매개성 알러지반응을 유발한다. 나라신은 99% 이상이 분변에 결합하며 비활성형으로 미생물학적ADI를 설정할 필요가 없다.

⑨ 타일로신

Macrolide 계열 항생제로서 토양균인 *Streptomyces fradiae*의 발효에 의해 산생된다. 그람양성균, 마이코플라즈마, 일부 그람음성균에 유효하며 세균의 단백질 합성을 억제한다. 돼지, 소, 가금류의 세균성 감염증 (장염, 폐렴 등) 치료에 사용하며 소, 돼지, 닭의 배합사료첨가제로도 사용된다. 장에서 주로 흡수되며 투여 2시간후 혈장내 최고농도로 존재한다. 경구투여량의 1~2%가 뇨로 배출되며 나머지는 분변으로 배출된다. 대사가 활발하게 이루어지며 가식부위에 대사물질 (tyrosin A)의 형태로 존재한다. 급성경구독성은 매우 낮아 반수치사량이 > 5000mg/kg bw이다. 랫드에서 1년간 경구투여시 입과구 증가 및 뇨 pH 증가가 나타나며 2년간 경구투여시 간장의 지방변성,



체중 및 사료섭취량 증가가 관찰되며 무독성량은 192mg/kg bw/일이다. 개에서 2년간 경구투여시 신우신염이 유발되고 이때의 무독성량은 100mg/kg bw/일이다. 미약한 유전독성을 나타내나 발암성은 없다. 미생물학적 ADI는 0~30 $\mu\text{g}/\text{kg}$ bw/일이다.

⑩ 콜리스틴

Cyclopeptide계의 항생제로서 그람음성 세균을 억제하며 소, 돼지, 닭 등의 세균성 감염증 예방을 위한 사료첨가제로 주로 사용된다. 세균의 세포막 파괴를 유도하여 살균효과를 발휘한다. 반수치사량은 450-1366 mg/kg bw이며 동물실험에서 특이할 독성을 관찰할 수 없어 최고 투여용량을 무독성량으로 산정하여 50.5 mg/kg bw/일로 평가되었으며 일일섭취허용량은 500 $\mu\text{g}/\text{kg}$ bw/일이다. 인체장내정상세균총에 대한 영향은 E. coli 억제이며 무독성량은 1 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 이다. 미생물학적 ADI는 7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ bw/일이다.

6) 성장촉진호르몬제

성장촉진용 호르몬제제는 생체에서 근육단백질 합성 증가, 성장촉진 효과를 발휘하는 생리활성 물질로 체내에서 정상적인 분비과정을 통하여 생성되는 스테로이드계 성호르몬과 화학적으로 제조된 합성호르몬이 있다. 성장촉진용 호르몬제는 일반적으로 물질대사과정 전반에 작용하여 체내 질소 저류량을 증대시키고 단백질 및 근육형성을 증대시키며 적혈구 생성을 활성화하여 가축의 성장 및 비육촉진을 유도한다. 에스트로젠류는 근육세포중의 성장호르몬과 인슐린 농도를 증가시키며 안드로젠류는 체내대사 촉진작용을 유발하는 부신피질호르몬(Corticosteroid)의 수용체에 결합하거나 갑상선호르몬(Thyroxin)의 양을 감소시켜 새로운 단백질의 생성은 촉진시키는 반면 분해는 오히려 지연시킴으로서 결과적으로 단백질의 증가를 유도하게 되어 비육촉진효과를 발휘한다.

① 위해성

성장촉진을 목적으로 가축에 투여된 호르몬제제는 축산물을 통하여 인체에 유입되면

II. 동물용 의약품

발육이상, 각종 암의 유발 등 부작용이 의심되고 있다.

성정축진용 호르몬제의 독성은 대부분 이들의 호르몬 작용에 의하여 유발된다. 천연호르몬제의 경우에는 생체내 흡수후 체내 존재하는 호르몬과 동일한 형태가 되며 적절한 사양관리가 이루어질 경우 식품중 잔류가 무시할 만 하므로 별도의 잔류허용기준을 설정하지 않는다.

표11 성장축진호르몬제의 위해성 (JECFA평가내용)

물질명	독 성	사 용
17β -에스트라디올 (Estradiol-17β, 제32차 JECFA)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 흡수후 동물자체 생성 호르몬과 동일함 ○ 태자 흡수, 사산 (0,69mg/kg bw) ○ 변이원성 : 소핵유발, 시험관내 aneuploidy발현, 시험관내 cell tranformation발현, 생체내 DNA의 산화적 손상발현, 생체내 DNA single-strand breakage발현 ○ 호르몬수용체와의 작용으로 암유발 ○ 올바른 사양관리하에 가축성장축진용으로 사용 시 잔류물은 인체에 무해할 것임 ○ 일일섭취허용량 : 0~50 ng/kg bw/일 ○ 잔류허용기준 : 불필요 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 증체율 향상 (귀피하 주입) ○ 소의 발정동기화(피하, 근육 내 주입)
테스토스테론 (Testosterone, 제32차 JECFA)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 흡수후 동물자체 생성 호르몬과 동일함 ○ 전립선 : 비염증성 변형유발 ○ 태자흡수(25mg/kg bw) ○ 비변이원성 ○ 전립선암 발현(호르몬작용) ○ 일일섭취허용량 : 0~2μg/kg bw/일 ○ 잔류허용기준 : 불필요 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 증체율향상 (귀피하 주입)
프로제스테론 (Progesterone, 제32차 JECFA)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 흡수후 동물자체 생성 호르몬과 동일함 ○ 비변이원성 ○ 경구투여시 생체이용률 10%이하 ○ 호르몬 작용유발 ○ 일일섭취허용량 : 0~30μg/kg bw/일 ○ 잔류허용기준 : 불필요 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 증체율향상 (귀피하 주입) ○ 소의 발정동기화(질내 주입)



www.mffaff.go.kr

www.foodsafety.go.kr

물질명	독 성	사 용
트렌볼론 (Trenbolone, 제34차 JECFA)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 동화작용(anabolic effect)을 띠는 합성스테로이드제 ○ 혈중 에트로젠, 테스토스테론 함량 변화(돼지) ○ 비변이원성 ○ 간장증생, 간종양 발생(마우스), ○ 췌장의 islet세포종양 발생(랫드) ○ 일일섭취허용량 : 0~0.02μg/kg bw/일 ○ 잔류허용기준(소, mg/kg) 근육 0.002(β-trenbolone), 간 0.01(α-trenbolone) 	증체율향상 (귀피하 주입)
제라놀 (Zeranol, 제32차 JECFA)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 동화작용(anabolic effect)을 띠는 합성스테로이드제 ○ Zearalanone과 taleranol로 대사됨 ○ 에스트로젠양 효과 발휘 ○ 뇌하수체전엽 종양 유발 ○ 유전독성 ○ 일일섭취허용량 : 0~0.5μg/kg bw/일 ○ 잔류허용기준(소, mg/kg) 근육 0.002, 간 0.01 	증체율향상 (귀피하 주입)
멜렌제스트롤 (Melengestrol, 제54차 JECFA)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 합성 프로제스트론제 ○ 비변이원성 ○ 월경주기 변화(원숭이) ○ 일일섭취허용량 : 0~0.03μg/kg bw/일 ○ 잔류허용기준(소, mg/kg) 근육 0.001, 간 0.01, 신장 0.002, 지방 0.018 	증체율향상 (경구투여)

② 국내외 관리 동향

CODEX에서는 성장촉진용 호르몬 중 내인성(천연)호르몬 즉 에스트라디올

II. 동물용 의약품

(Estradiol), 프로제스테론(Progesterone) 및 테스토스테론(Testosterone)은 사용되고 있는 제제형태와 사용방법을 고려해 볼 때 축산물중 잔류허용기준을 설정할 필요가 없는 것으로 결정하였다. 그리고 트렌볼론과 제라놀의 잔류허용기준을 설정하였으며 멜렌제스트롤은 기준 상정중이다. EU에서는 내인성 호르몬을 포함하여 모든 성장촉진용 호르몬제의 사용을 엄격히 금지하고 있다. 미국은 내인성 호르몬인 에스트라디올, 프로제스테론, 테스토스테론과 합성호르몬인 제라놀, 멜렌제스트롤 및 트렌볼론 등 총 6종에 대하여 사용을 허가하고 있다. 우리나라에서는 가축의 성장촉진을 목적으로 내인성호르몬 3종(에스트라디올, 프로제스테론, 테스토스테론)과 합성호르몬 2종(제라놀, 멜렌제스트롤)에 대하여 사용을 허가하고 있다.

7) 소성장호르몬 (Recombinant Bovine Somatotropin, rBGH)

소성장호르몬(Bovine growth hormone 또는 Bovine somatotropin)은 소의 뇌하수체에서 생산되는 펩타이드계 호르몬으로 성장촉진 및 산유량 증대효과를 나타낸다. 최근에는 유전자조작기술로 소의 성장호르몬(BST) 생산유전자를 대장균에 삽입하여 대장균으로부터 대량생산된 소성장호르몬(rBST)을 분리·정제하여 천연의 소 성장호르몬(BST)과 생리·화학적으로 동일한 물질을 생산한다.

① 위해성

FAO/WHO합동식품첨가물전문가위원회(JECFA), 미국 FDA(CVM), EU EMEA 등에서는 BGH 투여동물의 가식부위중 BGH함량이 무처치동물과 차이가 없으며 BGH로 인하여 체내 합성이 촉진되는 물질인 IGF-I (Insulin like growth factor-I)의 우유 및 가식부위중 함량도 무처치 동물과 유의한 차이가 없다고 평가하였다. 아울러, 본 제제는 중간 특이성이 있어 소 이외의 동물에서는 생물학적인 활성을 띠지 못하며 경구로 섭취시에도 단백질이어서 소화효소에 의하여 분해되므로 소화관을 통하여



흡수되지 않는 것으로 확인되었다. 항체생성효과에 있어서도 음식물중의 다른 단백질에 의해 야기되는 항체반응과 구분할 수 없을 정도로 미약하므로 우유나 소고기 등을 통하여 인체에 섭취된다 하여도 안전하다고 평가되고 있다.

즉, JECFA, 미국 FDA(CVM), EU에서는 BGH의 식품에서의 안전성에 대하여 소비자에게 어떠한 위해성도 유발하지 않는 것으로 결론지어 잔류허용기준으로서 JECFA 및 미국은 불특정 (Not specified)으로 규정하였고 EU는 식품중 잔류허용기준을 설정할 필요가 없는 물질로 분류하고 있다.

한편, EU 및 캐나다에서는 본제제의 사용으로 젖소에서 산유량이 증가하면서 동물의 정상적인 생리기능의 변화와 관절염 등 부작용의 발생을 우려하여 동물보호 차원에서 본 제제의 사용을 허가하지 않고 있다.

② BGH 잔류허용기준

우리나라를 포함하여 국제적으로 BGH의 식품에서의 안전성에 대해서는 소비자에게 어떠한 위해도 유발하지 않는 것으로 평가하였고 잔류허용기준을 특별히 설정하지 않고 있다.

5. 관련기관 및 전문가 목록

기 관	전 문 가
JECFA	Angelika Tritscher (tritschera@who.int)
미국 FDA	Kevin Greenlees (kevin.greenlees@fda.hhs.gov) Carl Cerniglia (ccerniglia@nvtr.fda.gov)
EU EMEA	Alan Boobis (a.boobis@imperial.ac.uk) Arnold Dieter (d_arnold@gmx.net)
국립수의과학검역원 독성화학과	정갑수 (031-467-1980), 정상희 (031-467-1837)
식품의약품안전청 잔류화학물질팀	이순호 (02-380-1674)

III. 식품첨가물

1. 식품첨가물 개요

식품첨가물이란 식품 중에 본래 들어있는 물질이 아니며, 일반적으로 식품을 제조·가공하는 동안에 식품의 품질을 개량하거나 보존성 또는 기호성을 증가시키기 위하여 첨가되는 물질을 말한다. 우리나라 식품위생법 제2조 2항에서는 ‘식품첨가물이라 함은 식품을 제조·가공 또는 보존함에 있어 식품에 첨가·혼합·침윤·기타의 방법으로 사용되는 물질을 말한다.’라고 정의하고 있다. FAO와 WHO의 식품첨가물 합동전문위원회(Joint FAO and WHO Expert Committee on Food Additives, JECFA)에서는 ‘식품첨가물이란 식품의 외관? 향미? 조직 또는 저장성을 향상시키기 위한 목적으로 식품에 의도적으로 소량 첨가되는 비영양물질’ 이라고 정의하고 있다.

2. 식품첨가물의 위험평가

식품첨가물은 식품의 제조, 가공, 보존에 매우 필요한 물질이나 식품첨가물의 사용방법이나 사용량이 부적당할 경우에는 인체에 위해를 일으킬 우려가 있으므로 식품첨가물에 대해서는 사용기준을 규정하여 사용 대상 식품의 종류, 사용량, 사용방법, 사용목적 등을 제한하여 일정량 이상을 섭취하지 않도록 하고 있다.

식품첨가물은 안전성이 평가되어 위험-편익(Risk-Benefit) 등의 다양한 편익 분석을 통해 1일 섭취허용량(Acceptable Daily Intake: ADI) 범위 내에서 필요 최소량으로 식품에 사용해야 한다. 식품첨가물의 독성시험은 사람을 대상으로 실험이 불가능하기 때문에 일반적으로 동물을 이용해 실험한다. 식품첨가물의 독성 영향을 판단하기 위하여 식품첨가물의 양을 과량, 소량 등 다양한 양으로 투여하여 그 영향을 관찰하거나 섭취한 후에 암생성, 후세에 미치는 영향 등을 다각적으로 관찰하고 평가한다. 식품첨가물의 경우에는 식품을 통해 일생 동안 섭취하기 때문에 장기 독성을 통해 사람이 평생 섭취해도 안전한 값, 즉 ADI를 결정하는 것이 통상적인 안전성 평가 방법이다. 래트나



마우스 같은 동물실험을 통해 무해하다고 판단되는 무독성량을 정하고 사람에 대한 안전량으로 환산하기 위하여 안전계수를 이용한다. 동물과 사람 간의 차이, 사람 간의 민감도 차이 등을 감안한 안전계수(통상 100분의1)를 적용하여 매일 그 물질을 섭취해도 안전하다고 판단하는 ADI를 정한다. 사람(체중 1kg당)에 대한 ADI는 동물에 대한 안전량을 100으로 나눈 값으로, 만약 체중 60kg의 성인의 경우에는 그 값에 60배를 곱하면 1일 섭취허용량을 얻을 수 있다. 안전계수 100이 절대적인 것은 아니며 물질의 종류나 특정 그룹의 사람에 대해서는 그 값이 달라질 수 있다.

식품첨가물의 사용량은 식품의 1일 섭취량을 고려하여 결정하게 된다. 1일 평균 식품섭취량은 일반적으로 국민영양조사의 데이터에 근거하나 다른 자료가 있을 경우에는 그 최대값을 이용한다. 사람의 식품섭취량은 개인에 따라 큰 차이를 보이며 나이, 성별, 지역, 계절, 기호 등에 따라 달라진다. 따라서 식품첨가물의 사용량을 결정할 때는 1일 평균 섭취량에 섭취계수를 곱한 양을 이용한다. 섭취계수는 1~10의 값을 가지며 섭취빈도가 높은 식품은 섭취계수가 작고 섭취빈도가 낮은 식품은 섭취계수가 크다. 어떤 식품첨가물이 여러 가지 식품에 사용될 경우에는 각 식품의 1일 섭취량을 고려하여 사용량을 결정하여야 하나, 그 총량이 1일 섭취허용량을 초과해서는 안 된다. 그러므로 식품첨가물의 허용 첨가량은 그 식품첨가물의 독성시험에서 실험동물에 대한 무독성량을 기초로 하여 그 식품첨가물에 대한 안전계수, 그 식품첨가물의 1일 최대섭취량과 그 식품첨가물을 함유하는 식품의 섭취계수 등을 고려하여 결정된다.

미국의 경우 1958년 개정된 식품첨가물법에서 식품에 첨가되는 모든 물질은 GRAS(Generally Recognized As Safe)를 제외하고는 시판되기 전에 그 제조자에 의해 안전성이 증명되어야 하지만 1958년 이전에 건강상의 위해나 유해성 없이 상용되어 온 것이나 적절한 과학적 시험에 의해 유해하지 않다고 밝혀진 것, 또는 미국 국립과학기술원이 추천한 전문가들에 의해 그 사용조건에서 안전하다고 평가된 물질들은 GRAS로 인정되어 안전한 첨가물로 간주하고 있다. 1960년 FDA는 600여 개의 물질

III. 식품첨가물

을 GRAS로 정해 목록을 만들었다. 그러나 GRAS는 가변적인 것으로 그 물질의 안전성이 의심되면 안전성을 다시 평가하여 목록에서 제외시킬 수도 있다. GRAS 목록이 만들어진 1960년 이후로 현대적인 독성학적 평가방법이 발달하였고 이에 따라 안전성의 재고도 필요해졌다. FDA 외에 다른 기관에서도 GRAS를 정했는데 향료 및 추출물 제조 협회(Flavor and Extract Manufacturers' Association : FEMA) 에서도 전문가들에 의해 1,000개 이상의 향료를 GRAS로 정하고 있다.

그러나 나라마다 자국에서 규정하는 식품첨가물에 대한 규정이 상이하므로 국제 통상에서 마찰이 일어날 수 있어 1954년 식품첨가물에 관한 합동전문위원회(A Joint Expert Committee on Food Additives)가 만들어졌다. 1955년 FAO/WHO 합동 식품첨가물 전문위원회에서는 식품첨가물의 사용을 규제하는 일반 원칙을 정하였고, 1957년에는 화학물질을 식품첨가물로 사용할 때의 안전 지침을 정하였으며, 1958년에는 식품첨가물의 안전성 확인 시험법을 마련하였다. 또한 FAO/WHO 합동 식품첨가물전문위원회는 식품첨가물의 1일 섭취허용량을 정하였고, 1971년에는 식품첨가물의 독성평가에 대한 결과를 발표하였다. 따라서 우리나라 등 세계 여러 나라는 국제기구인 JECFA에서 안전성을 평가하여 설정한 ADI 값을 통상 적으로 많이 준용하고 있다.

3. 식품첨가물의 안전관리

식품첨가물은 식품 산업에 필수불가결한 것으로 여겨지며 또한 식품 산업 발전에 크게 기여해온 것도 사실이다. 최근 건강에 대한 사람들의 관심이 크게 증가하고 또한 웰빙 문화에 편승하여 식품첨가물에 대한 소비자들의 의식이 크게 변하는 추세다. 이러한 사회적 분위기에 부합하고 국민의 욕구를 만족시키기 위해 이제 정부에서는 안전과 더불어 안심할 수 있는 새로운 측면의 뉴 패러다임에 초점을 맞추어 다양한 측면에서 더욱 적극적이고 능동적으로 식품첨가물 안전 관리 업무를 수행하는 데 심혈을 기울이고 있다. 아울러 생산자는 제품 생산 시 소비자의 입장을 고려하고, 원료 관리와 제조 공정,



기타 품질 관리 등을 할 때 법에서 정하는 사항을 준수하며, 필요 최소량만 사용하여 식품첨가물의 안전성을 최대한 확보하는 노력을 기울여야 한다. 또 소비자는 식품첨가물에 대한 올바른 생각을 갖고 제품 선택 시 무조건 싼 제품을 구입하기보다는 표시 사항 등을 확인하는 등 올바른 구매 습관을 가질 필요가 있다.

1) 식품첨가물의 기준 및 규격

우리나라에서 식품첨가물을 규제하는 근거는 식품위생법에 마련되어 있으며, 1966년에 제정된 식품첨가물공전에는 약 200여 종의 화학합성품 사용에 대한 내용이 수록되었다. 이후 1977년에 화학합성품과 그 외의 첨가물들에 대해 식품첨가물의 규격과 기준을 고시함으로써 현재 공전의 기초를 마련하였다. 그 이후에도 식품첨가물의 안전성, 필요성 등의 검토를 거쳐 계속 보완작업을 수행하고 있는데 식품첨가물공전에 기준과 규격이 설정된 첨가물의 수는 2003년 12월 현대 611종이며, 이 중에는 화학적 합성품이 412종, 혼합제제가 7종, 천연첨가물이 192종 포함되어 있다.

우리나라 식품위생법 제 7조에서는 식품의약품안전청장이 국민보건상 필요하다고 인정하는 때에는 판매를 목적으로 하는 식품 또는 식품첨가물의 제조·가공·사용·조리 및 보존의 방법에 관한 기준과 그 식품 또는 식품첨가물의 설분에 관한 규격을 정하여 고시하도록 하고 있다. 또한 기준과 규격이 고시되지 않은 식품 또는 식품첨가물(식품에 직접 사용하는 화학적 합성품인 첨가물을 제외한다.)에 대하여는 그 제조·가공업자로 하여금 제조·가공·사용·조리 및 보존의 방법에 관한 기준과 그 성분에 관한 규격을 제출하게 하여 규정에 지전된 식품위생검사기관의 검토를 거쳐 당해식품 또는 식품첨가의 기준과 규격을 한시적으로 인정하도록 하고 있다. 또한 식품공전에서 정하고 있는 식품첨가물의 사용은 이 기준에 따르고, 그 외의 식품첨가물 사용은 식품첨가물공전에 따르도록 하고 있다. 다만 기준 및 규격이 고시된 화학적 합성품으로서 사용기준이 설정된 품목 중 그 기준이 국제기준과 상이하여 기준 적용상 문제가 제기되었을

III. 식품첨가물

경우에 식품의약품안전청장은 식품위생심의위원회의 심의를 거쳐 잠정적으로 Codex 규정의 사용기준을 준용할 수 있도록 하고 있다.

우리나라 식품첨가물공전에는 허용된 식품첨가물 개개 품목에 대한 정의, 성분 규격 등이 정해져 있다. 우리나라에서 사용이 허가된 식품첨가물은 주 용도에 따라 보존료, 살균제, 산화방지제, 피막제, 착색제, 발색제, 표백제, 조미료, 감미료, 산미료, 착향료, 팽창제, 강화제, 검 기초제, 피막제, 소포제, 추출제, 이형제, 식품제조용 첨가제, 품질개량제, 밀가루 개량제, 효료, 유화제, 품질유지제 등으로 구분할 수 있다. (표1)

2) 식품첨가물의 표시

식품제조·가공업자는 소비자들이 알 수 있도록 식품첨가물을 표시하여야 하는데, 식품첨가물의 표시사항(식품위생법 제10조, 식품 등의 표시기준 제 7조)은 식품첨가물 제품 자체에 대한 표시와 식품첨가물을 식품에 사용하였을 때의 표시로 나눌 수 있다.

식품첨가물 제품 자체에 표시해야 할 사항에는 제품명(화학적 합성품의 경우 우리나라 식품첨가물공전상 명칭을 표시한다. 단, 착향의 원료인 고급 케톤류, 라톤류 등 18종의 화학적 합성품의 경우에는 원료 명칭 대신 다른 제품명을 사용할 수 있다.) 업소명 및 소재지, 제조년월일, 영업허가번호 및 품목제조허가번호, 내용량(중량·용량 또는 개수), 원료명 및 성분 등이 있다. 화학적 합성품(착향 목적인 것은 제외)을 혼합한 식품첨가물은 그 혼합된 화학적 합성품의 명칭과 함량을 표시한다. 또한 천연색소류 제제, 효소 또는 비타민 제제의 경우는 각각 색가 또는 역가를 표시해야 하고, 보관상 주의사항, 사용기준, 반품 및 교환장소를 표시하거나 이를 기재한 사용 안내서를 제품의 용기나 포장 내부에 동봉하도록 되어있다.

식품에 식품첨가물이 사용되었을 경우 식품첨가물은 식품 원료의 하나가 되므로 식품 표시기준 중 원료명 및 함량 표시기준에 따라야 한다. (식품위생법 시행규칙 제5조).



식품의 원료명 및 함량 표시기준에 따르면 유가공품, 식육제품, 어육연제품, 통조림 또는 병조림제품, 다(茶)류식품, 인스턴트 식품, 건강보조식품, 특수영양식품, 인삼식품의 경우에는 원료 함량 순위에 따라 다섯가지 원료명과 이중 세가지 이상의 주요성분의 함량(백분율)을 표시하도록 하고 있다. 이외의 식품에서는 원료 함량 순위에 따라 다섯가지 이상의 원료명을 표시하도록 하고 있다. 합성감미료, 합성착색료, 합성보존료, 산화방지제, 표백제, 합성살균제, 발색제의 용도로 사용되는 식품첨가물이 함유된 식품은 함유된 식품첨가물의 명칭과 용도를 함께 표시한다.

표 1 식품첨가물의 분류

분류	용도	사용목적	대표적 첨가물
부패 변질 방지	보존료	미생물의 증식에 의해 일어나는 부패나 변질 방지	소르빈산, 안식향산 등
	살균제	미생물을 단시간 내 사멸하는 작용을 가지며 음료수, 식기류, 손 등의 소독에 사용	차이염소산나트륨, 표백분 등
	산화방지제	지방의 산화와 그로 인한 변색을 지연	BHA, BHT 등
기호 만족	착색제	인공적으로 착색하여 천연색을 보완함으로써 식품의 기호적 가치를 향상	식용색소 등
	발색제	식품 중에 존재하는 색소와 결합시켜 그 색을 안정시키거나 선명하게 함	아질산나트륨, 질산칼륨 등
	표백제	색소 파괴로 흰 식품을 만들거나 색소 착색 전에 표백하여 색소 착색이 아름답게 되도록 함	아황산나트륨
	조미료	식품 본래의 맛을 한층 돋우거나 기호에 맞게 조절하여 미각을 좋게 함	아미노산계(MSG), 핵산계 등
	산미료	식품에 적합한 산미를 부여하고 청량감을 줌	구연산, 빙초산 등
	감미료	식품에 단맛을 부여함	아스파탐 등
	착향료	식품의 기호적 가치를 증진하는 방향물질	바닐라, 락톤류
영양 강화	강화제	식품에 영양을 강화하기 위해 사용하는 비타민, 무기질, 아미노산 등의 물질	비타민류, 무기질류, 아미노산류 등
품질 개량	밀가루 개량제	밀가루 표백과 숙성기간을 단축하고 제빵효과의 저해물질을 파괴함으로써 가공적성 등을 개량함	과산화벤조일, 과산화암모늄 등

III. 식품첨가물

분류	용도	사용목적	대표적 첨가물
품질 개량	유화제	물과 기름같이 잘 혼합하지 않은 두 종류의 액체를 혼합할 때 분리를 막고 유화를 도와줌	글리세린, 지방산, 에스테르 등
	호료	식품의 점착성을 증가시키고 유화안정성을 좋게 함	구아검
	품질개량제 (결착제)	주로 식육제품류에 사용하여 결착성을 높여 씹을 때 촉감을 향상시킴	인산염, 중합인산염 등
	피막제	과일 및 야채류의 신선도를 장기간유지하기 위해 표면에 피막을 만들어 호흡제한 및 수분증발 방지	파라핀, 초산비닐수지
	검 기초제	에스테르검, 폴리부텐	
제조 공정	팽창제	빵이나 카스테라 등을 만들기 위해 밀가루를 부풀려 조직을 향상시키고 적당한 형태를 갖추게 함	명산, 중조(식소다), 베이킹파우더, D-주석산수칼륨 등
	소포제	식품의 제조공정 중에 발생하는 거품 제거	규소수지
	추출제	식품의 어떤 성분을 용해 추출하기 위해 사용	n-헥산
	이형제	빵의 제조 가공과정에서 구울 때 달라붙지 않게 함	유동파라핀
기타	1) 사용기준이 없는 것 2) 사용기준이 있는 것	1) 인삼, 황산 2) 염화 칼슘, 수산화나트륨	

4. 주요 식품첨가물의 특성

1) 아질산나트륨

아질산나트륨(sodium nitrite, NaNO_2)은 그 자체에는 색이 없으나, 식품 중의 색소와 작용해서 색을 안정시키나 발색을 촉진시키는 발색제(color fixatives, color developers)의 일종이다.

육류는 주로 헤모글로빈(hemoglobin)과 미오글로빈(myoglobin)에 의하여 붉은색을 띠게 되는데, 공기 중의 산소에 의해 산화되면 암갈색의 메트헤모글로빈(methemoglobine)과 메트미오글로빈(metmyoglobin)으로 되어 점점 갈색으로 변한다. 이러한 육류의 변색을 방지하기 위하여 아질산나트륨이나 질산나트륨(sodium



nitrate, NaNO_3) 등의 발색제를 첨가하여 안정한 붉은 색소인 니트로소헤모글로빈(nitrosohemoglobin)이나 니트로소미오글로빈(nitrosomyoglobin)을 형성하도록 한다. 아질산나트륨은 발색제 효과뿐만 아니라 클로스트리디움 보툴리눔(*Clostridium botulinum*)의 생육과 발아를 억제하는 효과도 가지고 있다.

아질산나트륨은 백색 내지 담황색의 분말, 입상의 형태를 가지고 있다. 맛과 외관이 소금과 비슷하다. 독성은 쥐의 경구투여시 $\text{LD}_{50}=85\text{mg/kg}$, 생쥐의 경구투여시 $\text{LD}_{50}=220\text{mg/kg}$ 이다. 아질산나트륨은 JECFA에서 안전성을 평가받았으며, ADI가 $0\sim 0.07\text{mg/kg(체중)}/\text{day}$ 로 설정되어 있다. 식품을 통한 부작용 사례는 보고된바가 없으나 다만 아질산이온에 오염된 음용수를 섭취한 영아의 경우 산소 결핍에 의한 청색증(blue baby syndrome)을 유발하는 것으로 알려져 있다. 또 일부에서는 아질산염을 발암성과 관련지어 이야기하고 있으나 발암물질은 아니며, 다만 2급 아민이라는 물질과 반응할 때 발암 물질인 니트로소아민을 생성하는 것으로 알려져 있어서 혹시 아질산을 다량 섭취하면 체내에서도 같은 물질이 생성되어 문제가 되지 않을까 우려하는 것이 실제 식품에 사용된 양이 문제되어 보고된 사례는 없다.

2) 보존료

보존료(chemical preservatives)란 식품이 세균과 곰팡이 등의 미생물 작용에 의해 변질되거나 부패되는 것을 효과적으로 억제하고 신선한 상태로 유지되도록 하기 위해 사용되는 식품첨가물이다. 보존료의 작용은 살균작용보다는 부패미생물에 대한 정균작용이라고 할 수 있다. 보존료는 식품에 들어 있는 부패미생물뿐만 아니라 인체에도 영향을 미칠 수 있으므로 정해진 사용량에 따라 사용범위에 맞게 사용해야 한다. 보존료의 조건으로는 독성이 없고 부패미생물의 증식 억제력이 강하며 기호성과 같은 식품의 특성에도 나쁜 영향을 주지 않고 사용법이 쉬우며 가격이 저렴한 것 등을 들 수 있다. 대표적인 보존료로는 안식향산 및 안식향나트륨, 소르브산 및 소르브산칼륨, 데히드로

III. 식품첨가물

초산 및 데히드로초산나트륨, 파라옥시안식향산 에스테르류, 프로피온산나트륨 및 프로피온산칼슘 등이 있다.

(1) 안식향산, 안식향나트륨

안식향산(benzoic acid)은 백색 소엽상(小葉狀)의 침상(針狀) 결정으로 냄새가 없거나 벤조알데히드와 같은 냄새가 난다. 냉수에는 잘 녹지 않고 열탕에는 조금 녹으며 융점은 121~123℃이다. 알코올, 에테르, 초산, 젖산에 잘 녹는다. 산성보존료이므로 방부작용은 산성에서 강하다. 미생물의 발육억제 및 살균작용이 있으며 pH3에서 그 작용이 가장 강하다. 다른 산성보존료와 마찬가지로 비해리분자에 의해서 방부효과를 나타낸다. 안식향산나트륨(sodium benzoate)은 백색의 입상(粒狀) 또는 결정성 분말로 물에 녹으며 알코올에는 잘 녹지 않는다.

안식향산 및 안식향나트륨은 청량음료수(탄산을 함유하는 것은 제외) 및 간장이외의 식품에 사용해서는 안 되며 그 사용량은 안식향산일 경우 식품 1kg에 대하여 0.6g 이하이어야 한다. 안식향산나트륨은 미생물의 살균 및 발육 억제작용이 있다. 안식향산은 토끼에 대한 치사량이 2g/kg이며 쥐의 경우 LD50= 2.7mg/kg이다. 또한 안식향산나트륨은 개의 경우 LD50= 2g/kg, 쥐의 경우 LD50= 4.1g/kg이다.

(2) 소르브산, 소르브산칼륨

소르브산(sorbic acid, $\text{CH}_3\text{-CH=CH-CH=CH-COOH}$)은 물에 잘 녹지 않는 무색의 침상 결정 또는 백색 결정성 분말로 냄새가 없거나 또는 약간의 냄새가 있다. 열이나 광선에 대하여 안정하며, 항균력은 강하지 않으나 곰팡이, 효모, 세균 등에 모두 작용한다. 소르브산칼륨(potassium sorbate, $\text{CH}_3\text{-CH=CH-CH-CH-COOK}$)은 물에 잘 녹는다. 독성은 쥐의 경우 경구 투여 시 소르브산이 LD50= 10.5g/kg, 소르브산칼륨이



LD50= 5.86g/kg이다.

(3) 데히드로초산, 데히드로초산나트륨

데히드로초산(dehydroacetic acid)은 백색의 침상 또는 판상 결정성을 가지며 결정성 분말로 맛과 냄새가 거의 없다. 데히드로초산은 물에는 녹기 어려우나 유기 용매인 알코올, 에테르 등에는 잘 녹는다. 열에 매우 안정하나 직사광선에서는 황색으로 변하는 성질이 있다. 또한 금속과 작용하여 착색염을 형성하므로 데히드로 초산 용해 시 금속 용기를 사용하지 않도록 한다, 산성용액에 곰팡이, 효모, Gram 양성균에 대하여 효력을 나타낸다. 세균보다는 효모에 대한 생육억제 작용이 강하다.

데히드로초산나트륨(sodium dehydroacetate)은 백색의 결정성 분말로 냄새가 거의 없고 맛도 없으며 물에 잘 녹는다. 또한 에테르, 아세톤에는 잘 녹지 않으며 글리세린, 프로필렌글리콜(propylene glycol)에는 잘 녹는다. pH5.2~8.5의 넓은 범위에서 작용하며 과산화수소나 과망간산칼륨과 같은 산화제에 의하여 쉽게 분해된다. 쥐에 대한 LD50은 데히드로초산이 1.0g/kg, 데히드로초산나트륨이 0.5g/kg이다.

데히드로초산 및 데히드로초산나트륨은 치즈, 버터, 마가린에 사용하며 데히드로 초산의 사용량은 식품 1kg에 대하여 0.5g 이하이어야 한다. 데히드로초산 1g은 데히드로초산나트륨 1.237g에 상당한다.

(4) 파라옥시안식향산 에스테르류

파라옥시안식향산 에스테르류에는 파라옥시안식향산부틸 (butyl p-hydroxybenzoate), 파라옥시안식향산이소부틸(isobutyl p-hydroxybenzoate), 파라옥시안식향산프로필(propyl p-hydroxybenzoate) 등이 있다.

III. 식품첨가물

파라옥시안식향산은 살리신산의 이성체로서 살리신산보다 향미생물 효과는 강하나 독성은 오히려 적다. 파라옥시안식향산에 알킬기가 결합된 에스테르류는 미생물 성장 억제력이 강하고 독성도 적다. 파라옥시안식향산 에스테르류의 작용은 pH의 영향을 덜 받으나 물에 잘 녹지 않기 때문에 프로필렌글리콜이나 알코올에 용해시켜 사용한다.

독성은 쥐에게 경구투여했을 때 파라옥시안식향산에틸이 LD50= 2.5g/kg, 파라옥시안식향산프로필이 LD50= 3.7g/kg, 파라옥시안식향산이소부틸이 LD50=10g/kg, 파라옥시안식향산부틸이 LD50=16.0g/kg이다.

파라옥시안식향산 에스테르류는 간장, 식초, 청량음료수(탄산을 함유한 것은 제외), 과실 소스, 과실(외피부분에 한함), 과채(외피부분에 한함) 이외의 식품에 사용할 수 없다. 단, 부틸에스테르는 청주, 합성청주, 약주, 탁주에도 사용할 수 있다.

(5) 프로피온산나트륨, 프로피온산칼슘

프로피온산나트륨(sodium propionate)과 프로피온산칼슘(calcium propionate)은 백색의 결정이며 과립 또는 분말로 냄새가 없거나 약간의 신 냄새가 있다. 물에는 잘 녹으나 알코올, 아세톤, 에테르 등의 유기용매에 잘 녹지 않는다. 이들은 산성보존료로 pH가 낮을수록 효과가 크며 열과 광선에 안정하고 흡습성이 있다.

미생물의 탈수효소계의 작용을 저해하며 곰팡이에 대한 발육억제 효과가 있다. 프로피온산칼슘의 독성은 생쥐에게 경구투여 시 LD50= 3.34g/kg이며, 프로피온산나트륨의 독성은 LD50= 5.1g/kg이다.

3) 산화방지제

유지 또는 유지를 함유하는 식품은 공기 중의 산소에 의해 산화하여 산패되고 맛, 냄새,



색, 영양소 등에 변화가 생긴다. 이를 방지하기 위하여 사용되는 첨가물이 산화방지제(antioxidants)이며 항산화제라고도 한다. 산화방지제는 유지의 산패가 일어나기 이전에 첨가하는 것이 효과적이며 단독으로 사용하는 것보다 2종 이상을 병용하는 것이 더욱 효과적이다. 또한 구연산, 말산 등의 유기산류나 폴리인산염, 메타인산염과 같은 축합인산염을 같이 사용하면 산화방지 효과가 증가되는데, 이와같이 산화방지제의 효력을 증가시키기 위해 사용하는 물질을 상승제(synergist)라고 한다. 상승제는 산화과정에서 촉매로 작용하는 금속이온을 불활성화시킴으로써 산화방지제의 효과를 증진시켜 준다. 대표적인 산화방지제로는 부틸히드록시 아니졸, 디부틸히드록시톨루엔, 터셔리부틸 히드로퀴논, 몰식자산 프로필, 에리소르브산 및 에리소르브산나트륨, 비타민 E 및 비타민 E 초산에스테르, 비타민 C, L-아스코르브산나트륨 및 아스코르브산칼슘, 아스코르빌 팔미테이트 및 L-아스코르빌 스테아레이트, 이디티에이 칼슘이나트륨 및 이디티에이 이나트륨 등이 있다.

(1) 부틸히드록시 아니졸

부틸히드록시 아니졸(butyl hydroxy anisole: BHA)은 무색 내지 백색, 미황색의 결정으로 물에는 거의 녹지 않고 알코올, 프로필렌글리콜, 유지 등에는 잘 녹는다. 석유 냄새가 약간 나고 자극성의 맛이 있다. 열에는 안정하나 광선에 오래두면 착색한다. BHA는 2-tertiary-butyl 4-hydroxyanisole(2-BHA)과 3-tertiary-butyl 4-hydroxyanisole(3-BHA)의 혼합물로서 2-BHA의 융점은 65°C이고 3-BHA의 융점은 64°C이다. 3-BHA는 2-BHA보다 1.5~2배 효력이 강하여 시판품은 3-BHA를 90%이상 함유하는 혼합물이 사용된다. BHA의 급성독성은 생쥐에 경구투여 시 LD50=2.0g/kg이다.

III. 식품첨가물

(2) 디부틸히드록시톨루엔

디부틸히드록시 톨루엔(dibutyl hydroxy toluene: BHT)은 무색의 결정, 백색의 결정성 분말 또는 덩어리로서 맛과 냄새가 없다. 물, 글리세린, 프로필렌글리콜에는 녹지 않고 유지에 잘 녹는다. 융점은 69.5~71.5℃이며 광선이나 열에 안정하다. 금속이온과 반응해도 착색되지 않으며 가열가공 후에도 효력이 저하되지 않는다. 쥐에 대한 LD50=1.39~1.92g/kg이다. 사용기준은 <표3-5>와 같다.

(3) 터셔리부틸 히드로퀴논

터셔리부틸 히드로퀴논(tertiary-butyl hydroquinone: TBHQ)은 백색의 결정으로 물에는 녹지 않으며, 알코올, 에테르에는 잘 녹는다. 융점은 126.5~128.5℃이며, 유지의 산화방지에 부틸히드록시 아니졸이나 디부틸히드록시 톨루엔보다 효과가 크다.

(4) 몰식자산 프로필

몰식자산 프로필(propyl gallate)은 백색 또는 담황갈색의 결정성 분말이며 냄새는 없으나 약간의 쓴맛이 있다. 물에는 잘 녹지 않고 알코올, 에테르, 아세톤 등에 잘 녹으며, 열에는 비교적 안정하다. 철이온에 의해 착색되기 쉽고, 유지 및 버터에만 사용하여야 하며 사용량은 버터 및 유지 1kg에 대하여 0.1g 이하이어야 한다. 생쥐에 대한 LD50은 2~3.5g/kg이다.

(5) 에리소르브산 및 에리소르브산나트륨

에리소르브산(erythorbic acid)은 백색 내지 담황색의 결정 또는 분말로서 냄새는 없으나 신맛이 있다. L-아스코르브산(L-ascorbic acid)의 입체이성질체로서 비타민 C



와 성질이 비슷하나 비타민으로서의 효력은 기대할 수 없으며 산화방지 목적으로 사용된다. 산화방지 효과는 L-아스코르브산보다 강하다. 열이나 빛에 약하며 물, 알코올에는 잘 녹으나 유지나 유지용매에는 녹지 않는다. 독성은 생쥐에게 경구투여 시 LD50 $\geq 5\text{g/kg}$ 이다.

에리소르브산나트륨(sodium erythrorbate)은 백색 내지 등황백색의 입자 또는 결정성 분말로 냄새가 없고 약간의 짠맛이 있다. 물에는 녹으나 알코올에는 녹지 않고 사용 시준은 에리소르브산과 같다. 독성은 생쥐에게 경구투여 시 LD50=15.34g/kg이다.

(6)비타민 E, 비타민 E 초산에스테르

비타민 E(DL- α -tocopherol acetate)는 담황색 내지 황갈색의 점조성 있는 유액이다. 물에는 녹지 않으며 알코올과 유기 용매에 용해된다. 열에 안정하며 가시광선과 산에는 안정하나 알칼리, 자외선에는 불안정하여 산화되면 암적색으로 변색된다. 항산화력은 BHA나 BHT보다 낮으나 독성이 낮아 사용제한이 없다.

(7) 비타민 C, L-아스코르브산나트륨 및 아스코르브산칼슘

비타민C (L-ascorbic acid)는 백색 내지 미황백색의 결정 또는 결정성 분말로 냄새는 없으나 신맛이 있다. 열, 광선, 공기, 금속이온에 의해 분해되나 건조상태에서는 비교적 안정하다. 물, 알코올에는 녹으나 에테르, 벤젠 등 유기용매에는 녹지 않는다.

아스코르브산나트륨(sodium L-ascorbate)과 아스코르브산칼슘(calcium ascorbate)은 백색내지 미황색의 결정성 분말 또는 입자로 냄새는 없으나 짠맛이 조금 있다. 비타민C보다 물에 더 잘 녹으며 알코올, 아세톤에는 녹지 않는다. 건조상태에서는 안정하며, 비타민C와 비슷한 용도로 사용된다.

III. 식품첨가물

(8) 아스코르빌 팔미테이트 및 L-아스코르빌 스테아레이트

아스코르빌 팔미테이트(ascorbyl palmitate)는 백색 내지 담황색의 분말로서 물에는 녹지 않으나 알코올에는 잘 녹는다.

아스코르빌 스테아레이트(L-ascorbyl stearate)는 백색 내지 담황색의 분말로서 약한 과일 냄새가 나며 알코올에 잘 녹고 물과 유지에는 녹지 않는다.

(9) 이디티에이 칼슘이나트륨 및 이디티에이 이나트륨

이디티에이 칼슘이나트륨(calcium disodium ethylenediamine tetraacetate)은 백색의 분말로 물에 잘 녹으며 약간의 짠맛을 가지고 있다. 금속이온과 킬레이트를 형성하여 산화를 방지하는 효과를 나타낸다. 독성은 쥐에게 경구투여 시 LD50=10,000mg/kg이다.

이디티에이 이나트륨(disodium ethylenediamine tetraacetate)은 백색 분말로 약간의 짠맛이 있고 물에 잘 녹는다. 쥐에게 경구투여시 LD50=2,000~2,200g/kg이다. 마요네즈, 샐러드, 드레싱유 등에 사용시 무수 이디티에이 이나트륨으로서 0.07g/kg 이하를 사용하여야 한다.

4) 아황산계 식품표백제

식품을 표백할 목적으로 사용하는 식품첨가물로 그 작용에 따라 산화형 표백제와 환원형 표백제가 있다. 산화형 표백제로서 식품에 사용이 허가된 것은 과산화벤조일이다. 환원형 표백제로서 식품에 사용이 허가되어 있는 것은 아황산나트륨, 차아황산나트륨 등이다. 특히 아황산계 환원형 표백제의 작용은 시간이 지나면 복원되므로 식품에 과잉 사용하기가 쉬워 식품위생상 문제가 되고 있다.



아황산은 이산화황(SO₂)을 물에 녹인 화학식 H₂SO₃의 약산이다. 식품에는 환원제로서 표백의 목적으로 무수아황산을 사용한다. 이 식품첨가물을 사용한 아황산화합물은 잔류허용량이 이산화황으로 규제되고 있다.

아황산나트륨(Na₂SO₃)은 무수물과 결정물이 있으며, 표백제, 보존료, 산화방지제 등으로 사용된다. 찹깨, 콩류, 서류, 과실류, 야채류 및 그 단순가공품(탈피 및 절단 등)에 사용해서는 안 되고 그 밖의 식품에 사용할 때는 이산화황으로서 다음의 기준 이상 남기지 않도록 하여야 한다. 박고지: 5g/kg, 당밀 및 물엿: 0.3g/kg, 엿: 0.4g/kg, 과실주: 0.35g/kg, 5배 이상 희석하여 사용하는 과실주스, 농축과실즙 및 과실류·채소류가공품: 0.15g/kg, 건조과실류: 2g/kg, 곤약분: 0.9g/kg, 새우살: 0.1g/kg, 설탕: 0.02g/kg, 기타식품(찹깨, 두류, 서류, 과실류, 채소류 및 그 단순가공품(탈피, 절단 등) 제외): 0.038 g/kg.

아황산수소나트륨은 피로아황산나트륨, 메타중아황산나트륨, 산성아황산소다라고도 하며 표백제, 보존료, 산화방지제로 사용된다. 사용기준은 아황산나트륨에 따른다. 백색의 분말로 이산화황의 약취가 있다. 공기 속에서 SO₂를 발생하여 서서히 산화되어 황산염이 된다. 물 100ml에 대하여 약 30g(상온), 50g(100°C)용해한다. 수용액은 pH 4.4~5.5, 에탄올, 아세톤에는 녹지 않는다. 광산에 의해서 분해되어 SO₂를 발생한다. 가열하면 분해한다. 강력한 환원력을 가져 알데히드와 부가물을 만든다. 일반적으로 밀 전마개를 하여 냉암소에서 보존하여야 한다. 독성은 토끼(경구)에서 LD₅₀가 SO₂로 600~700mg/kg 이다.

이러한 아황산염을 과다 섭취하면 두통, 복통, 메스꺼움, 순환기 장애, 위 점막 자극, 기관지염 등을 일으킬 수 있으며, 특히 천식 환자는 위험할 수 있다. 연구에 의하면 천식 환자의 약 8%가 이산화황에 민감한 것으로 알려져 있고, 소금 절임 양과를 섭취한 유아들에게 천식 현상이 발생한다는 보고도 있다. 미국에서는 알레르기 체질인 사람이 야채샐러드에 사용한 아황산염에 의해 사망한 적이 있어서 신선한 과일 및 채소류에 사용을 금지하고 있다.

III. 식품첨가물

5) 인공감미료

식품에 단맛을 부여하기 위하여 사용하는 물질을 감미료(sweeteners)라고 하며, 당질을 제외한 감미를 가지고 있는 화학적 제품을 합성감미료라고 한다. 이는 영양가가 거의 없으며 급성중독이나 발암성 등에 대한 안전성이 요구된다. 대표적인 감미료는 삭카린 나트륨, 글리실리진산나트륨 및 글리실리진산삼나트륨, D-솔비톨, D-말티톨, 자일리톨, 아스파탐, 아세설팜칼륨, 스테비오사이드 및 효소처리 스테비아, 감초 추출물, D-크실로오스 등이 있다.

(1) 삭카린 나트륨

삭카린나트륨(saccharine sodium)은 O-sulfobenzimide의 나트륨염으로 물에 잘 녹으며 감미는 설탕의 300~500배이다. 삭카린나트륨은 농도가 묽으면 단맛을 내나 0.05% 이상의 농도에서는 쓴맛을 낸다. 삭카린나트륨은 열에 의해 O-sulfamono benzoic acid로 분해되어 감미가 소실되나 100°C에서 2시간 가열하는 조건에서는 분해하지 않으므로 일반적인 조리조건에서는 분해되지 않는다. 산성용액에서는 물에 잘 녹지 않는 삭카린으로 변하기 때문에 감미가 감소된다.

삭카린을 하루 3g이상 섭취하면 점막자극, 소화효소의 저해, 신장장애, 방광 종양 등이 일어날 수 있으며, 1일 섭취허용량은 5mg/kg이다. 독성은 생쥐에게 경구투여 시 LD50=17.5g/kg이다.

삭카린나트륨 및 이를 함유하는 제제는 절임식품류(김치류 제외)에는 1.0g/kg 이하로 사용하여야 하며, 음료류(발효음료류 제외)에는 0.2g/kg 이하(단, 5배이상 희석하여 사용하는 것은 1.0g/kg 이하), 어육가공품에는 0.1g/kg 이하, 영양보충용 식품, 환자용 등 식품, 식사대용 식품에는 1.2g/kg이하로 사용하여야 한다.



(2) 글리실리진산이나트륨, 글리실리진산삼나트륨

글리실리진산이나트륨(disodium glycyrrhizinate)과 글리실리진산삼나트륨(trisodium glycyrrhizinate)은 감초(glycyrrhiza glabra var. glandulifera) 뿌리에서 추출한 감미 성분인 6~14%의 글리실리진산을 정제하여 나트륨염으로 만든 것이다. 물, 글리세린에 용해되고 알코올, 에테르, 유지 등에는 잘 녹지 않는다. 일반 감미료와는 달리 입에 넣고 잠시 후에 단맛을 느낄 수 있으며 설탕의 약 200배의 지속성 감미가 있다. 된장과 간장에만 사용할 수 있으며, 글리실리진산이나트륨의 독성은 생쥐에게 경구투여시 LD50?50g/kg, 복강 내 주사시 LD50=144mg/kg이고, 글리실리진산삼나트륨의 경우는 생쥐에게 피하주사 시 LD50=1,546mg/kg이다.

(3) D-솔비톨 및 D-솔비톨액

D-솔비톨(D-sorbitol)은 포도당이나 과당에 수소를 첨가하여 얻을 수 있으며, 수용성으로 감미는 설탕의 60% 정도이다. 흡습성과 보습성을 가지고 있으며 제과, 음료에 사용된다.

(4) D-말티톨, 말티톨 시럽 및 이소말트

D-말티톨(D-maltitol)은 맥아당에 수소를 첨가하여 만들어지며 수용성이고, 감미는 설탕의 80% 정도로 단맛과 청량감을 준다. 보습성을 가지고 있고, 마이야르(aillard) 반응을 일으키지 않는다. 제과, 음료에 이용된다.

이소말트(isomalt)는 설탕에 당전이 효소를 처리하여 얻은 팔라티노스에 수소를 첨가하여 얻어지는 솔비톨과 만니톨의 혼합물로서 감미는 설탕의 50% 정도이다. 낮은 흡습성으로 캔디 제조에 이용된다.

III. 식품첨가물

(5) 자일리톨, 락티톨 및 D-만니톨

자일리톨(xylitol)은 자일란(xylan)을 가수분해하여 얻은 자일로수(xylose)에 수소를 첨가하여 제조한다. 감미는 설탕과 비슷하며 청량감을 준다. 자일리톨은 솔비톨과는 달리 충치를 일으키는 구강 미생물(*Streptococci mutana*)에 의해 발효되지 않는 것으로 나타나 충치 감소에 효과적인 것으로 밝혀졌다. 자일리톨이 이런 특성을 가지고 있으므로 현재 추잉검, 구강 청결제에 많이 사용되고 있다.

락티톨(lactitol), D-만니톨(D-mannitol)도 당알코올로 설탕보다는 칼로리가 적으며, 청량감을 주고 보습성이 커서 과자, 빵, 김 등에 사용된다.

(6) 아스파탐

1969년 미국의 G. D. Searle사에서 귀양 치료제를 탐색하는 중 중간산물로 발견된 아스파탐(saspartame)은 L-아스파르트산(L-aspartic acid)과 L-페닐알라닌(L-phenylalanine)으로 구성된 디펩티드(deptide)로서 단맛을 가진 백색의 결정성 분말이다. 아스파탐은 국제기구인 JECFA에서 안전성을 평가받아 ADI가 40mg/kg(체중)/day로 설정되어 국제식품규격위원회(CODEX), 미국, 일본 등 제외 국가에서 식품에 사용하고 있는 식품첨가물로, 감미도가 설탕의 180~250배로 당뇨병 환자로 감미료나 저칼로리 식품에 넣는 대체 감미료로 주로 사용된다. 그러나 아스파탐의 구성성분인 페닐알라닌을 대사시킬 수 없는 유전적인 결함을 가진 페닐케톤뇨증 환자에는 사용을 금하도록 권고하고 있다. 1일 섭취허용량은 40mg/kg이다. 모든 식품에 사용할 수 있으며 빵류, 건과류 및 제조용 믹스에는 0.5% 이상을 사용해서는 안 된다.

(7) 아세설팜칼륨

아세설팜칼륨(acesulfame potassium)은 백색의 결정성 분말로 감미는 3% 설탕 용액



의 200배 정도이다. 체내에서 대사되지 않기 때문에 열량이 없으며 온도와 pH에 거의 영향을 받지 않는다.

(8) 스테비오사이드, 효소처리 스테비아(enzymatically modified stevia)

스테비오사이드(stevioside)는 남미 파라과이가 원산지인 국화과 다년생 식물인 스테비아(*Stevia rebaudiana bertonii*) 잎에서 얻는 감미성분으로 설탕의 약 200배의 단맛을 가지고 있다. 열과 pH에 안정하며 청량감이 있으나 쓴맛과 후미가 있으며 독성으로서는 생쥐에 경구투여 시 LD50=8,200mg/kg이다. 식빵, 조제유류, 영아용 조제식, 성장기용 조제식, 영?유아식, 백설탕, 갈색설탕, 포도당, 물엿, 캔디류, 벌꿀, 유가공품(아이스크림류, 아이스크림 분말류, 아이스크림 믹스류 제외)에는 사용할 수 없다.

(9) 감초 추출물

감초뿌리에서 추출한 천연감미료로서 간장, 과자류, 된장, 음료류에만 사용할 수 있다.

(10) D-크실로오스, D-리보오스, L-소르보오스 및 토마틴

D-크실로오스(D-xylose), D-리보오스(D-ribose), L-소르보오스(L-sorbose), 토마틴(thaumatin)은 천연감미료로 사용되며, 식품에 대한 사용기준은 없다.

6) 착색료

착색료(food coloring)는 식품의 제조와 가공 시 식품의 색을 아름답게 하거나 변색·퇴색된 것을 인위적으로 착색시키거나 식품에 균일한 색을 내기 위하여 사용되는 물질

III. 식품첨가물

이다. 식품의 착색을 위해 천연착색료와 합성착색료가 사용된다. 착색료의 조건으로는 인체에 독성이 적고, 체내에 축적되지 않으며, 미량으로도 효과가 있고, 제조·가공조건에서 안정하며, 값이 저렴한 것 등을 들 수 있다.

(1) 천연착색료

천연착색료는 안전성은 좋으나 식품에 첨가된 후 변색과 탈색이 쉽게 일어나 안정성이 떨어지는 단점이 있다. 천연색소는 카로티노이드계 색소, 퀴논계 색소, 플라보노이드계 색소, 포르피린계 색소, 폴리페놀계 색소, 디케논계 색소, 베타시아닌계 색소, 아사필론계 색소, 캐러멜 색소 등으로 분류할 수 있다. 카로티노이드계 색소에는 당근 색소인 β -카로틴, 아나토 색소, 파프리카 색소, 구치나시 색소 등이 포함된다. 퀴논계 색소에는 코치닐 색소와 락크계 색소가 포함되며, 플라보노이드계 색소에는 안토시아닌계, 칼콘계, 플라본계 색소들이 있다.

(2) 타르 색소

타르 색소는 석탄에서 얻은 콜타르(coal tar)로 제조한 것으로 많은 종류가 있는데, 그 중에서 비교적 독성이 적은 것만을 식용 색소로 지정하였으며 이들은 나트륨염으로 이루어진 수용성 산성 색소이다. 타르 색소는 화학구조상 아조(azo)계, 크산텐(xanthene)계, 트리페닐메탄(triphenylmethane)계, 인디고이드(indigoid)계로 나눌 수 있다. 아조계에는 적색 2호, 적색 40호, 황색 4호, 황색 5호가 있으며, 크산텐계에는 적색 3호, 트리페닐메탄계에는 청색 1호, 녹색 3호, 인디고이드계에는 청색 2호가 있다. 타르 색소는 종류에 따라 내광성, 내열성이 다르며 산이나 알칼리에 의하여 변화되는 것이 있기 때문에 그 특성에 따라 적당한 색소를 선택해야 하며 경우에 따라서는 두 종류 이상을 혼합하여 사용하기도 한다.



타르 색소는 면류, 단무지, 특수영양식품, 건강보조식품, 유가공품, 두유류, 발효음료류, 과일·채소음료(희석과즙음료, 희석채소음료, 희석과실·채소음료 제외), 인삼제품류, 두부 또는 목류, 젓갈류, 김치류, 절임류, 조림류, 천연식품(식육류, 어패류, 채소류, 과일류, 두류 및 그 단순가공품), 벌꿀, 장류, 식초, 소스류, 토마토 케첩, 고춧가루 및 실고추, 후춧가루, 향신료 가공품, 향미유, 카레, 식육가공품(소시지류 제외), 어육가공품(소시지류 제외), 식용 유지, 버터류, 마가린류, 다(茶)류, 식빵, 드레싱, 카스테라, 레토르트 식품, 즉석 건조식품, 복합 조미식품, 메주, 코코아 버터, 땅콩 및 견과류가공품, 수프류, 코코아 분말, 조미김, 과·채가공품, 추출가공식품, 알가공품에는 사용이 금지되어 있다.

타르 색소의 독성은 녹색 3호 LD50=2g/kg(쥐), 적색 2호 LD50≥10g/kg(생쥐), 적색 3호 LD50=1.9g/kg(쥐), 청색 2호 LD50=2g/kg(쥐), 황색 4호 LD50=12.75g/kg(생쥐), 황색 5호 LD50=2g/kg(쥐)이다.

(3) 타르 색소 알루미늄레이크

타르 색소 알루미늄레이크(aluminum lake)는 황산알루미늄, 염화알루미늄 등의 알루미늄에 탄산나트륨 등의 알칼리를 작용시켜 만든 수산화알루미늄에 식용 타르 색소의 수용액을 가하여 레이크화한 것이다. 물에 녹지 않고 산이나 알칼리 용액에서 녹으며, 내광성, 내열성이 좋고 착색성이 우수하다. 분말식품, 유지제품, 과자 등의 식품에 단색 또는 다른 레이크를 배합하여 사용한다.

사용이 허가된 타르 색소 알루미늄레이크에는 식용색소 녹색 3호 알루미늄레이크, 식용색소 적색 2호 알루미늄레이크, 식용색소 적색 40호 알루미늄레이크, 식용색소 청색 1호 알루미늄레이크, 식용색소 청색 2호 알루미늄레이크, 식용색소 황색 4호 알루미늄레이크, 식용색소 황색 5호 알루미늄레이크 등이 있다.

III. 식품첨가물

(4) 비타르계 합성착색료

타르 색소보다 이용도나 사용범위가 좁으며 보통 천연물을 재료로 하여 화학처리하여 제조한다. 비타르계 합성착색료로는 동클로로필, 동클로로필린나트륨 및 동클로로필린 칼륨, 철클로로필린나트륨, 수용성 안나토, 베타-카로틴, 이산화티타늄, 파프리카 추출 색소, 베타-아포-8'-카로티날 등이 있다.

① 동클로로필, 동클로로필린나트륨, 동클로로필린칼륨, 삼이산화철,

동클로로필(copper chlorophyll)은 식품에 함유되어 있는 녹색색소인 클로로필을 추출하여 클로로필 성분 중 마그네슘을 동으로 치환시킨 것으로 암녹색을 띠며 클로로필 보다 안정하다. 물에는 녹지않고, 유기용매에는 녹는다. 동클로로필린 나트륨(sodium copper chlorophyllin)과 동클로로필린칼륨(potassium copper chlorophyllin)은 청홍녹색의 금속성 광택을 가진 분말로서 아민과 같은 냄새가 난다. 탈취작용도 있어 식품 외에 의약품, 화장품에도 사용된다. 생쥐에 대한 LD50은 정맥주사 400mg/kg, 근육 500mg/kg, 복강 100mg/kg 이상이다. 채소류 또는 과실류의 저장품, 다시마, 검, 인삼검, 캔디류, 완두콩 통조림 중 한천 이외의 식품에는 사용할 수 없다. 사용량은 동으로서 채소류 또는 과실류의 저장품에 0.10g/kg 이하, 다시마에 있어서는 그 건조물에 0.15g/kg 이하, 검·캔디류에는 0.05g/kg 이하, 완두콩 통조림중의 한천에는 0.0004g/kg 이하이어야 한다

② 철클로로필린나트륨

철클로로필린나트륨(sodium iron chlorophyllin)은 클로로필을 알칼리로 가수분해하여 클로로필린(chlorophyllin)으로 만들고 분자 내에 있는 마그네슘을 철로 치환한 다음 나트륨염으로 만든 것이다. 암녹색의 결정성 분말로 약간의 아민 냄새가 있다. 주로 캐러멜, 드롭스, 양갱, 아이스크림 등에 사용한다. 독성은 동클로로필린나트륨보다 낮으며 사용기준은 없다.



③ 삼이산화철

삼이산화철(iron sesquioxide, Fe_2O_3)은 황적색 내지 녹암적색의 분말로서 물에는 녹지 않으며 산에 조금 녹는다. 일광, 열, 수분 등 여러 조건에 대해서 매우 안정하여 거의 변색이나 퇴색이 되지않는다. 일명 ‘벤가라’ 라고도 불리며 다량 사용하면 불쾌한 맛이 나므로 주의해야 한다. 바나나(꼭지의 절단면), 곤약에만 사용할 수 있다. 독성은 거의 없으나 암적색이기 때문에 널리 사용되지는 않는다.

④ 수용성 안나토

수용성 안나토(annato, water-soluble, $C_{24}H_{24}O_4$)는 *Bixa orellana* L의 나무 종자에서 추출한 빅신(bixin)을 가수분해하여 얻은 노르빅신(norbixin)의 칼륨 또는 나트륨염이다. 카로티노이드계인 황색 내지 등적색의 색소로 수용성이며 광선에 불안정하다. 치즈, 버터, 마가린, 아이스크림 등에 사용한다. 천연식품(육류, 어패류(경육 포함), 과일류, 채소류, 해조류, 두류 등 및 그 단순가공품), 다류, 고춧가루 또는 실고추, 김치류, 고추장, 식초에는 사용할 수 없다. 독성은 쥐에게 경구투여시 $LD_{50}=35mg/kg$ 이며, 생쥐에 복강으로 투여 시 $LD_{50}=700mg/kg$ 이다.

⑤ 베타-카로틴

베타-카로틴(β -carotene)은 카로티노이드계 색소로서 황색 또는 적황색의 결정성 분말이다. 약간 특이한 냄새와 맛이 있으며 천연색소이나 합성하여 얻을 수 있다. 지용성으로 마가린, 버터, 치즈, 식용유, 아이스크림 등에 사용하며 천연식품(육류, 어패류(경육 포함), 과일류, 채소류, 해조류, 두류 등 및 그 단순가공품), 다류, 고춧가루 또는 실고추, 김치류, 고추장, 식초에는 사용할 수 없다.

⑥ 이산화티타늄

이산화티타늄(titanium dioxide, TiO_2)은 냄새와 맛이 거의 없는 백색의 분말이며 화학적으로 안정하다. 분말 청량음료에 다른 타르 색소와 혼합 사용하여 부드러운 자연색

III. 식품첨가물

을 나타내며 식품에 1%/kg 이하를 사용하여야 한다. 면류, 단무지, 특수영양식품, 건강 보조식품, 유가공품, 두유류, 발효음료류, 과실·채소음료(희석과즙음료, 희석채소음료, 희석과실·채소음료 제외), 인삼제품류, 두부 푼느 묵류, 젓갈류, 김치류, 절임류, 조림류, 천연식품(식육류, 어패류, 채소류, 과실류, 두류 및 그 단순가공품), 벌꿀, 장류, 식초, 소스류, 토마토 케첩, 고춧가루 및 실고추, 후춧가루, 향신료 가공품, 향미유, 카레, 식육가공품(시시지류 제외), 어육가공품(소시지류 제외), 식용 유지, 버터류, 마가린류, 다류, 식방, 드레싱, 카스테라, 레토르트 식품, 즉석 건조식품, 복합 조미식품, 메주, 코코아 버터, 팡콩 및 견과류 가공품, 수프류, 코코아 분말, 조미김에는 사용이 금지되어 있다. 독성은 낮으며 쥐에게 경구투여시 LD50=12g/kg이다.

⑦ 파프리카 추출 색소

파프리카 추출 색소(oleoresin paprika)는 파프리카(*Capsicum annum*) 과실에서 추출하여 얻는 카로티노이드계 색소로서 이 색소의 주 성분은 캡사이신(C₄₀H₅₆O₃)이다. 식육, 어패류, 과실류, 야채류 및 그 단순가공품, 고춧가루, 실고추, 고추장, 김치류 등의 천연식품에 사용해서는 안된다.

⑧ 베타-아포-8'-카로티날

베타-아포-8'-카로티날(β -apo-8'-carotenal, C₃₀H₄₆O)은 금속성 광택을 갖고 있는 짙은 자색의 결정 또는 결정성 분말로 합성해서 만들며 치즈, 프렌치 드레싱 등에 β -카로틴과 혼합하여 사용한다. 천연식품(육류, 어패류(경육 포함), 과실류, 채소류, 해조류, 두류 및 그 단순가공품), 다류, 고춧가루 또는 실고추, 김치류, 고추장, 식초에는 사용할 수 없다.

(5) 허가되지 않은 착색료

유해 착색료는 그 자체가 유해하거나 제조과정 중 불순물이 함유되어 섭취하였을 때 장



기에 장애를 일으키거나 발암을 일으키는 것으로 알려져 사용이 금지되어있다. 유해 착색료는 대부분 염착성이 커서 소량이지만 만성 중독을 일으키는 경우가 많다. 적색 1호(ponceau 3R), 4호(ponceau SX), 5호(oil red XO), 101호((ponceau MX), 등색 1호(orange 1), 2호(orange SS), 황색 2호(yellow AB), 등색 3호(yellow OB) 등의 아조 색소와 적색 103호(eosine)의 크산텐 색소, 녹색 7호(guinea green B), 녹색 2호(light green SF), 자색 1호(violet 6B) 등의 트리페닐메탄 색소, 황색 1호(naphthol yellow S)의 니트로 색소는 인체 위해성으로 사용이 금지된 착색료들이다.

5. 관련기관 및 전문가 목록

관련 기관 및 사이트	전문가 또는 담당 부서
식품의약품안전청	식품첨가물과
보건산업진흥원	최성희, 조양희
www.FoodRisk.org	식품첨가물의 위험분석 사이트
국립수의과학검역원	정상희(축산식품중 잔류 동물용의약품)
전북대학교	신동화(식품첨가물 일반)
경북바이오산업연구원	허종욱(산화방지제)

IV. 중금속

1. 중금속의 개요

인체에는 여러 가지 금속들이 일정한 비율로 존재하면서 특정한 기능을 발현한다. 무기 질 중에서도 금속은 극히 미량만 존재하지만 그 존재비율이 깨지면 심각한 기능장애가 발생한다. 또 필요량보다 많은 양이 체내로 들어오면 역시 균형이 깨어져 기능장애가 나타난다. 특히 비중이 4 이상인 중금속이 식품에 오염되어 인체에 들어올 경우 인체에 장애를 줄 가능성이 크다. 인체는 이러한 중금속에 대해 자체 방어기구를 가지고 있다.

인체에 중금속이 들어간다 하여 그 양이 모두 흡수되는 것은 아니며 흡수, 대사, 배설의 차이에 의하여 달라진다. 아무리 독성이 강한 물질이라도 장관에서 흡수되지 않고 대변으로 배출되면 인체 장애는 나타나지 않는다. 유해 중금속의 특성에 따라 즉, 수용성이냐 지용성이냐의 차이에 따라 장관에서 흡수율이 달라지며, 함께 섭취한 식품성분에 따라서도 흡수율이 다르다. 또 두 가지 이상의 중금속이 동시에 섭취된 경우 서로 반응하여 상승역할을 하기도 한다. 금속원자가 탄소원자가 결합한 유기금속화합물(메틸수은, 에틸납 등)은 액상의 휘발성, 지용성 물질로 장관에서 흡수가 잘된다. 금속염류는 물에 대한 용해성이 클수록 잘 흡수되며, 물에 잘 녹지 않는다 하여도 체내의 단백질이나 지질과 결합하여 용해도가 높아져 흡수율이 커지기도 한다. 또 중금속이 체내에 흡수되면 체내에서 중금속의 독성을 약화시키는 고분자물질이 생성되기도 한다. 이 경우 중금속의 독성은 고분자 물질과의 결합의 정도에 따라 영향을 받는다. 흡수된 물질은 체액에 의해 체내 조직으로 운반되어 대사된다. 대사에 의해 유독화 되기도 하고 무독화 되기도 한다. 대사 후 일부는 체내에 축적되고 일부는 체외로 배설된다. 불소, 셀레늄, 요오드, 코발트 등은 주로 신장에서 소변으로 배출되고 철, 아연, 구리, 망간, 크롬 등은 담즙을 통해 대변으로 배설된다. 그러나 카드뮴 같은 축적성 금속은 잘 배설되지 않으며 특정 조직에 작용하여 장애를 일으킨다.



2. 중금속 위험평가

국내에서 2002년 수행된 중금속 섭취량 조사에서 총 식이조사를 통한 중금속의 1일 섭취량(ADI)이 비소 39.0 $\mu\text{g}/\text{person}/\text{day}$, 카드뮴 10.0 $\mu\text{g}/\text{person}/\text{day}$, 납은 39.1 $\mu\text{g}/\text{person}/\text{day}$, 수은 3.1 $\mu\text{g}/\text{person}/\text{day}$ 인 것으로 조사되었다. 평균 주간섭취량을 PTWI($\mu\text{g}/\text{kg bw}/\text{week}$)⁶⁾와 비교한 상대 위해도는 전체 중금속이 20% 이하인 것으로 평가되어 중금속의 섭취 수준은 안전한 것으로 결론지었다.

일반적으로 식품 중 중금속으로 인한 위해평가는 식이섭취량이 PTWI에 미달하는지 또는 초과하는지, 즉 독성기준치에 대한 노출량 비율인 위해지수를 통해 평가한다. 평가에 사용되는 PTWI는 비소의 경우 350, 카드뮴 7, 수은은 총 수은으로 5, 메틸수은은 3.3, 납은 25 $\mu\text{g}/\text{kg bw}/\text{week}$ 을 기준으로 한다.

3. 중금속 기준설정

우리나라의 농산물에 대한 기준은 1990년에 시행된 수질환경보전법에 현미 중 카드뮴 함량이 1 mg/kg 으로 정하였고, 이를 초과할 경우 농산물을 수거, 폐기하였는데 2000년 식품의약품안전청의 '식품의 기준 및 규격의 개정고시'에 의해 백미 중의 중금속 잔류 허용기준을 카드뮴 0.2 mg/kg 이하로 정하고 있었으며(표1). 2006년에는 쌀 등 주요농산물 10개 작목에 대한 카드뮴 및 납의 기준을 확대 설정하였다.(표1). 백미의 기준을 외국과 비교하면, 중국의 백미 기준인 0.2 mg/kg 과는 동일하나, 일본 및 codex의 백미 기준인 0.4 mg/kg 보다는 낮은 수준이다.

6) PTWI 잠정주간섭취허용량



IV. 중금속

| 표1 우리나라 농산물의 중금속 허용기준(2006) |

농산물 분류		납	카드뮴
		(단위 : mg/kg 이하)	
곡류	쌀(현미제외)	0.2	0.2
	옥수수	0.2	0.1
두류	대두/팥	0.2	0.1
서류	고구마/감자	0.1	0.1
채소류	배추/시금치	0.3	0.2
	파	0.1	0.05
	무	0.1	0.1

4. 주요 중금속의 특성

1) 납(lead)

(1) 특성

납은 자연에 주로 방연광(PbS), 백연광(PbCO₃) 등으로 존재한다. 지각 중 납의 평균 함유량은 13 mg/kg이며 토양 중에는 비교적 미량 존재한다. 또한 하천수중에는 지질, 공장폐수, 광산폐수 등에 의해 용존 되어 있다.

납은 각 중공업 제품 중에 첨가물, 불순물로 함유되어 있기 때문에 환경 중에 넓게 분포 되어 있다. 납의 환경중의 존재량은 대기 0.0001~0.001 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 토양 2~200 mg/kg, 도시의 빗물 40 $\mu\text{g}/\text{l}$, 해수 0.03 $\mu\text{g}/\text{l}$, 하천. 호수 0.001~0.01 mg/l 이다. 수돗물 중에 검출되는 납은 수도관으로 사용된 관에 연수와 pH 값이 낮은 물이 흐르기 때문이다.

식품 중의 납 함량은 현미 78~85 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 정백미 14~29 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 쇠고기 96~118 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이다. 사람들이 식품으로 섭취하는 평균적인 납 섭취량은 60~150 μg 가량이며 물이나 차 등의 음료를 통해 섭취되는 납 섭취량은 10~20 μg 으로 추정된다. 소화관에서의 흡수율



은 5~10%이며, 기도를 통해 노출된 경우의 흡수율은 50%이다.

따라서 납중독은 공장의 증기 등을 통하여 기도로 흡수되는 경우가 많다. 오래 전 중세 시대에는 수도관이 납으로 만들어져 이로 인해 오염된 물, 납 용기로 양조된 포도주, 납 그릇 등을 통해 중독이 발생한 경우가 많았다

납 성분이 든 농약, 페인트, 휘발유 등이 사용된 적이 있어 이런 납이 환경에 배출되고 이를 통해 식품으로 이행되어 만성중독을 일으키기도 한다.

■ 원자의 성상

- 화학식 : Pb (원자량 : 207.19)
- 비중 : 11.3437(16℃)
- 융점 : 327.4
- 비점 : 1,750℃
- 색상 : 미색
- 결정 : 등축결정
- 용해성 : 질산과 열진한 황산에 가용

(2) 위해성 및 건강영향

납은 자연 중에 존재하는 기본적 원소이며, 화합물로부터 분해되어 환경에 노출 되었을 때도 그 독성이 없어지지 않는다. 납은 부드럽고, 가공이 쉬울 뿐 아니라, 색깔 조성이 잘 된다는 이점이 있어 페인트 안료, 도자기 유약, 포장지 등 산업 전반에 걸쳐 폭 넓게 사용되고 있다. 어린이 장난감, 화장품(마스카라, 파마 약 등), 학용품(그림물감, 지우개), 건전지, 페인트 등에서 다량의 납이 검출되고 있지만, 느슨한 법적 규제로 거리낌 없이 사용하고 있다. 뿐만 아니라 납은 공기나 물, 동식물 등 자연계 내에도 존재하고 있다.

납중독의 초기증상은 식욕부진, 변비, 복부팽만감이며, 더 진행되면 급성복통이 나타난다.

IV. 중금속

이와 함께 권태감, 불면증, 노이로제, 두통 등의 증상을 호소하며, 영양 상태가 나빠져 얼굴빛이 창백해지고, 납빛 색을 띠게 된다. 잇몸에 납빛 색의 줄이 생기고, 손가락과 눈시울에 경련이 일어난다. 손과 팔에 마비가 오고, 관절통, 근육통 등 근육장애도 나타난다. 납중독으로 인한 가장 큰 유해성은 중추신경계 장애이다. 납이 일단 두뇌조직에 침입하면 뇌세포 간 연락에 장애를 초래하며 심한 뇌 중독 증상을 일으킨다. 회복은 거의 불가능하며, 심한 흥분과 정신착란, 경련, 발작 등을 동반한다

특히 어린이의 경우, 비교적 낮은 농도에서도 신경장애를 나타내는 것으로 밝혀졌다. 납중독은 급성중독은 거의 없고 대부분이 만성중독이다.

식품을 통해 흡수된 납이 간으로 들어가 대부분은 담즙을 통해 대변으로 배설되지만 일부는 혈액을 통해 뼈 등의 조직에 침착한다. 납은 신체의 거의 모든 기관, 특히 중추 신경계에 가장 많은 영향을 미치며 심한 경우 사망에 이른다. 소량씩이라도 혈액, 신장, 골수, 간, 뇌 등과 같은 연조직(軟組織)에 흡수·축적되며 혈액 속의 납은 뼈 속에 평생 동안 축적된다. 뼈에 침착한 납은 특정 조건에서 혈액으로 녹아나오거나 침착되지 않은 납이 혈액으로 들어가 혈중 납 농도가 높아지면 표적조직인 골수에 대해 독성을 나타낸다.

혈중농도가 400 ng/ml(정상치 100~300 ng/ml)을 넘으면 빈혈 등의 장애가 발생한다. 혈액으로 유입된 납은 헤모글로빈 합성을 저해하여 빈혈을 유발하고, 고혈압이나 신장 기능 부전 등의 순환계 장애를 일으킨다. 특히 중추 신경계에 영향을 미쳐 반응시간 단축·기억력 감퇴등과 같은 신경 장애, 과민반응, 뇌 손상, 정신장애 등을 일으킨다. 어린이들이 각종 납 오염원에 노출될 경우 어른들에 비해 흡수가 빠르기 때문에 체내에 쉽게 축적되어 어린이들의 중추신경계에 영향을 미쳐 지능저하, 성장 감소, 학습 부진, 청력 장애 등을 일으킨다. 또한 어린이와 마찬가지로 칼슘을 많이 필요로 하는 임신부가 납에 노출될 경우 일반 성인보다 더 많은 양의 납을 흡수하게 되며, 납은 태반을 통과하기 때문에 태아의 신경계 발달에 치명적인 영향을 미치며 미숙아, 저 체중아 출산 등의 원인이 되기도 한다. 아울러 뼈 속에 축적되어 있던 납은 수유 시 젖으로 분비되며



이를 유아가 섭취함으로써 유아의 뇌염을 유발시키기도 한다.

(3) 중독 사례

우리나라에서 납중독에 의한 사망자가 처음으로 발생한 것은 1982년도 출판사 식자공으로 21년간 근무해온 사람이었고, 1995년 납중독으로 뇌 세포질이 하얗게 변하는 세계적 희귀병인 뇌 석회화 환자가 국내에서 처음으로 발견되기도 하였다. 이 사람 또한, 납 제련 공장에서 일하는 사람이었다. 직업병으로 생겨난 것이다.

(4) 국내외 관리 동향

납은 독성이 강하므로, 국제적으로 납의 사용을 규제하려는 움직임이 활발한 금속이다. UN에서도 납 함유제품에 대한 수출입 제한을 추진하고 있으며 미국의 경우 식품 캔에 납땀하는 것이 금지되어 있고, 식품 캔 제조업체들은 자발적으로 캔 재질에 납이 함유되지 않은 것을 사용하고 있다. FDA는 과즙, 넥타류 등 과일 음료 중의 납 함유량을 0.08 ppm으로 제한하고, 기타 모든 식품에 대하여는 0.25 ppm이하로 규제하기로 1993년 4월 1일 부로 공표하였다. 이 규제의 직접적인 동기는 유아의 납중독 사건으로 생후 18개월 유아의 혈중 납 수치가 이상하게 높아져서 위독 상태에 빠진 사건이었다. 이 유아의 경우 납땀 캔에 들어 있는 과일 주스를 마신 것이 그 원인으로 지적되어 사회적으로 큰 물의를 일으킨 바 있다.

2) 카드뮴(Cadmium)

(1) 특성

카드뮴은 지각에서 흔히 발견되는 원소로서 은백색의 광택이 많이 나는 금속이다. 순수



IV. 중금속

한 카드뮴은 부드러운 은색 금속이지만, 자연 환경에서는 산소, 염소, 황과 같은 원소와 결합하여 여러 가지 화합물 형태로 존재한다. 이런 화합물들은 대부분 안정한 고체이지만, 가끔 산화카드뮴은 작은 입자로서 공기 중에 존재하기도 한다. 카드뮴은 산화상태가 +2인 금속으로 화학적으로는 아연과 비슷하다. 할로겐과 산과 반응하기 쉽고, 알칼리와는 반응되기 어려우며, 화합물 중에는 Cd^{2+} 로 존재한다. 아연 야금 시 부산물로 전해에 의해 최근 99.99% 이상의 카드뮴 순품을 얻는다.

지각(crust) 중의 카드뮴 농도는 평균 0.15ppm 정도이지만 토양 중에는 암석의 풍화에 의해 생성된 카드뮴이 토양입자에 흡착하기 쉬우므로 0.5ppm 정도 존재한다. 우리나라 농토양 중 자연함유량을 조사한 결과 평균 0.14ppm으로 나타났다(1988). 일본의 경우 0.5~2 ppm으로 알려져 있다.

물속의 카드뮴 존재량은 비오염수인 경우 1ppb 미만으로 존재한다. 지표수 중의 카드뮴 농도가 2~3 ppb 이상인 경우도 있는데 이는 산업폐수, 폐기물의 매립, 또는 슬러지를 포함한 토양으로부터 유출된 결과로 수질이 오염된 경우일 것이다. 또한, 인산 비료나 하수 폐기물을 사용하여 토양에 거름을 주게 되면 토양 속으로 카드뮴이 많이 들어가게 된다. 오염원으로는 제련공정(구리, 납, 아연을 포함), 카드뮴 화합물 제조공정(산화카드뮴, 질산카드뮴 등) 및 화합물 사용공정(안료, 염화비닐 안정제, 고급납땜 등)에서 유래한다.

식물은 토양으로부터 카드뮴을 흡수하고, 물고기는 물 속에 있는 카드뮴을 섭취하기 때문에 이런 것들을 음식으로 섭취할 때, 우리는 카드뮴에 오염된다. 석탄이나 석유와 같은 화석 연료를 연소 시키거나 쓰레기를 소각 할 경우, 상당히 많은 양의 카드뮴이 환경으로 방출되는데, 이런 공기를 흡입함으로써 카드뮴에 오염된다. 대부분의 식물처럼 담배도 카드뮴을 함유하고 있으므로, 담배를 피우면 체내에 카드뮴이 농축된다. 흡연자는 비흡연자 보다 약 2배 정도로 많은 카드뮴을 체내에 가지고 있다.



■ 원자의 성상

- 화학식 : Cd(원자량 : 112.40)
- 비중 : 8.642
- 용점 : 320.9℃
- 비점 : 767℃
- 색상 : 백색
- 결정 : 6방형의 결정체
- 용해성 : 물에 불용임

(2) 위해성 및 건강영향

카드뮴은 음식물 섭취로 체내 흡수되거나 호흡을 통해 폐로 쉽게 흡수된다. 흡수된 카드뮴은 혈액으로 들어가 인체 각 장기에서 농축되며, 특히 간장과 신장에 많이 축적된다. 카드뮴 대부분은 저분자량의 단백질과 결합하며, 이 금속단백질이 카드뮴의 수송, 흡수에 관계하고 있다고 생각된다. 카드뮴의 체외배출 속도는 보통 상당히 느리며, 주로 소변을 통해 배출된다.

카드뮴 중독의 초기 증상은 뚜렷한 것이 없기 때문에 위험을 느끼지 못하며, 간혹 오한·두통·구토·설사 등이 나타나 몸살감기 등으로 오인할 수 있다. 카드뮴에 장기간 노출되었을 때, 가장 먼저 이상이 나타나는 기관은 신장으로 소변에서 뇨단백이 검출된다. 심한 만성 중독의 경우, 드물지만 뼈에 병변(골연화증, 골조송증, 특발성 골절)이 나타날 수 있다. 다른 증상으로는 냄새를 제대로 맡을 수 없고, 코 점막에 궤양이 생기며, 치아가 누렇게 변화하는 현상 등이 있다.

카드뮴 중독은 임상적인 증상과 신장의 손상 때문에 나타나는 저분자 단백뇨로 진단한다. 혈중 카드뮴 농도는 최근 2~3개월 동안의 카드뮴 노출량을 나타내는 것으로, 진단에 참고할 수 있다. 카드뮴 중독에서는 다른 중금속 중독에서 사용하는 약이 오히려 더 큰 해를 줄 수 있기 때문에 함부로 쓰지 않고, 일반적으로 에데트산 칼슘을 경구 투여하거나 보조적인 치료를 실시한다.



IV. 중금속

카드뮴의 사람에 대한 카드뮴의 급성경구 치사량은 확인되어 있지 않다. 카드뮴에 의한 신장장애 증상은 뇨단백, 당뇨 뇨아미노산 등이다. 음용수처럼 저농도 수준에서는 장애가 생겼다는 보고는 없다. 카드뮴 10mg/l을 음료수의 형태로 단기간 폭로시킨 경우 소화관에서의 철 흡수가 일부 억제된 것이 확인되었다. 사람에게 경구투여에 의한 중독량은 15 mg으로 오심, 구토 등의 증상이 나타난다.

(3) 중독 사례

이타이이타이병

1910년대 후반부터 일본 도야마현 주민들은 허리, 팔, 다리의 뼈마디가 아프다며 병원을 찾기 시작했다. 50년이 지나도록 어느 의사도 '원인불명'이라는 말 외에는 시원한 답을 주지 못했다. 1968년 드디어 일본 정부는 '카드뮴에 의해 뼈 속 칼슘분이 녹아 신장장애와 골연화증이 일어난 것'이라고 공식발표했다. 1968년 5월 8일에 일본 후생성이 공해병으로 인정한 이 병은 1945년 일본의 도야마현 진쯔천(신통천) 상류지역에 위치한 미쓰이 금속 주식회사 광업소에서 선광, 정련공정에서 배출된 폐광석에 함유된 카드뮴(Cd)이 고원천을 통하여 신통천에 흘러 내려와 농작물, 어패류, 상수원을 오염시켜 이타이이타이 병을 발생시켰다고 공식발표 했다. 증상은 카드뮴이 체내에 흡입되어서 신장의 기능이 나빠지고, 인체에 필요한 칼슘(Ca)과 인(P)을 체외로 배출하여 통증을 호소해 이타이이타이 병이라 명명했다.

한편 전신의 통증과 뼈 속에서 칼슘과 인이 계속 배출되면서 골연화증과 같은 병적인 골절이 수반됐으며 심한 경우는 얼굴에 경련이 일으키면서 사망하였다. 이타이이타이 병은 중년의 다산 경험이 있는 여성에게 많이 나타났으며, 처음에는 요통 및 등줄기의 통증, 사지 근육통, 관절통을 호소하다 이 통증이 점점 심해져 이윽고 뼈에 금이 가고 결국 전신의 뼈가 부러진 경우까지 있었다. "아프다, 아프다(이타이, 이타이)" 라고 괴



로워하는 모습에서 이런 병명이 붙여졌다. 1979년 3월까지 130명의 환자 중 90%가 65세 이상이고, 남자 3명 외에는 모두 여자였다. 이 중 81명이 사망했으며 환자의 발병은 모두 20~30년 이상 신통천 유역에 거주한 자가 대부분이었다. 하지만 아직도 미인정 환자에 대해 심사중이다. 지금까지 총 208명의 환자 중 128명이 사망한 것으로 추정된다.

(4) 국내외 관리 동향

2000년 쌀에 카드뮴 잔류허용기준이 설정되어 2001년부터 폐금속광산 주변의 오염 농경지에서 재배되는 벼에 대하여 국립농산물품질관리원에서 중금속 조사를 실시하였다. 조사 결과 잔류허용기준을 초과한 벼는 전량 수매하여 소각하였다. 2006년에는 쌀을 포함하여 10개 작물에 카드뮴 기준이 추가로 설정되어 마찬가지로 오염 우려가 있는 지역에서 생산되는 농산물을 조사하여 기준을 초과하는 경우에는 전량 폐기하여 시중에 유통되지 않도록 하고 있다.

3) 비소(arsenic)

(1) 특성

비소는 환경과 식품 중에 미량으로 널리 존재하나 살인이나 자살의 목적으로 사용되어 왔기 때문에 매우 유독한 성분으로 알려져 있다. 그러나 식품 중의 비소가 독성학적으로 어떤 영향을 미치는지는 아직 분명치 않다.

지각(crust) 중의 비소 농도는 평균 1.8 ppm정도이다. 우리나라 논 토양 중 자연 함유량을 조사한 결과 평균 0.56 ppm(가용성), 현미 중 함유량은 0.088 ppm으로 나타났으며(1988), 농작물에 영향을 주는 농도는 10~20 ppm으로 알려져 있다. 비소는 지구상의 어떤 시료를 취하여 분석하여도 어디서나 검출된다. 토양에서는 3~10 ppm(국소적



IV. 중금속

으로는 자연 함유량으로 500 ppm가 검출되었다는 보고도 있음이 검출된다. 해수에서는 3~10 ppb, 빗물은 0~14 ppb, 대기에서는 0~수백분의 $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (주로 분진에 포함)이 검출되었다. 광산, 제련소, 아비산, 비산염 등의 제조공장, 사용공정(반도체제조, 유리공업 등), 광산, 제련소, 공장 등에서 나오는 폐수, 광재, 분진 등의 비소뿐만 아니라 수목, 농작물에 사용된 살충제 중의 비소가 주변지역의 토양과 우물, 하천 등에 오염된다. 일반 식품에는 0.5 ppm 정도로 존재하나 해산물의 함량이 높아 오징어나 새우에는 10 ppm 이상으로 존재하기도 한다. 다시마 등에서 50 ppm 이상 검출된 예도 있다.

(2) 위해성 및 건강영향

비소의 인체 중독량은 5~50 mg/70 kg, 치사량은 100~300 mg/70 kg이다. 급성 중독 시 심한 구토와 설사를 동반하거나 혈관호흡중추가 마비되기도 한다. 또 영양장애, 신경염, 흑피종 등이 유발된다. 비소화합물의 독성영향은 화합물의 화학적, 물리적 성질에 따라 좌우된다. 비소가 피부에 닿으면 피부가 헐거나 염증이 생기며 눈에 들어가면 눈이 아프고 결막염과 같은 염증이 일어난다. 급성중독 증상으로는 식도가 따갑고 화끈거리고 침을 삼킬 수 없고 위와 배가 심하게 아프며 토하거나 설사를 하게 된다. 특히 몸속의 물이 다 빠지게 되어 입이 마르고 혈관이 마비되어 피부가 차가워지며 혈압과 맥박수가 내려간다. 심하면 심장장애 등의 쇼크증상이 나타나 사망하게 된다. 살충, 살균제에 이용되고 있는 비산, 아비산염은 만성중독의 원인이 된다. 또한 비소화합물을 장기간 취급하면 피부가 흑변 또는 각화하며 신경이나 근육의 섬유에 이상을 주는 수가 있다. 만성적으로 중독이 되었을 경우에 처음에는 식욕이 떨어지고 힘이 없어지며 설사, 변비, 구역질이 나타나다가 눈꺼풀이 붓거나 눈에 염증이 생기고 목구멍이 아프며 때로는 콧속에 구멍이 뚫린다. 비소는 동, 납, 철 등의 많은 황화광물 속에 함유되어 있기 때문에 제련공장 등에서 작업중에 비소가 들어있는 먼지나 증기 등을 마시게 되면 만성중독이 발생할 가능성이 있다.



(3) 중독 사례

우리나라에서는 1970년대 초 충북 영동에 있는 한 아비산 제조공장의 근로자 중에 비소 중독에 의한 피부염 등이 발생한 예가 있으나 그 밖의 비소중독 사고는 별로 알려진 바가 없다. 그러나 일본에서는 비소를 비롯하여 금, 구리 등의 광석을 채굴하는 광산이나 이를 정제하는 제련소 주변지역에 살고 있는 주민들과 이들 광산이나 공장에서 일하는 사람에게서 중독피해가 일어나는 경우가 있었다. 또한 공장에서 제품을 제조하는 과정에서 실수로 비소에 오염되거나 음식물 등에 오염되어 집단적으로 피해가 발생된 경우도 있었다. 1990년과 1991년 영국에서는 6,000명이 비소에 중독되고, 그 중 70여명이 사망한 사건이 있었다. 조사 결과 비소에 오염된 맥주 때문인 것으로 밝혀졌는데 문제의 맥주 속에는 15ppm의 비소가 함유되어 있었다. 맥주에 비소가 들어가게 된 원인은 맥주 발효원료인 포도당이 비소에 오염되어 있었기 때문이었다. 포도당은 설탕이나 전분을 가수분해하여 제조되는데, 이때 사용되는 황산이 아비산을 함유하고 있었으므로 결국 포도당에 비소가 혼입되었다. 또한 황산에 아비산이 함유된 원인은 다량의 비소를 함유하고 있는 황철광을 사용하여 제조되었기 때문이었다. 정제되지 않은 기초 원료의 사용으로 대형사고가 발생하게 된 예였다. 1955년 일본에서는 비소에 오염된 우유를 마신 어린아이들이 집단적으로 발병하는 사건이 있었다. 이들 대부분은 열이 나고 식욕을 잃었으며 심하게 토하거나 설사를 할 뿐만 아니라 종기가 나거나 피부가 검게 변하는 증상을 나타내었고 임상적으로 빈혈과 간이 커지는 것을 발견할 수 있었다. 발병한 어린이들은 모두 모리나가 유업주식회사의 도쿠시마 공장에서 만든 우유를 먹었음이 밝혀져 이 공장의 우유제품을 조사한 결과 비소가 들어 있음이 확인되었다. 이 공장의 우유제품은 전량 회수되어 더 이상의 피해가 나타나지 않게 되었지만 계속된 조사를 통하여 우유제품의 유질안정제로 사용된 제2인산나트륨에 비산나트륨이 불순물로 들어 있었음이 밝혀졌다. 이 오염사고로 12,131명의 중독환자가 발생하였으며, 그 중 130명이 사망하였다. 그 후에도 중독된 어린이들을 대상으로 검진한 결과 대부분이 당시의 중독으로 인한 후유증으로 고생하고 있음이 밝혀졌으며, 후유증으로는 시력저하, 난청, 학



IV. 중금속

업성적 불량, 뇌파 이상, 간질과 같은 발작, 두통, 현기증, 수족냉증 등이 있는 것으로 알려졌다.

(4) 국내외 관리 동향

비소는 대다수의 상수도 수질 중에 $10 \mu\text{g}/\text{l}$ 미만으로 존재한다. 심하게 오염된 우물물의 경우 수십 ppm으로 나타난 보고도 있다. 인체에 노출되는 섭취량은 식료품의 섭취에 의한 것과 비슷한 양으로 알려지고 있다.

대부분의 식료품에 비소가 $1 \text{mg}/\text{kg}$ (건조물) 이하로 존재하는 것으로 알려져 있고, 해양 물고기 중에는 식료품보다 더 높은 농도로 존재할 수 있다. 조개와 같은 갑각류에는 $50 \text{mg}/\text{kg}$ 이상의 수준으로 함유하기도 하며 주로 유기상태의 비소로 존재한다. WHO는 음식섭취로부터 평균 성인 1일 체중 kg 당 약 $30 \mu\text{g}$ 의 비소를 섭취한다고 발표한 바 있다(WHO, Technical Report Series, No.532, 1973).

1988년 FAO/WHO의 합동 식품첨가물 전문가 회의(JECFA)에서는 무기비소에 대한 1주당 잠정 섭취 허용량(PTW1)을 $15 \mu\text{g}/\text{kg}$ (체중)로 평가하였다. 우리나라에서는 각종 환경 및 산업보건관련 법령에서 비소의 규제치를 설정하고 있으며 특히 먹는물관리법에 의한 음용수 중 비소의 규제치는 $0.05 \text{mg}/\text{l}$ 이하이다.

4) 수은(mercury)

(1) 특성

수은은 은백색, 무취의 상온에서 액체인 유일한 금속원소이며, 아세틸렌과 암모니아와의 반응으로 폭발성화합물을 만들며 또한 습기가 많은 공기 중에서는 표면에 산화제일 수은(Hg_2O)의 피막을 형성한다. 금, 은, 아연, 주석, 카드뮴, 납, 비스머스, 분말구리와



아말감을 만든다. 염소와는 상온에서 격렬히 반응하여 염화제2수은이 되며, 가열하면 격렬히 증발한다.

지각(crust) 중에 평균 0.08ppm 정도 존재한다. 자연계에서 수은의 분포는 상당한 지역차를 나타낸다. 일반적으로 토양 중의 수은 농도는 10~150 ppb 정도이며, 대기 중의 수은 농도는 0.01~0.02 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 정도이다. 일반적으로 도시의 대기 중에 많이 존재한다. 자연수 중에도 수은이 존재하는데 담수에는 평균 0.03ppb(0.01~0.1) 정도, 해수에는 0.1ppb(0.005~5.0) 정도 존재하는 것으로 보고된 바 있다.

우리나라 농토양에서 자연 함유량을 조사한 결과는 평균 0.09ppm이었고, 청도(사양토) 지역이 평균 0.21ppm으로 가장 높았다(1988). 주요 발생 오염원으로 제련공정, 수은전극을 이용하는 전해 공정(가성소다, 가성가리), 수은사용공장(온도계, 기압계, 혈압계, 정류기, 수은등, 축매, 瘦肉 등), 수은을 포함하는 석탄, 목탄, 석유, 천연가스 등의 천연연료의 연소, 및 기타 1차, 2차 금속업, 철-합금공정, 시멘트업, 유리공업, 쓰레기소각, 자동차 매연 등의 광범위한 공정 등에서 유래한다. 수은은 그 자체로도 쓰이지만 각종 원소들과 결합하여 화합물의 형태로도 많이 사용된다. 순수한 수은은 온도계, 기압계, 혈압계 등의 측정기기에 사용되므로 이러한 기기를 만드는 공장에서 수은이 유출될 가능성이 있다. 화합물의 형태로 쓰이는 수은은 염화수은 형태가 많은데 이들은 전극이나 농약, 안료, 건전지, 축매제, 염료로 쓰인다. 수은 전극을 이용한 전해 공정에도 들어간다. 특히 가장 사용량이 많은 소다 공업에서는 유실율이 매우 크며 가성소다 1톤 제조 시 200~270g의 수은이 유실된다고 알려져 있다. 유실된 수은의 절반가량은 배수된다.

주요 환경 오염원으로는 지각(earth's crust)에서 자연 배출되는 것으로 그 양은 25,000~125,000톤/년 정도이다. 인간의 활동에 의한 인위적 환경배출량은 이보다 적은 것으로 평가된다. 세계의 수은생산량은 1973년 1만톤 정도였으며 매년 증가율은 2% 정도이다. 인위적 총 방출량은 2만톤/년(1975)으로 평가된 보고가 있다(Environmental

IV. 중금속

Health Criteria 1, WHO, 1976). 여러 가지 공정 중에 발생하는 수은은 주로 대기오염물질의 형태로 바람에 의해 대기 중으로 방출되어 광범위한 지역으로 이동한다. 수은을 포함하는 대기 중 오염은 주로 석탄연소에서 기인한다. 공업화와 산업화가 많이 이루어진 국가일수록 수은 방출량이 많은 것을 확인할 수 있다. 수계로 방출되는 양은 대기 중으로 방출되는 양보다 적다.

■ 원자의 성상

- 화학식 : Hg(원자량 : 200.59) - 비중 : 13.5585(15°C)
- 녹는점 : -38.87°C - 끓는점 : 356.58°C
- 용해성 : 물, 묽은 염산, 묽은 황산에는 녹기 어려우며 진 한 질산에 용해
- 증기압 : 20°C에서 0.0012mmHg (공기 중 포화량 132mg/m³)

(2) 위해성 및 건강영향

수은은 다른 중금속과 마찬가지로 한 번 몸 안에 들어오면 빠져나가지 않고 계속 누적된다. 이것이 몸 안에 축적되어 총 수은량이 30 ppm 이상이 되면 수은 중독 현상을 일으키게 된다.

수은은 상온에서 천천히 증발하여 호흡기로 흡수될 수 있다. 또한 수은과 그 화합물은 드물지만 소화기 계통으로 흡수될 수도 있다. 이렇게 호흡기 및 소화기 경로로 인체에 침입하면 80% 정도가 신장 및 간 등에 축적되어 소뇌의 기능을 마비시킨다. 액체 상태의 수은이 피부에 닿으면 단백질 속으로 직접 침투하여 국소적으로 피부염을 유발한다. 수은의 축적에 의한 중독은 만성 신경계의 질환으로 인해 운동장애, 언어장애, 난청, 심하면 사지가 마비되어 죽음에까지 이르기도 한다. 뿐만 아니라 산모가 중독될 경우 태아가 이와 같은 신경계 질환으로 인해 지체부자유자로 태어나기도 한다.



수은으로 인한 사람의 중독량은 5 mg/70 kg이며, 150~300 mg/70 kg 이상에 노출되면 사망한다. 독성은 무기수은에 비해 메틸수은 같은 유기수은이 훨씬 강하다. 식품에서의 무기수은화합물 흡수는 섭취량의 7~8%이다. 메틸수은은 위장에서 완전하게 흡수된다. 물에서의 무기수은 화합물의 흡수는 15%이하이다. 메틸수은은 거의 완전하게 흡수된다. 무기수은화합물은 신장에서 신속하게 축적된다. 흡수된 메틸수은은 즉시 혈액에 나타나며, 사람에서는 혈액에 있는 수은의 80~90%가 적혈구와 결합한다. 메틸수은의 탈메틸화로 무기수은으로 되는 반응은 서서히 일어나지만 유의성 있는 차이가 나타난다. 무기수은에 비하여 메틸수은이 독성이 큰 것은 지질의 용해도 차이 때문으로 무기수은에 비하여 쉽게 세포막을 통과할 수 있다. 수은염은 신장, 간장, 간점액, 땀샘, 타액선 등 또는 모유를 통하여 배출된다.

메틸수은의 급성독성은 체내량 1,000 mg이 치사량이며, 체내량 100 mg은 중독량이다. 매일섭취량 0.1mg정도에서는 발증이 없다. 만성독성은 지각장애, 운동실조, 보행장애, 시야협소, 언어장애, 난청 등이 있다.

무기수은은 경구 섭취하여도 체내에 흡수되지 않아 독성은 매우 약하다. 보통은 그대로 대변으로 배설된다. 금속수은은 휘발성이 높아 수은 증기의 흡입으로 성인의 경우 10 mg/m³ 공기 중 수은농도에서 1~2일 이내에 치경염증, 구내염, 구토, 복통, 설사, 신경장애 등의 급성 내지 아급성 장애가 나타난다. 만성독성 증상으로는 흥분, 기질의 변화, 손가락의 떨림이 나타난다. 수은염의 급성독성으로 수은염의 사람에 대한 경구치사량은 1~4 g이다. 염화 제2수은 1.5 g을 섭취하면, 5분 후 구토증을 일으키고, 이어서 짧은 시간에 의식을 잃을 정도로 심한 복통이 있다.

(3) 중독 사례

1950년대 일본의 남단 구마모토현 미나마타만에서 대규모 수은중독이 발생하여 미나마



IV. 중금속

타병을 일으킨 사건은 유명하다. 미나마타병은 메틸수은에 의한 중독증의 예로 1956년 일본의 미나마타현의 아세트알데히드 초산공장에서 촉매로 사용되는 유기수은인 메틸수은(CH_3Hg)이 폐수를 통해서 작은 어촌의 미나마타 천을 거쳐 미나마타만으로 유입되어 이곳에 서식하는 어패류에 축적되었으며 이를 잡아서 먹음으로써 아주 적은 양의 알킬수은이 체내에 축적되었다가 사람에게 피해를 준 사건이다. 증상은 갑자기 걸음이 이상해지고 손발이 마비되며 말을 할 수 없을 뿐만 아니라 시야가 망원경을 거꾸로 들여다보는 것처럼 시야협착을 일으키는 병으로, 전형적인 증상은 지각, 운동, 언어, 청력, 보행의 장애와 가벼운 정신적 장애를 일으키며 손발이 마비되고 안으로 휘어 들어가는 증세를 보이며 심할 경우에는 중추신경마비로 사망하게 된다. 이들 발병자 중 46명이 사망했으며, 1971년 2월까지 회복하지 못하고 폐인이 된 121명의 중 환자를 일으켰고, 일본정부는 사망자 한 사람당 400만 엔의 보상금을 지급했다. 우리나라에서도 1988년 당시 15세의 나이로 형광등 제조회사인 협성계공에 취업하여 3개월간 신나와 수은 주입 작업을 하던 문송면이라는 소년이 수은·유기용제 중독으로 사망하여 국민들에게 충격을 주었다.

(4) 국내외 관리 동향

각 국가별로 식품에 대한 수은의 규제기준이 설정되어 있다. 미국은 1977년에 1.0 ppm으로 설정하였다. 일반식품 중에서 곡류, 채소, 과일에서는 0.02 ppm, 어패류는 0.1~0.4 ppm 정도가 검출되며, 다량어류에서는 0.4 ppm을 초과하기도 한다.

식품 중의 수은으로 인해 불임이 될 가능성이 있으며, 태아의 수은 중독을 유발할 수 있으므로 미국이나 영국은 임신부들이 수은 함유량이 높은 참치 등의 식품을 제한적으로 섭취하도록 권고하고 있다. 영국 식품기준청(FSA)는 임신부나 임신 예정에 있는 사람들 그리고 모유를 수유할 계획이 있는 사람들에게 수은 함유량이 높은 생선(상어, 황새치, 청새치)을 피하고 되도록이면 일정량의 수은을 함유한 참치는 자주 먹지 말 것을 권고하고 있다.



5) 구리(Copper)

(1) 특성

구리는 휘동석(輝銅石)·황동석(黃銅石)·적동석(赤銅石)·반동석(斑銅石)·공작석(孔雀石)·남동석(藍銅石) 같은 광물 속에 다른 물질과 화합하여 존재한다. 또한 해초(海草)를 태운 재, 산호, 사람의 간, 연체동물 및 절지동물의 몸 안에도 있다. 연체동물·갑각류 등 푸른 피를 가진 동물의 헤모시아닌에 있는 구리는 붉은 피를 가진 동물의 헤모글로빈 안에 있는 철과 마찬가지로 산소를 운반하는 역할을 한다. 사람 몸속에는 헤모글로빈 형성을 촉진시키기 위해서 적은 양이 존재한다.

구리는 가장 무른 금속 중의 하나로 특별히 강하지도 단단하지도 않다. 전기와 열의 전도성이 뛰어나다. 달구지 않고 연마해도 구리의 강도나 경도는 현격하게 증가하는데, 이는 더 부드럽게 열처리된 구리에서와 같이 면심입방구조(面心立方構造)의 결정체가 형성되기 때문이다. 산소·질소·이산화탄소·이산화황과 같은 기체들은 용해된 구리에 녹을 수 있으며, 이들이 녹아 굳은 금속 구리의 역학적·전기적 성질은 크게 변한다.

(2) 위해성 및 건강영향

성인의 몸에는 약 80 mg의 구리가 존재하는데 여러 가지 생리작용에 관여한다. 철과 함께 혈액의 적혈구를 생성하고 철의 흡수와 이용을 높여 심장혈관계 유지와 정상적인 면역기능에 필요하다 (후쿠다 등, 2004). 구리와 아연, 철 성분은 뇌의 발달을 위해 필요한 요소이나 혈액 속의 너무 많은 구리는 단백질 억제 능력을 저하 시키고 구리와 포화지방 그리고 트랜스지방(trans-fat)을 과도하게 섭취하는 노인들의 식습관은 정신 기능 장애를 초래할 수 있어 알츠하이머 질병의 시초와 관계있다는 보고가 있다. 또한, 체내 구리의 저장과 이동에 장애가 생겨서 간, 두뇌, 신장, 각막 등에 구리가 축적되는 선천적 대사질환인 윌슨씨병(Wilson's Disease)이 알려져 있다.



IV. 중금속

윌슨씨병 환자에게 신체(간, 뇌, 신장, 각막 등)에 구리가 축적되는 것을 최소화하기 위하여 구리 섭취를 제한한 구리제한식 (Copper-Controlled Diet)이 적용되는데 이와 관련된 권장식품과 제한식품은 다음과 같다.

| 표2 구리제한식 (Copper-Controlled Diet)에 대한 권장식품과 주의식품 |

식품군	권 장	보 통	주 의
곡 류	쌀, 국수, 머핀, 옥수수, 마카로니,オート밀	감자, 고구마, 호밀빵, 팝콘	포테이토칩
어육류	쇠고기, 닭고기, 계란, 칠면조고기	콩류, 두부, 생선, 돼지고기	내장 류(간, 신장), 굴, 게, 가재, 새우
유제품	우유, 요쿠르트, 요플레, 치즈		
채소류	시금치, 양배추, 무, 오이, 당근, 양파, 브로컬리, 컬리플라워, 샐러리, 피망	버섯, 아스파라거스	
과일류	사과, 포도, 배, 토마토, 딸기, 수박, 파인애플, 오렌지, 레몬, 메론, 체리	바나나, 아보카도	말린 과일(건포도 등)
지방류	버터, 마아가린, 마요네즈, 식용유, 이탈리아 드레싱		견과류(땅콩, 피칸, 호도, 해바라기씨 등), 땅콩버터
기 타	커피, 홍차, 탄산음료, 피클, 설탕, 꿀, 젤리, 사탕	케찹, 토마토소스, 피자	초코렛, 코코아, 당밀, 술

(자료출처 : <http://cafe.daum.net/balamdol2/PVPb/140>)



(3) 구리의 동식물체의 영향

구리 결핍

구리가 식물체에 미치는 영향으로는 몇몇 산화효소에 존재하며, 광합성, 단백질 및 탄수화물 대사에 관여한다. 식물체 중 구리 함량은 일반적으로 2~20 ppm(건물중) 범위로 망간 함량의 약 1/10 수준이다. 따라서 작물이 필요로 하는 구리의 양은 대부분 토양 중에 자연적으로 존재하고 있다.

구리 결핍은 대개 새로이 개간된 피트 토양에서 발생되며, 이러한 이유로 'reclamation disease'라 불리고 있다. 작물에 따라 구리결핍에 대한 반응에 차이가 있다. 구리에 대한 반응이 큰 작물로는 귀리, 시금치, 밀 등이 있고 중간 정도로는 배추, 사탕무, 옥수수가 있다. 반면에 콩, 토마토는 반응이 적은 것으로 알려져 있다. 구리 결핍 토양에 1.2, 8.3 mg kg⁻¹의 구리를 처리한 결과, 구리의 수량이 무처리에 비하여 각각 1.92 및 1.95배 증가한 것으로 나타났다. 시비는 구리 결핍에 영향을 준다. 구리 가용성이 낮은 이탄토의 경우에 인산 시비는 구리가 결핍된 식물체 단백질 합성에 질소 유효도를 높여 결핍을 초래하게 된다. 아연 시용 또한 구리 결핍에 영향을 준다. 구리는 아연과 길항작용을 지니고 있어 아연의 흡수를 저해하고 반대로 아연은 구리 흡수를 방해한다. 곡류작물은 정상적인 생육을 위해 토양 중에 최소 4 ppm(질산 침출)의 구리가 필요하다고 보고되어 있다. 곡물 중 구리 함량은 구리에 대한 영양 상태를 평가하는데 중요한 인자로 사용된다. 귀리의 경우, 건물중으로 2.5~3.0 ppm이 등숙에 영향을 주는 한계농도이다. 곡류작물의 결핍증상은 잎이 하얗게 탈색되고 말려들게 된다.

구리가 결핍되면 인체에는 빈혈, 모발 및 피부의 색소결핍과 각화이상 및 심장관계 이상 등이 나타난다. (후쿠다 등, 2004).

구리 독성피해

작물의 구리 독성피해는 토양입자에 강하게 결합되는 특성으로 인해 흔하게 발생하는 것이 아니다. 일부 구리광산 지역이나 구리염을 장기간 사용된 지역에서 발생되며, 결



IV. 중금속

함량이 낮아 가용성이 높은 산성토양에서 심하게 발생된다. 또한, 돈분이나 고농도의 구리가 함유된 산업폐기물 등 고농도의 구리가 함유된 폐기물 사용으로 피해가 우려된다.

작물에 대한 구리의 독성은 작물에 따라 상이하다. 콩과식물이 특히 민감한데 구리 함량이 높은 작물은 먹이사슬을 통해 동물에 해를 미치게 되는데 반추동물 특히 양이 돼지나 가금류에 비해 고농도의 구리가 함유된 사료에 영향을 받기 쉽다. 사료 중 구리 한계농도는 건물 중으로 50 ppm으로 알려져 있다. 구리가 함유된 효소(phenolase, laccase)는 리그닌 합성에 영향을 주는데 이 기능은 구리와 작물 줄기의 안정성과 밀접한 관계를 설명해준다. 구리가 높은 조건에서는 독성을 나타내게 되는데 구리는 다른 금속이온 특히 철과 치환되는 특성을 지니고 있어 일반적으로 철 결핍과 유사하게 황화 현상이 나타난다.

구리는 세포막 구성에 영향을 미치는데 칼슘도 세포막 구조에 중요한 역할을 한다. 따라서 높은 칼슘함량은 구리 독성을 경감시키는 효과가 있다. 일부 식물은 고농도의 구리에 대해서 독성을 나타내지 않는데 이는 구리가 아미노산 및 단백질의 NH₂ 부분과 결합되어 복합체를 형성하고 이로 인해 과잉의 구리가 생리적으로 활성이 제한되기 때문이다.

식물체 내에서 오래된 잎에서 새로운 잎으로 이동이 되기는 하지만 구리는 이동성이 낮으며, 이러한 이동성은 구리 함량 수준에 따라 다르게 나타난다. 구리 공급이 잘된 밑에서 잎으로부터 곡물로 쉽게 이동이 되는 반면 결핍된 식물에서는 상대적으로 이동성이 낮다.

(4) 국내 농경지 토양 중금속 관리 동향

친환경농업육성법 제11조 ‘농업자원 및 농업환경의 실태조사’에 따라 농업자원의 보전 및 농업환경의 개선을 위한 농경지의 비옥도, 중금속, 농약성분, 토양미생물 등의 변동



사항 등을 주기적으로 조사하고 있으며, 토양환경보전법시행규칙 토양오염기준을 설정하여 농경지 토양 중 구리 오염 우려기준 및 대책기준이 각각 50과 125 mg kg⁻¹으로 규정하고 있다.

6) 아연(zinc)

(1) 특성

청색이 도는 은백색 금속이다. 상온에서는 취약하지만, 100 °C 이상으로 가열하면 전성(展性)·연성(延性)이 증가하여 철사나 얇은 판으로 만들 수 있다. 200 °C 이상에서는 다시 취약해져서 가루로 만들 수 있다. 보통의 아연지금(亞鉛地金)의 순도는 가장 순수한 것이 99.99 % 이상, 종류 아연지금은 약 98 %이다. 공기 2.5이다. 상온에서 습한 공기 중에서는 물과 이산화탄소의 작용으로 표면만 산화되어 염기성 탄산아연의 치밀하고 얇은 회백색 피막이 생기며, 이것에 의해서 내부가 보호된다. 공기 중에서의 내식성(耐蝕性)은 순도가 높을수록 좋다. 공기 속에서 고온으로 가열하면 녹색을 띤 백색광을 내면서 불타 산화물이 된다. 적열(赤熱) 상태에서는 물을 분해하여 수소를 발생시킨다. 염산이나 묽은 황산에서는 수소를 발생하며 녹아 각각의 염이 된다. 또 진한 알칼리 용액과 가열하면 역시 수소를 발생하며 녹아 아연산염을 만든다. 이 때문에 묽은 산 또는 진한 알칼리와 함께 환원제로 사용된다. 아연이온은 아세트산 산성용액에 황화수소를 통과시키거나, 중성 용액에 황화암모늄을 가해서 황화아연의 백색 침전을 생성시킴으로써 분석 시 다른 금속이온과 분리시킨다. 아연은 유리(遊離)된 금속으로는 존재하지 않지만, 지각 속에 널리 분포한다. 광석으로서 가장 중요한 것은 섬아연석(閃亞鉛石) ZnS이며, 이 밖에 능아연석 ZnCO₃, 홍아연석 ZnO 등도 알려져 있다. 클라크수 0.008로, 제26위이다.



IV. 중금속

■ 원자의 성상

- 원소기호 : Zn
- 원자번호 : 30
- 원자량 : 65.38
- 녹는점 : 419.6℃
- 끓는점 : 907℃
- 비중 : 7.14(20℃)

(2) 위해성 및 건강영향

아연은 인간에게 필수적인 원소이고, 해산물, 동물성 식품, 콩류, 곡물 등에 많이 함유하고 있다. 인체 내 아연 중 약 20%는 피부에 있으므로, 큰 화상을 입었을 때에는 아연 결핍증을 일으키는 것으로 알려져 있다. 아연의 급성독성에서 설사, 복통, 경련등 위장의 자극시키는 한계농도는 50mg/l이다. 또한, 성인의 치사량은 염화제1아연으로 1~10g이다. 아연의 만성독성은 필요이상의 아연의 장기간 섭취하여도 나쁜 영향을 나타내지 않는다.

(3) 중독 사례

아연의 독성은 매우 낮아 고농도의 아연이라도 그 독성은 비교적 크지 않다. 따라서 자연계에서는 아연의 중독현상이 적게 나타난다. 철강공업에서 산화아연의 연무가 발생하는데, 아연중독이라고 알려져 있다. 아연 및 그 산화물인 미립자에 의하여 일어나는 중독, 아연열(亞鉛熱)이라고도 한다. 이들의 미립자를 들어 마시면, 몇 시간 후에 오한(惡寒)에 이어 열이 난다. 그러나, 다음날이 되면 거의 낫는다. 다른 금속의 미립자들도 마찬가지로 중독이 일어나는데, 이때는 금속열 이라고 한다. 요즘에는 아연합금의 주물장에서 일어나는 경우가 많다. 중금속 중에서는 아연의 녹는점(419℃)이 낮은 편이므로 증기가 되기 쉽기 때문이다. 아연중독과 별도로 장기간 아연에 접하는 작업을 가진 사람들은 일과성(一過性)의 당뇨를 볼 수 있다. 그리고 유행병학 자료에서는 물과 토양



중에서 동이 낮고 아연이 높으면 위암 발생의 위험이 있다고 밝히고 있다. 이것은 아연이 높아서 나온 결과가 아니라 아연이 높아짐에 따라 동 결핍을 촉진시키기 때문이다. 신경증상에 대해서는 아연 도금관으로부터의 음료수를 음용하고 있던 부부에게서 피자극성, 집중력저하, 우울상태, 정신적피로, 두통증상 등을 볼 수 있으며 음료수를 바꿈으로서 개선된 보고가 있다. 섭취량이 비교적 밝혀져 있는 보고, 즉 하태태양의 치료에 1일 660mg의 황산 아연량으로부터 16~26주간 경구투여 받은 18명의 환자에서는 혈액, 간 및 신장독성을 전혀 볼 수 없었으나, 아연 6g을 황산 아연의 형태로 경구 섭취한 어떤 사람은 구토, 복통, 신장장애 등으로 사망한 기록도 있다.

또 피부궤양 치료에 2일간 12g의 금속아연을 복용한 16세의 남성에게서는 3일째 기면을 볼 수 있었으며 기면 상태는 5일간 계속 되었다.

7) 크롬(chromium)

(1) 특성

크롬은 공기 및 습기에 대해서 매우 안정하며 단단한 중금속이다. 통상 존재하는 화합물로서는 2가에서 6가까지 있지만, 토양이나 암석 등에서는 대부분 Cr³⁺가 소량으로 존재하며 가장 안정하다. 크롬 및 그 화합물의 주요 원료인 크롬철광은 Cr³⁺이며, Cr⁶⁺ 화합물은 크롬산염 및 중 크롬산염이 주류를 이루고 화학적 활성이 높으며 또 생체에서 영향력도 강하다. 크롬은 비교적 희소한 금속으로 지각(Crust)중에 조성 원소로서 평균 100 ppm정도 존재하며, 토양 중에 약 20 ppm 농도로 존재하는 것으로 알려져 있다. 광석 중에는 2~3000 ppm의 크롬이 함유되어 있으며 가장 상업적으로 이용되는 원광석은 크롬광(Chomite), 크롬철광(FeCr₂O₄) 등이 있다. 크롬과 그 화합물은 합금, 안료, 피혁 및 직물공업, 촉매, 목재 방부제 등에 이용되며 공업 활동에 의한 크롬의 환경방출로 지표 및 지하수 중에 크롬이 오염되며, 특히 주 오염원인은 금속광



IV. 중금속

산으로부터 용출되어 오염되는 것으로 알려져 있다. 크롬농도는 지표수에서 $84 \mu\text{g}/\text{l}$, 지하수에서 $50 \mu\text{g}/\text{l}$ 수준으로 오염되었다는 보고가 있다(US EPA 1987). 크롬은 일반적으로 물에 용해성이 낮기 때문에 물중의 존재량이 낮다($9.7 \mu\text{g}/\text{l}$). 그러나 크롬 및 그 화합물 함유 오염폐수가 하천에 유입되는 물에는 높은 농도로 존재할 수 있다. 보편적으로 원수 중에 총 크롬농도가 $10 \mu\text{g}/\text{l}$ 이하로 존재하나, 오염지역 수질 중에는 $25 \mu\text{g}/\text{l}$ 를 초과하는 경우도 있다. 빗물 중 크롬 평균농도는 $0.2 \sim 1 \mu\text{g}/\text{l}$ 이며, 지하수는 $1 \mu\text{g}/\text{l}$ 이하로 낮게 존재한다. 우리나라의 토양중 비 오염 농경지로 판단되는 논토양의 가용성 중금속 함유량 조사(1988) 결과에 의하면 전국평균치로서 크롬의 자연함유량이 0.493 ppm (가용성)으로 평가되었다. 식품 중 크롬 함유량은 $10 \sim 1300 \mu\text{g}/\text{kg}$ 이 존재하며, 육류, 생선, 과일, 채소 등에서 높은 함유율을 보였으며, 음식물에서도 크롬은 주방용품에 의해 오염될 수 있다. 오염원으로는 제련공정 및 합금제조공정, 크롬화합물 제조공정(크롬염, 크롬산염, 중크롬산염, 크롬계안료 등), 크롬화합물 사용공정(도장, 도금, 가죽손질 등)에서 발생한다.

■ 원자의 성상

- 화학식 : Cr(원자량: 51.996), CAS No.: 7440-47-3
- 색상 : 회색
- 비중 : 7.1888, 물에 불용
- 융점 : $1,875^\circ\text{C}$
- 비점 : $2,672^\circ\text{C}$
- 증기압 : $1\text{mmHg}(1616^\circ\text{C})$
- 표면장력 : $1590 \pm 50\text{mN/m}$
- 결정계 : α 등축정(等軸晶) β 육방정(六方晶)
- 용해성 : 염산, 황산에는 용해, 산화성산(진한 질산, 왕수)에는 불용



(2) 위해성 및 건강영향

인체조직 내에 광범위하게 분포하고 있지만, 성인에서는 폐장에 가장 많으며, 대동맥, 고환, 신장, 췌장, 심장, 간장 순이다. 크롬은 미량필수원소로서 당질 및 지질대사, 단백질 합성에 관여하는 한편 단백질분해효소의 한 성분이다. 크롬의 급성독성은 6가 크롬의 부착이나 분진 흡입으로 인한 피부, 기관, 폐 등에 염증과 궤양을 일으키는 것으로 오래 전부터 알려져 있지만, 경구적으로는 6가 크롬염을 섭취하면, 구토, 설사, 복통, 뇨량감소, 경련, 혼수 등을 일으켜 사망한다. 만성독성은 경구적으로는 간염을 일으키는 것이 알려져 있다. 6가 크롬 분진을 장기간 흡입하면 피부, 호흡기, 간장 등에 여러 가지 장애가 일어난다. 또한 폐암의 발생으로도 유명하며, 발암성도 흡입에 의한 것이 많다.

(3) 중독 사례

사례1 도금작업자의 수용성 6가 크롬노출과 비중격천공

34세의 김씨는 초등학교 졸업 이후 19년간 계속 도금공장에서 도금작업을 했다. 주로 기계류에 대해 경질 크롬도금을 하는 작업으로 호이스트로 크롬 도금조에 도금할 기계류를 넣고 한 두 시간 후에 꺼내는 작업이었다. 도금조에는 별도의 환기시설은 없었다. 평소 이상한 증상을 느끼지는 못했으나 냄새는 잘 맡지 못한다고 했다. 비강검사 결과 비중격에 직경 1.5cm의 천공 소견이 관찰됐다.

사례2 용접작업자의 불용성 6가 크롬노출과 폐암

46세의 이씨는 16년간 제강업체에서 용접, 절단, 그라인딩 작업을 하다가 폐암진단을 받았다. 산업안전보건연구원에서 실시한 작업환경측정에서 총 크롬은 노출기준을 초과했고, 이중 30% 정도가 6가 크롬이었고 6가 크롬의 약 30%가 불용성이었다. 지역시료에서 스테인레스강 용접작업의 6가 크롬은 노출기준의 10배 수준이었다. 현재 사용하



IV. 중금속

고 있는 모재의 크롬 함량은 낮았는데 과거에는 10~20% 수준이었다. 작업장의 환기시설도 과거에 비해 많이 개선됐다. 노출 흡연력은 9~12갑/년이었다. 이씨의 폐암은 비록 흡연력이 있더라도 용접 작업 중 노출된 6가 크롬에 의해 발생했을 가능성이 높았다.

사례3 용접작업자의 크롬과 석면 노출과 폐암

45세의 강씨는 21년간 조선소에서 용접작업을 하던 중 폐암을 진단받았다. 용접은 하루 평균 10시간 정도였고 10년 전부터는 용접과 현장 감독업무와 용접작업을 같이 했다. 강씨가 과거 수행했던 작업은 대부분 현 사업장에는 없었으며 생산제품의 종류도 많이 달랐고, 과거 작업환경측정 자료도 남아 있지 않았다. 용접에 사용된 모재에서 스테인레스강 제품은 전체의 약 10% 정도가 됐으며, 용접은 개방 공간뿐만 아니라 밀폐공간에서도 이루어졌다. 10년 전까지는 화재 방지를 목적으로 석면포를 사용했다고 하나 현재는 사용되지 않았다. 과거 이 부서에서 악성종괴증이 발생한 사례가 있었는데 이때 석면포 분석에서 백석면이 확인됐다. 강씨의 흡연력은 4.5갑/년이었다. 선박 건조 및 수리업 근로자에서 폐암의 발생률이 높은 것으로 알려져 있는데, 특히 선박 내 보일러 설치 관련 작업 등 석면에 노출되기 쉬운 작업과 용접흡에 노출되는 근로자에서 폐암 발생이 높다고 보고 되고 있다. 용접작업자는 용접흡 뿐만 아니라 석면포 사용으로 인해 석면에 노출되었을 가능성도 높다. 따라서 용접작업자에서 폐암이 많이 발생하는 것으로 보고 되고 있고 그 이유로는 스테인레스강 용접과정에서 발생하는 6가 크롬과 용접 과정에서 사용하는 석면포에 의한 석면노출에 기인하는 것으로 추정되고 있다.

사례4 천연 괴혈공장 근로자의 3가 크롬 노출과 폐암

61세의 김씨는 21년간 천연괴혈공장에서 근무하던 중 폐암을 진단받았다. 3주간 지속되는 기침과 객담으로 폐결핵 의증으로 치료를 받다가 폐암으로 확진됐다. 김씨는 흡연을 하지 않았다. 김씨는 도장반, 세이빙반, 선별반에서 근무했고 유성반에서는 월 100



톤의 크롬을 사용했다. 작업환경측정에서 크롬은 검출됐으나 노출기준을 초과하지는 않았다. 김씨의 작업장에서는 크롬을 사용했고 작업환경측정에서도 검출됐다. 따라서 김씨는 작업 중 크롬에 노출되었을 가능성은 높으나 이는 발암성이 있는 6가 크롬이 아니고 비발암성의 3가 크롬이다. 따라서 김씨가 비록 흡연을 하지 않고 20여 년간 피혁 공장에서 근무하며 크롬에 노출됐으나 발암성이 없는 3가 크롬에 노출됐으므로 김씨의 폐암은 업무와는 관련하여 발생했을 가능성은 낮다.

사례5 도금공의 수용성 6가 크롬 노출과 비강암

56세의 심씨는 31년간 크롬도금공정에서 근무하다가 퇴사했는데 비강암이 발견됐다. 이 사업장은 방위산업용품이나 항공부품을 제작 도금하는 사업장으로 심씨는 입사이후 도금반에서 근무했고 도금 작업장은 10년 전에 크게 개선됐다. 최근 5년 간 작업환경측정에서 총크롬이나 6가 크롬은 노출기준 이하로 검출됐다. 작업물량이 과거에 비해 크게 감소하여 9기의 도금조 중 7기가 4년 전에 철거되고 현재는 2기만 남아 있다. 현재의 배기시설이 설치되기 전에는 크롬 도금조를 직접 설치하여 수작업으로 제품을 도금조에 담갔다가 끌어올렸다고 한다. 과거의 6가 크롬 노출수준은 매우 높았을 것으로 추정된다. 심씨는 비중격천공 소견은 나타나지 않았지만 동료 근로자 중에서는 비중격 궤양 소견이 발견됐다. 흡연력은 20갑·년이었다. 비강암에 대한 바이러스 면역검사에서는 음성으로 나타나 바이러스 감염에 의해 발생했을 가능성은 낮았다. 따라서 도금공장에서 30년 이상 근무하면서 노출된 6가 크롬에 의해 발생했을 가능성이 높았다.

사례6 분진과 도료의 크롬 노출과 폐암

43세의 이씨는 23년간 방위산업용품 제조 사업장에서 무기 검수업무를 하다가 폐암이 발생했다. 이 사업장은 특수강을 구입해 가공하고 세척 한 후 도장해 무기를 생산하는 업체이다. 이씨는 직접 작업자는 아니나 업무의 특성상 전 작업과정을 현장에서 참여하



IV. 중금속

며 공정별로 하자를 검사하고 감독을 했다.

이 회사는 폐쇄되어 작업환경 측정자료를 확인 할 수는 없었다. 특수강은 크롬과 몰리브덴 성분이 함유된 크롬몰리브덴강을 사용했고 경질 크롬도금을 했으며 도장작업에 사용된 도료에는 크롬산염과 크롬산아연이 함유되어 있었다. 이씨는 흡연을 하지 않았다. 이씨의 폐암은 20년 이상 발암성이 있는 크롬, 크롬산염(크롬산염, 크롬산아연, 크롬산 스토론툼), 결정형 유리규산 등에 노출되어 발생했을 가능성이 높았다.

(4) 국내외 관리 동향

우리나라는 식품 내 크롬에 대한 기준이 없다. 다만 젤라틴에 대해 크롬성분규격에 대해 식품첨가물규격 및 기준 제2.제조기준 중 젤라틴항의 “젤라틴의 제조에 사용되는 우 내피 등의 원료는 크롬처리 등의 경화공정을 거친 것을 사용하여서는 아니된다.” 및 중금속기준(50 ppm)이하로 관리한 것을 명확히 하고자 크롬의 기준을 추가하였다. 또한, 식품을 조리할 때 널리 사용되는 냄비, 프라이팬 등 금속제로 된 식품용 조리기구에 대해 크롬이 다른 금속과 합금으로 사용되거나, 불순물로 존재하여 식품으로 이행될 우려가 있으며, 최근 유럽에서 칼, 포크 등 일부 스텐레스 기구류에서 크롬 및 니켈의 용출 사례가 보고된 바 있어, 이에 대한 용출규격을「각각 0.1 ppm 이하」로 신설할 예정이다 (2008년 12월 현재).

8) 니켈(nickel)

(1) 특성

은백색의 광택을 지닌 금속으로 철과 마찬가지로 단조(鍛造) 및 단접(鍛接)이 가능하고, 또한 전성·연성이 풍부하다. 또 연마가공도 가능하다. 강한 자성(磁性)을 지니고



있으나, 철보다는 약하다. 전기전도도는 구리의 14.9%이며, 공기 및 습기에 대해 철보다도 안정하여 잘 산화되지 않으며, 또한 알칼리에도 잘 침식되지 않는다. 묽은 질산에는 쉽게 녹지만, 진한 질산에는 철과 마찬가지로 부동 상태로 되어 침식되지 않는다. 염소 및 브롬 등과는 격렬하게 반응한다. 니켈은 클라크수 0.01로, 지각(地殼)에는 구리와 같은 정도의 존재량을 보이지만, 지구의 중심부에는 철과 함께 다량 존재하는 것으로 생각된다. 바닷물 속에 존재하는 양은 5 g/l 이다. 또, 운철(隕鐵)에도 8% 정도 함유되어 있다. 주요 광물로는 니콜라이트 NiAs를 비롯하여 휘니켈석 NiS, 펜트란다이트 (Ni,Fe)S, 황비니켈석 NiAsS, 클로안다이트 NiAs₂, 가니어라이트 H₄(Mg,Ni)₃Si₂O₉ 등이 있으나, 펜트란다이트와 니콜라이트가 주류를 이룬다.

■ 화학적 성상

- 원소기호 : Ni
- 원자번호 : 281
- 원자량 : 58.70
- 녹는점 : 1455°C
- 끓는점 : 2732°C
- 비중 : 8.845(25°C)

(2) 위해성 및 건강영향

인체에 있어서 니켈의 독성은 가) 폐나 비강의 발암작용, 나) 독성이 강한 니켈카르보닐의 증기 흡입으로 인한 호흡기 장애와 전신중독, 다) 수용성 니켈 연무질에 의한 만성 비염, 부비동염, 비종격 천공, 라) 접촉성 피부염, 마) 정신과민 반응 등의 감작성, 바) 태독성 및 최기성 등과 같이 다양한 위해성을 나타낼 수 있다. 접촉성 피부염 형태의 니켈 알러지는 널리 알려진 반응이다. 만성폭로를 통한 인체의 축적은 폐섬유증, 심혈관 및 신장 질환을 일으키나 가장 심각한 것은 발암성이다. 역학조사에서 니켈 광산, 제련, 정제에 종사하는 근로자 가운데 높은 발생율의 폐암과 코암이 발생한다는 사실을



IV. 중금속

기초로 니켈은 사람에게 암을 발생시키는 발암 물질로 관련 지어졌다. 다양한 동물 모델에서 니켈화합물은 투여된 모든 부분에서 암을 유도하였다. 또한, 니켈-아황화물 같은 불용성 화합물은 효율적으로 사람과 설치류 세포를 변형시켰다. 이런 관찰에 기초하여 IARC는 1990년에 니켈의 발암성을 평가하였고 금속니켈을 제외한 모든 니켈 화합물은 사람에게 암을 일으킬 가능성이 있는 Group 2B 로 분류되었다. 역학조사 결과 니켈 화합물은 대기중 흙(fume) 형태로 인체의 호흡기를 통해 흡입되면 비장 및 폐에서 종양의 발병 위험도를 증가시킬 뿐만 아니라 염색체 이상까지 초래한다고 보고되었다. 발암성을 제외한 니켈 화합물의 대표적인 독성은 피부병이다. 직업적으로 노출되는 사람들은 물론 일반인 중에서 특히 여자들은 니켈이 함유된 동전, 보석 같은 물건들에 노출된 경우에 니켈 민감증(sensitization)의 결과로 피부질환을 일으킨다. 니켈 피부병은 흔히 손에서 시작된다. 우리나라는 2004년 환경부가 지난해 전국의 3천605개 토양오염조사 지역에 대해 니켈을 비롯한 중금속을 비롯한 유해물질 오염도를 조사한 결과 경기 김포시 통진면 마송1리 197의 2 등 12개 지점이 토양오염 기준치(대책기준치)를 초과, 동.식물의 생육에 위해를 가하는 것으로 판명됐다.

(3) 중독 사례

혈액투석을 받은 23명의 환자 중에서 니켈 중독 증상 발생되었다(1980년). 니켈로 도금된 용액 준비 탱크에서 니켈이 용출되면서 오심, 구토, 허약, 두통 및 심계항진의 중독 증상들이 나타났으나 혈액투석을 멈춘 후 몇시간 내에 사라졌다. 급성 신부전증 환자중에 hypernickemia(혈액 중 니켈농도가 높은 증상)이 보고된 바 있다.



9) 셀레늄(Selenium)

(1) 특성

셀레늄은 적정량을 섭취하여야 건강을 유지할 수 있는 필요한 무기물인 동시에 과잉섭취 시에는 중독의 위험성이 있다. 섭취허용량(권장섭취량 50 μg /일, 섭취상한량 400 μg /일)과 과잉섭취에 따른 문제가 발생하는 최저독성량(910 μg /일)의 차이가 매우 근소하여 농축산물 등에 인위적인 첨가·사용은 매우 위험 할 수 있다. 우리나라의 대표식단에 의한 셀레늄 일일섭취량은 68.846 μg /일로 세계보건기구의 권장량(50 ~ 200 μg /일) 수준 내에 포함(식약청 연구용역 결과)되어 최대섭취허용량인 400 μg /일까지 안전한 수준으로 평가하여 식이를 통한 자연적인 셀레늄 섭취에 추가로 셀레늄 보강식품의 적절한 섭취도 권장할 만하다. 혈액 중 셀레늄 농도가 너무 높으면 셀레늄 중독 증상이 나타난다. 증상으로 위장관 장애, 탈모, 손톱의 흰 반점, 그리고 가벼운 신경손상이 나타난다. 미국에서는 셀레늄 중독이 드물고 산업재해나 영양제를 만들 때 셀레늄이 너무 많이 들어가서 생기는 제조상의 잘못과 관련된 소수의 경우가 보고되어 있다. 셀레늄은 대개 동물의 장기, 어패류, 근육이 많은 육류, 곡물, 낙농식품(우유, 버터, 치즈류), 야채 및 과일 등에 들어있다. 보통 식품 중에 0.01~0.04 ppm, 수육 및 조육에서는 0.1 ppm, 어육에는 0.4 ppm이 거출되며 내장에는 4 ppm 정도로 높게 검출된다. 보라색 강낭콩에서도 고농도의 셀레늄이 검출된다.

■ 화학적 성상

- 화학식 : Se (원자량 : 78.96)
- 용점 : 217 $^{\circ}\text{C}$
- 용도 : 복사기 감광체, 적색착색제, 촉매
- 원료 : 동, 납 등의 황화광에 수반되는 원소의 동제련 전해 slime
- 비등점 : 688 $^{\circ}\text{C}$
- 비중 : 4.26 ~ 4.29



IV. 중금속

(2) 위해성 및 건강영향

셀레늄은 한국영양학회의 한국인 영양섭취기준상에는 미량무기질로 분류하고 있다. 셀레늄은 동식물 조직에 셀레노메티오닌, 셀레노시스테인의 형태로 존재하고, 글루타티온 과산화효소, 셀레늄단백질과 같은 셀레늄을 포함하는 단백질의 구성성분으로 혈장에 존재한다. 셀레늄함유 단백질은 체내에서 세포손상을 억제하는 항산화기능을 담당하고 갑상선호르몬 기능을 조절한다. 셀레늄의 결핍 증상으로 케산병(중국, 어린이와 젊은 여성에게 나타나는 풍토성 심장근육질환)과 카신베크병(중국, 사춘기직전 또는 사춘기에 나타나는 풍토성골관절염)이 보고되었다. 셀레늄 함량이 낮을 때 암 발생이 증가하는 지는 의견이 일치되지 않고 있으나, 과잉 섭취가 750 $\mu\text{g}/\text{일}$ 이상인 경우 혈장 셀레늄과 적혈구의 셀레늄 비율이 변화하며, 910 $\mu\text{g}/\text{일}$ 이상의 셀레늄을 섭취하고 혈액의 셀레늄 농도가 13.3 μmol 이상인 사람에서는 손톱이 변하는 셀레늄 중독증상이 나타난다. 또 과다 섭취한 경우에는 ‘알칼리병’ 같은 질환이 나타날 수 있다. 알칼리병에 걸린 동물은 탈모, 관절이 굳어지는 증세, 무기력 등의 증세를 보이며 심한 경우 사망에 이르기도 한다. 사람도 800 μg 이상 섭취하면 머리와 치아가 빠지고 피로감이 오는 등 부작용이 발생한다.

■ 셀레늄의 영양섭취기준 (20세 이상 성인)

- 평균 필요량 : 42 $\mu\text{g}/\text{일}$
- 권장 섭취량 : 50 $\mu\text{g}/\text{일}$
- 상한 섭취량 : 400 $\mu\text{g}/\text{일}$

(3) 중독 사례

셀레늄은 독성이 있는 원소여서 적당한 사용처를 찾지 못해 오랫동안 철저히 잊혀진 원소로 존재했다. 독성에 관한 가장 오래된 기록은 13세기 마르코 폴로의 [동방견문록]



에서 찾아볼 수 있으며 1860년에는 사우스다코타 지역에 주재하던 군대의 군의관이 말에서 셀레늄 중독 증상을 보고한 기록이 있다. 셀레늄을 과잉섭취하면서 털과 발굽이 빠지는 치명적인 증상이 나타난 것이다. 반면, 지난 30년간 셀레늄 보충제로 전세계에서 사용되었지만, 투약량 등에 의한 셀레늄 중독 사례는 보고된 바 없다.

(4) 국내외 관리 동향

생산된 농축산물에 인위적으로 셀레늄을 첨가하여 가공(코팅 등)하는 것은 식품위생법상 식품첨가물로 규정하고 있지 않아 허용되지 않는 행위이다. 또한 셀레늄의 농축산물 잔류허용기준 등 농축산물 재배·사육 시 셀레늄의 인위적 사용을 제한하는 구체적 근거 규정은 없으나, 소량의 셀레늄을 토양에 살포하여 농작물을 재배하는 것은 별 문제가 없으나 재배과정(특히 수확 전)에서 버섯, 딸기 등에 셀레늄을 물에 타서 분무하거나 참외 등 과채류에 양약재배 또는 점적관수하면서 셀레늄을 첨가할 경우 셀레늄이 고농도로 농산물에 잔류할 가능성이 높아 대단히 위험하다.

■ 국내외 관리 동향

- ① 식약청의 건강식품공전(영양보충제용 제품)
 - 무기물보충용 : 셀렌 1일 섭취최대함량 50 μ g이내
- ② 사료관리법
 - 배합사료 셀레늄 허용기준 : 돼지·닭 2ppm, 기타 2ppm
- ③ 식품위생법, 축산물가공처리법
 - 식품첨가물로 등재되지 않고, 셀레늄 잔류허용기준이 없음
- ④ 선진국 및 국제기준(섭취권장량, 성인기준)
 - WHO/FAO : 50~200 μ g/일, 미국 : 55 μ g/일, EU(최대섭취허용기준) : 300 μ g/일

■ 국내외 관리 동향셀레늄에 대한 식약청의 견해

- 셀레늄은 독성이 있는 원소로 미량무기질이며 토양, 수자원 및 농림수산물에 다양하게 함유하고 있는데 우리나라의 경우 다양한 식용 농·임·축·수산물에 널리 함유되어 있고 우리 식생활에서 이의 결핍으로 인한 별다른 문제는 없습니다. 따



IV. 중금속

라서, 과량 섭취시 독성문제 등을 감안하여 식품의 조리·제조·가공 등에 인위적 첨가사용을 허용하지 않고 있으며 식품첨가물로도 지정되지 않고 있습니다. 결론적으로 식용 농축산물 재배와 사육과정에 인위적으로 사용하여 농축산물에 이행·잔류토록 하는 것은 적절하지 않다.

10) 게르마늄(germanium)

(1) 특성

게르마늄(Ge)은 원자번호 32, 원자량 72.59의 원소로서 지구상에 7 mg/kg 존재하는 희귀한 亞金屬 元素로서 주기율표의 창시자인 멘델레예프에 의해 존재가 예견되어 '에 카실콘'으로 명명되다가, 1986년 독일의 과학자 Clemens Winkler에 의해 발견되어 현재의 이름인 게르마늄으로 명되었는데, 지각중에 보통 1.0~1.7 mg/kg 범위 정도인 것으로 알려지고 있다(Merian, 1991). 우리나라 토양의 게르마늄 함량은 충남 금산지역 암석, 인삼밭 토양 및 산 토양에서 상대적으로 높다고 보고 되었다.(전호식, 2000).

게르마늄은 무기 게르마늄과 유기 게르마늄으로 분류 할 수 있는데 무기 게르마늄은 Ge, GeO₂ 형태로 존재하며 매우 독성이 강하여 GeO₂을 장기 복용한 환자에서 빈혈, 신기능 장애, 신경병증, 근장애를 유발하는 것으로 알려져 있다(Iijima 등, 1990). 한편, 독성이 거의 없는 것으로 알려진 유기 게르마늄에는 일본의 아사이가즈히코 박사가 1967년에 이산화게르마늄으로부터 합성한 2-carboxyethylgermanium sesquioxide [Ge-132, O₃(GeCH₂COOH)₂]과 Spirogermanium, Proxigermanium 등이 알려져 있다.(Kumano 등, 1985). Ge-132는 항종양 효과(Jang 등, 1991), 항돌연변이 효과(Mochizuki & Kada, 1982), natural killer 세포 및 macrophages의 활성화를 포함하는 면역강화 작용(Suzuki 등, 1986)과 virus 감염의 치료(Aso 등, 1985), 중금속 해독작용(Lee & Chung, 1991) 등의 다양한 약리작용을 가지는 것으로 보고 된 바 있다.



| 표3 식물중 게르마늄 함량 |

농산물	함량 (mg/kg)	농산물	함량 (mg/kg)
영지	800~1,200	구기자열매	142
마늘	754	등나무 흑	108
표고버섯	350	지치뿌리	88
한국인삼	4,189	클로렐라	76
가자(訶子)	262	알로에	77
산두근	257	땅두릅	72
일반버섯	255	울무	50
마름열매	239	반짝이끼	15
컴프리	152	벌꿀	6

(출처 : 신비의 원소 암을 치료하는 게르마늄)

유기게르마늄이 약리효과를 가진다는 보고로 인하여 기능성 농산물을 생산을 위한 자재로 널리 무분별하게 사용되고 있으나 게르마늄 함유 농자재를 사용하였을 때 작물 체내로 게르마늄이 얼마나 흡수 이행되고 작물에 어떤 영향을 미치는지 아직 알려져 있지 않다. 농산물 중에는 인삼 및 영지 등에 게르마늄이 높게 분포하는 것으로 알려져 있다. 그러나 이들 농산물에 존재하는 게르마늄이 유기게르마늄이라는 증거는 밝혀진 바가 없다.

(2) 위해성 및 건강영향

무기 게르마늄은 인체에 강한 독성을 나타내어 특히 간과 신장에는 치명적 이라고 알려져 있는데 백색 분말상태 일 때는 유기 게르마늄인지 무기 게르마늄인지 구분할 수 없다. 일본의 아사이가즈히코 박사가 합성한 유기게르마늄에 대한 특허기간이 1992년에 종료 됨에 일본과 미국, 유럽, 중국에서 게르마늄 제조회사들이 우후죽순 처럼 많이 생겼다. 이 회사들은 단지 일본의 특허 제품을 복제하거나, 제조 방법만 다소 변형시켜 만



IV. 중금속

든 제품을 안전성 검사도 제대로 하지 않은 채 유기 게르마늄이라며 선전하며 소비자에게 판매를 하였고, 그 결과 수차례의 독성사고가 발생하였다는 보고가 있다. 일본에서 조차 독성사고에 의해 한동안(1977~1982) 게르마늄의 판매가 금지되기도 하였다.

식약청에서 발간한 보고서(건강기능식품의 안전성 평가를 위한 의사결정도 적용, 2007. 5)에 따르면 합성 유기게르마늄은 “건강기능식품에 사용할 수 없는 원료 등에 관한 규정(식약청 고시)”에 등재되어있지 않았으며, 한국, 미국, EU에서 식품 또는 식품첨가물로 인정되지 않았다고 명시하고 있다. 또한 합성 유기게르마늄이 천연에 존재하는 유기게르마늄과 동일한지는 확인되지 않았다고 밝히고 있다.

(3) 중독 사례

우리나라에서 게르마늄 관련 중독 사례가 발생한 적은 아직까지 보고 된 적은 없다. 현재 우리나라에서는 게르마늄을 농축산물 생산단계에 사용할 수 있다는 법적근거가 전혀 없으며, 식품첨가물로 지정되어 있지 않은 품목이므로 식품첨가물로도 절대 사용할 수 없다. 그리고 게르마늄은 식물 뿐만 아니라 사람 및 동물에 생존에 필요한 필수원소라는 과학적 증거가 없다. 따라서 게르마늄은 인체에 필수영양소가 아니므로 섭취하지 않더라도 건강상에 전혀 문제가 없으며, 오히려 과잉 섭취시 독성을 나타내는 것으로 알려져 있다. 보고에 의하면 논 토양 중 게르마늄의 농도가 2.5 mg/kg 이상이면 벼에도 독성 유발할 정도로 무기 게르마늄은 독성이 강하고, 벼의 초장, 수장, 수수, 영화수, 천립중 등 수량구성요소 모두 감소한다고 하였다.(이성태, 2004)

(4) 국내외 관리 동향

‘90년대 중후반부터 Well-being이 유행하면 먹거리에 대한 국민들의 관심이 폭발적으로 증가하기 시작하였고, 그 영향으로 기능성 농산물 및 고품질 농산물에 대한 수요



도 늘어나기 시작하였다. 게르마늄도 기능성 농산물을 생산한다는 미명하에 최근까지도 농자재로 널리 사용되어 왔다. 2006년에 발생한 “셀레늄 금쌀” 관련 민원을 계기로 식약청에서는 쌀 등 농산물의 인체 위해우려 화학물질 사용자제 요청('06.3.10) 한 바가 있고, 농식품부에서는 농축산물 재배사육과제에서 인위적 첨가사용을 자제하도록 교육 및 홍보할 것을 공문('06.4.21)으로 시달 한 바가 있다.

현재까지 미국의 EPA, WHO, CODEX 등 게르마늄 섭취를 권장하는 나라나 기관은 없으며, 다만 중국만이 게르마늄을 히토류에 포함시켜 잔류허용기준을 기준을 가지고 있으나 섭취를 권장하고 있지는 않고 있다.

| 표4 식품중 히토류 잔류허용기준 |

농산물	잔류허용량(MLs, mg/kg)*
糧食(벼, 소맥, 옥수수)	2.0
蔬菜(야채): 시금치 제외	0.7
水果(과일)	0.7
花生仁(땅콩)	0.5
薯(감자)	0.5
綠豆(녹두)	1.0
茶(차잎)	2.0

* 히토류(예 : 게르마늄(Ge), 하프늄(Hf)) 화합물의 총량으로 계산
(출처: 中華人民共和國國家標準 GB 2762-2005 食品中污染物限量)

11) 주석(tin)

(1) 특성

구리는 휘동석(輝銅石) · 황동석(黃銅石) · 적동석(赤銅石) · 반동석(斑銅石) · 공작석(孔雀石) · 남동석(藍銅石) 같은 광물 속에 다른 물질과 화합하여 존재한다. 또한 해초(海草)를 태운 재, 산호, 사람의 간, 연체동물 및 절지동물의 몸 안에도 있다. 연체동



IV. 중금속

물·갑각류 등 푸른 피를 가진 동물의 헤모시아닌에 있는 구리는 붉은 피를 가진 동물의 헤모글로빈 안에 있는 철과 마찬가지로 산소를 운반하는 역할을 한다. 사람 몸속에는 헤모글로빈 형성을 촉진시키기 위해서 적은 양이 존재한다.

구리는 가장 무른 금속 중의 하나로 특별히 강하지도 단단하지도 않다. 전기와 열의 전도성이 뛰어나다. 달구지 않고 연마해도 구리의 강도나 경도는 현격하게 증가하는데, 이는 더 부드럽게 열처리된 구리에서와 같이 면심입방구조(面心立方構造)의 결정체가 형성되기 때문이다. 산소·질소·이산화탄소·이산화황과 같은 기체들은 용해된 구리에 녹을 수 있으며, 이들이 녹아 굳은 금속 구리의 역학적·전기적 성질은 크게 변한다.

(2) 위해성 및 건강영향

성인의 몸에는 약 80 mg의 구리가 존재하는데 여러 가지 생리작용에 관여한다. 철과 함께 혈액의 적혈구를 생성하고 철의 흡수와 이용을 높여 심장혈관계 유지와 정상적인 면역기능에 필요하다 (후쿠다 등, 2004). 구리와 아연, 철 성분은 뇌의 발달을 위해 필요한 요소이나 혈액 속의 너무 많은 구리는 단백질 억제 능력을 저하 시키고 구리와 포화지방 그리고 트랜스지방(trans-fat)을 과도하게 섭취하는 노인들의 식습관은 정신 기능 장애를 초래할 수 있어 알쯔하이머 질병의 시초와 관계있다는 보고가 있다. 또한, 체내 구리의 저장과 이동에 장애가 생겨서 간, 두뇌, 신장, 각막 등에 구리가 축적되는 선천적 대사질환인 윌슨씨병(Wilson's Disease)이 알려져 있다.

윌슨씨병 환자에게 신체(간, 뇌, 신장, 각막 등)에 구리가 축적되는 것을 최소화하기 위하여 구리 섭취를 제한한 구리제한식(Copper-Controlled Diet)이 적용되는데 이와 관련된 권장식품과 제한식품은 다음과 같다.



5. 관련기관 및 전문가 목록

조직	담당업무	연락처
국립농업과학원 농산물안전성부 유해물질과 중금속연구실	<ul style="list-style-type: none"> -농산물 중 중금속 분석기술 향상 및 정도관리 체계구축 -농산물 중 중금속 모니터링 및 안전관리 체계구축 -농작물의 중금속 흡수기작 구명 및 경감기술 개발 체계 구축 -농산물의 중금속 위해성 평가기법에 관한 연구 -농산물 안전관련 국제협약의 이행에 관한 대응 전략기술 개발 	전화 031)290-0527 www.naas.go.kr
국립농산물품질관리원 소비안전과	<ul style="list-style-type: none"> -국내 생산 농산물 검사 -부적합 농산물 조치 	전화 031)446-0160 www.naqs.go.kr
식품의약품안전청 식품평가부 식품오염물질팀	<ul style="list-style-type: none"> -식품의 유해 중금속의 기준 및 규격에 관한 사항 -식품의 유기·무기 오염물질의 기준 및 규격에 관한 사항 -식품의 곰팡이 및 패류 독소의 기준 및 규격에 관한 사항 -식품의 제조·가공 과정 중 생성되는 유해물질의 기준 및 규격에 관한 사항 -식품의 방사능 오염의 기준 및 규격에 관한 사항 	전화 02)380-1674~5 www.kfda.go.kr

V. 병원성미생물

1. 병원성미생물 개요

과거 식품으로부터 발생하지 않았거나 발생되어도 크게 문제가 되지 않았던 새로운 질병(Emerging diseases)들이 1980년대 이후부터 출현하여 대유행을 함에 따라 식품의 생산과 위생관리 측면에서 병원성미생물의 오염방지는 중요한 과제로 대두되었다.

식중독은 병원성미생물에 오염된 식품을 섭취함으로써 발생하며 공중보건학적으로 매우 중요하다. 이러한 병원성미생물은 현재 약 250종 이상이 알려져 있다. 이들 원인체중 축산식품과 관련한 가장 흔한 식중독의 병원체는 Salmonella, Escherichia coli O157:H7, Campylobacter coli/jejuni, Listeria monocytogenes 및 Staphylococcus aureus 등이 알려져 있다. 식중독에 감염되는 비율은 매년 전 세계의 약 5-10%로 추정되며, 이들 식중독의 발생은 매년 증가할 뿐만 아니라 원인체도 다양해지고 있는 실정이다. 살모넬라 및 포도상구균 식중독은 오래 전부터 문제시되어왔으나 리스테리아 및 장출혈성 대장균 O157 등은 새로운 식중독 원인균으로 알려지고 있다.

거의 모든 식품, 즉 유 및 유가공품, 식육 및 식육가공품, 알 및 알가공품, 어패류, 채소류 등 다양한 식품이 식중독의 원인식품으로 알려져 있으며, 특히, 포도상구균과 같이 내열성독소를 생성하는 균은 가열식품에서도 문제가 될 수 있다.

축산물중의 위해는 크게 3가지로 구분하며, 즉 화학적 위해, 물리적 위해 및 생물학적 위해이다. 이중에서도 식중독의 예방을 위한 위해요소중점관리기준(HACCP) 적용에서 가장 중요시되는 부분은 생물학적 위해인 병원성미생물의 예방관리이다. 축산물의 안전성 확보를 위해서는 농장부터 식탁에 이르기까지 전 식품체인을 통한 위생관리가 철저히 이루어져야 할 것이다.

1) 식중독 분류

세균성 식중독은 그 발병 형태에 따라 감염형, 독소형으로 분류하는 것이 일반적이다.



감염형 식중독은 세균에 오염된 식품 섭취시 장관내에서 증식하여 일으키는 식중독으로 Salmonella spp., Vibrio paraheamolyticus, Escherichia coli O157:H7 등에 의한 식중독이다. 감염형은 일반적으로 잠복기가 12~48시간이며 일반적인 증상으로 설사와 열을 동반하지만 항상 복통과 구토를 하지는 않는다. 식중독 발생에 필요한 세균수는 균의 종류에 따라 다르나 보통은 106~108 이상 필요하다고 알려져 있다. 그러나 E. coli O157:H7나 L. monocytogenes의 경우에는 10~1000개의 균수만으로도 사람에게서 발병이 가능하다.

독소형 식중독은 식품 중에서 세균이 증식하면서 독소를 생산하여 식품 내에 존재하는 독소를 섭취함으로써 발생하는 식중독이다. 그러므로 이 경우 원인균이 식품내에서 이미 사멸되었어도 독소가 잔존할 때에는 식중독이 발생할 수 있으며 Staphylococcus aureus, Clostridium botulinum 등이 이 경우에 해당한다. 독소형은 잠복기가 2~8시간이고 일반적인 증상으로 설사, 복통과 구토를 일반적으로 동반하지만 항상 열을 나타내지는 않는다.

| 발병기전에 따른 세균성 식중독 분류 |

구 분		원 인 균
독소형	식품내 독소형	보툴리눔, 포도상구균, 시리우스균(구토형)
	생체내 독소형	콜레라균(Non O1), 대장균(독소원성), 웨씨균, 시리우스균(하리형), 에어로모나스균
감염형		살모넬라균, 대장균(장침입형), 캄피로박터제주니/콜리, 예시니아 엔테로 콜리티카, 장염비브리오균

2) 발생현황

우리나라의 식중독발생은 1991년 814명(42건), 1995년 1,584명(55건), 2000년 7,269명



V. 병원성미생물

(104건), 2005년 10,388명(165건), 2006년 10,833명(259건), 2007년 9,686명(510건) 등 1990년대 이후 계속 증가추세에 있다. 식중독 발생의 원인식품은 육류 및 식육가공품이 주요 원인이며, 원인체는 살모넬라균, 황색포도상구균 및 장염비브리오균이 대부분을 차지하고 있었으나 최근에는 노로바이러스에 의한 발생빈도가 현저히 증가하고 있다.

| 우리나라의 연도별 식중독 발생현황 |

연도	발생건수	환자수	환자수/건수
1991	42	814	20.1
1995	55	1,584	28.8
2000	104	7,269	69.8
2005	109	5,711	52.4
2006	259	10,833	41.8
2007	510	9,686	18.9

| 우리나라의 연도별 식중독 발생현황 |

원인체	연도별 식중독 발생		
	2005	2006	2007
살모넬라	753/22	576/22	1,497/42
황색포도상구균	863/16	1,924/32	843/38
장염비브리오	663/17	547/25	634/33
바실러스세레우스	24/1	59/5	50/1
캠피로박터	175/1	53/1	449/7
노로바이러스	719/6	3,338/51	2,435/97
기타(원인불명 등)	2,514/46	4,336/123	3,778/292
계	5,711/109	10,833/259	9,686/510



3) 병원성미생물 특성

| 주요 병원성미생물별 특성 |

세균 Bacteria	증상 Symptoms	발현시기 Onset	지속기간 Durations	감수성 집단 Target populations
<i>Bacillus cereus</i>	설사형 : 복통, 설사, 오심, 구토 구토형 : 오심 및 구토	6~15시간 0.5~6시간	12~24시간 6~24시간	모든 집단
<i>Campylobacter jejuni/coli</i>	설사(혈액포함), 열, 오심, 구토, 복통, 두통, 근육통	2~5일	2~10일	어린이(5세이하), 15 29세
<i>Clostridium botulinum</i>	피로, 허약, 호흡곤란, 사물이 이중으로 보임	18~36시간 (4시간 8일)	수개월	모든 집단
<i>Clostridium perfringens</i>	설사, 경련, 오심, 구토(드물게)	8~22시간	24시간이내 (때로1~2주)	모든 집단 (노약자)
Enterotoxigenic <i>E. coli</i> (ETEC)	수양성 설사, 복통, 미열, 오심, 불편감	1~3일	수일	모든 집단
Enteropathogenic <i>E. coli</i> (EPEC)	수양성 또는 혈액성 설사			유아
Enterohemorrhagic <i>E. coli</i> O157:H7(EHEC)	심한 경련, 수양성설사는 혈액성 설사로 변하고, 열이 없거나, 미열	12~60시간	2~9일부터 수주	어린이
Enteroinvasive <i>E. coli</i> (EIEC)	복통, 혈액성 및 점액성 설사, 구토, 열, 오한	12~72시간	수일 수주	모든 집단
<i>Listeria monocytogenes</i>	패혈증, 뇌수막염, 유사산, 인플루엔자양 증상	수일 6주	수일 수주	임산부, 노약자, 면역결핍자, 환자
<i>Salmonella spp.</i>	오심, 오한, 구토, 경련, 열, 두통, 설사, 탈수	6~48시간	1~4일	모든집단 (영유아, 노약자, 환자 등)
<i>Staphylococcus aureus</i>	오심, 구토, 경련, 설사, 쇠약	1~6시간	1~2일	모든 집단

V. 병원성미생물

세균 Bacteria	원천 Source	관련식품 Suspect foods	감염량 Infective dose	치명율 Fatality rate	비고
<i>Bacillus cereus</i>	토양, 먼지	설사형 : 육류, 우유, 채소류, 어류, 수프 구토형 : 쌀 제품, 감자, 파스타, 치즈	10 ⁶ 개 이상 (설사형)	드뭄	
<i>Campylobacter jejuni</i>	소, 닭, 조류, 파리, 연못(물)	생 계육(칠면조), 생유, 고기(소, 돼지, 양), 어패류, 물	400~500개	0.001%	관절염, 요독증후군, 수막염
<i>Clostridium botulinum</i>	토양, 어류와 포유류의 장관	통조림, 훈연 또는 염지된 어류, 벌꿀, 병조림(마늘, 양파 등)	소량의 독소	7.5%	
<i>Clostridium perfringens</i>	토양, 분변	육 및 육제품, 계육, 육즙	10 ⁶ 개 이상	0.1%	
Enterotoxigenic <i>E. coli</i> (ETEC)	물, 하수	유제품	10 ⁶ 개 이상	0.1%	Travelers diarrhea
Enteropathogenic <i>E. coli</i> (EPEC)	분변	생고기(소, 닭)	10 ⁶ 개 이상 (유아: 소량)	0.1%	Infantile diarrhea
Enterohemorrhagic <i>E. coli</i> O157:H7(EHEC)	소, 사슴	덜 익은 햄버거, 생유, 사과주스	10~100개	2%	HUS:15% TTP:50%
Enteroinvasive <i>E. coli</i> (EIEC)	분변	햄버거, 살균하지 않은 우유	10~10 ⁷ 개	0.1%	Bacillary dysentery
<i>Listeria monocytogenes</i>	토양	생유, 치즈, 아이스크림, 발효소시지, 채소류, 핫도그, 런천미트 등	1,000개 이하	70%	
<i>Salmonella spp.</i>	물, 토양, 절족 동물, 동물분변, 원료육(계육), 해산물	생고기, 계란, 우유 및 유제품, 어패류, 샐러드, 코코아, 초콜릿 등	15~20개	1% (노약자15%)	관절염: 2 3%
<i>Staphylococcus aureus</i>	공기, 먼지, 하수, 물, 우유, 동물 및 사람의 인후 두부, 털, 피부, 장비	육 및 유제품, 계육 및 계육제품, 샐러드, 크림파이, 유 및 유제품	1.0 톡신 (10 ⁵ 개 이상)	0.02%	



세균 Bacteria	증상 Symptoms	발현시기 Onset	지속기간 Durations	감수성 집단 Target populations
<i>Yersinia enterocolitica</i>	설사/구토, 열, 복통, 총수염 증상	1~3일	2~3주	영유아, 노약자, 면역결핍자
<i>Shigella spp.</i>	복통, 설사, 열, 구토, 때로 경련, 오심	1~7일	4~7일	유아, 노약자, AIDS환자
<i>Vibrio cholera</i> O1	수양성설사, 복통, 오심, 구토, 탈수, 쇼크	6시간 5일	수일	모든 집단 (면역 결핍자 등)
<i>Vibrio cholera</i> Non-O1	설사, 복통, 열, 때로 오심, 구토	1~3일	6~7일	모든 집단
<i>Vibrio parahemolyticus</i>	설사, 복통, 오심, 구토, 두통, 열, 오한	4~96시간 (평균 15시간)	4~7일간	모든 집단
<i>Vibrio vulnificus</i>	상처감염, 위장염, 패혈증	16시간	수일~수주	모든 집단 (만성, AIDS환자)
<i>Cryptosporidium parvum</i>	심한 수양성설사, 때로 열, 오심, 구토	1~2주	2~4일부터 1~4주	어린이
<i>Toxoplasma gondii</i>	단핵구증 유사증상	10~23일	다양	임산부, AIDS환자
Hepatitis A virus	갑작스런 발병, 열, 불쾌감, 오심, 식욕부진, 복통, 황달증세	1~7주	1~2주	모든 집단 (어른)
Noro virus	오심, 구토, 설사, 복통, 두통, 미열	1~2일	1~6일	모든 집단
Rotavirus	구토, 수양성 설사(4~8일), 미열	1~3일	4~6일	모든 집단 (6월 2년 어린이, 면역결핍자)

V. 병원성미생물

세균 Bacteria	원천 Source	관련식품 Suspect foods	감염량 Infective dose	치명율 Fatality rate	비고
<i>Yersinia enterocolitica</i>	돼지, 조류, 고양이가, 개, 연못, 토양	고기(돼지, 양, 소), 아이스크림, 생유, 물	-	0.03%	관절염
<i>Shigella spp.</i>		샐러드, 채소류, 유 및 유제품, 계육	10개 이하	10~15%	관절염, 요독증후군
<i>Vibrio cholera</i> O1	어패류, 물, 위생불량	바다식품, 물	10 ⁶ 개	1%이하	
<i>Vibrio cholera</i> Non-O1	해수, 생굴	패류	10 ⁶ 개 이상	1%이하	패혈증
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	해수, 패류	어류, 패류	10 ⁶ 개 이상	1%이하	패혈증
<i>Vibrio vulnificus</i>	해수, 패류, 프랑크톤	굴, 대합, 가재	100개 이하	55% (패혈증)	
<i>Cryptosporidium parvum</i>	유아 보호소	오염된 물, 어류	30개 이하		
<i>Toxoplasma gondii</i>	양, 돼지, 곰, 고양이 분변	생고기(돼지, 면양, 드물게 소)	-		
Hepatitis A virus	감염환자, 분변	샌드위치, 과일(주스), 유 및 유제품, 샐러드, 어패류	10~100 virus	0.4%이하	만성피로
Noro virus	분변	얼음, 물(호수, 수영장), 어패류 (대합, 굴 등)	-		
Rotavirus	오염된 손, 물체	물	10~100 virus		



근년에 세계적으로 병원성 대장균 O157, 노로바이러스(Norovirus), 소 해면상뇌증(BSE)등의 출현이나 항생제 내성균 “수퍼박테리아”의 출현, 유해 잔류물질의 축산물 내 잔류 등으로 인해 정부에서는 이에 대한 근본적인 대책마련에 고심하고 있다. 축산물에 오염될 수 있는 주요 병원성미생물이나 유해 잔류물질 뿐만아니라 축산식품에 의해 사람에게 질병을 매개할 수 있는 항생제 내성균 등 다양한 위해요인에 대해서도 지속적인 모니터링조사나 식품관련 과학기술 개발에 기초한 안정적이고 포괄적인 제도적 시스템 보완 및 적용이 필요하다. 아울러 위험관리를 위한 위험평가(risk assesment) 분야에 관한 집중적인 연구와 위험평가 기능 강화 등을 통한 효과적인 위생관리대책이 시급한 실정이다.

사람 식중독의 예방은 음식 조리 전후를 통하여 손과 취사도구를 뜨거운 물과 비누 또는 세제로 닦는다. 특별히 고기류, 계란, 해산물을 요리할 경우는 더욱더 철저히 닦는다. 살균제 등을 이용하면 더욱 큰 효과를 얻을 수 있다. 고기류, 계란, 해산물 등은 이미 조리되어 먹을 수 있는 음식과 분리하여 보관한다. 조리된 음식은 생고기, 생계란, 생해산물을 담았던 용기에 같이 보관하지 않아야 한다. 아울러 음식물의 내부 온도가 병원성미생물이 사멸되게 조리하고 완전히 익혀졌는지를 확인한다. 또한 부패하기 쉬운 음식물, 먹다 남은 음식물들은 2시간 이내에 냉장 또는 냉동 보관한다. 냉장실은 4℃ 이하여야 하고 냉동실은 -18℃이하여야 한다.

또한 오염된 축산물을 생산할 위험성이 많을 것으로 평가되는 작업장 또는 축산물에 대해서는 검사를 확대하고, 앞으로 축산물 유래 병원균으로 문제시될 것으로 예측되는 캄피로박터균 등 세균 뿐만아니라 항생제 내성균이나 유해 잔류물질에 대해서도 확대 조사하는 등 축산업 전반에 걸친 모니터링이 지속적으로 수행되고 평가되어야 할 것이다.

V. 병원성미생물

2. 병원성미생물의 위험평가

식품안전성 위해를 관리하기 위해 식품 및 병원균 자체에 대한 전반적인 이해와 식중독에 의해 유발되는 상황과 공중보건에 영향을 미치는 요소에 대한 결정 등 식품의 안전성을 확보하기 위한 새로운 접근방법이 요구된다.

공중보건과 안전에 대한 위험성에 근거한 식품의 규격은 전 세계적으로 최상의 소비자 보호 정책을 구체화하고 안전한 식품의 세계교역을 대개하며, 무역장벽의 가능성을 줄이기 위하여 제안되어진다. WTO/ SPS협정(Sanitary and Phytosanitary)과 TBT(Technical barriers to Trade) 조약은 CODEX 규격과 연결되어 한 국가의 식품규격은 반드시 과학적인 근거가 있어야하고 무역장벽이 되지 않도록 보장되어야 한다.

미생물학적 위험 분석은 공중보건학적 예방을 보증하기 위한 전반적 목적을 가지는 위험 평가(risk assessment), 위험 관리(risk management), 위험 정보교환(risk communication)등 3가지 요소로서 구성되어 있는 과정이다. 과학적으로 충분히 보증하는 중요한 요소인 위험 평가는 국제무역 촉진과 소비자 예방을 증대시키기 위한 식품 안전성을 위한 표준, 지침 및 기타 권장사항을 확립하기 위하여 사용되고 있다.

1) 미생물학적 위험평가의 일반원칙

위험평가와 위험관리의 기능적 분리는 위험평가 과정에서 편견없이 평가하는 데 도움을 준다. 하지만 어떤 상호작용은 포괄적이고 체계적인 위험평가 과정을 위해 요구되어진다. 이것에는 위해의 순위결정이나 위험평가 정책결정이 포함된다.

위험관리의 초점은 위험평가를 고려하여야하며, 결정을 하는 과정은 투명해야한다. 위험평가 과정에서 관련단체의 참여는 위험평가의 투명성을 증진시킬 수 있으며, 부가적인 전문적 기술과 정보를 통하여 위험평가의 질을 증가시키며, 신뢰도를 증가시킴으로써 위험 정보전달을 촉진하고 위험평가의 결과를 채택할 수 있다. 과학적인 증거는 제



한되어져 있거나, 불완전 또는 모순되어질 수도 있으나 양질의 정보사용은 위험평가 수행시에 불확실성을 감소시키고 위험평가의 신뢰성을 증가시킬 것이다. 정량적 정보의 사용은 가능한 범위까지 촉진할 것이지만, 정성적 정보의 가치와 유용성을 감소시켜서는 아니된다.

미생물학적 위험 평가의 일반원칙은 아래와 같다.

- 1) 미생물학적 위험평가는 충분히 과학적으로 근거되어져야 한다.
- 2) 위험평가와 위험관리 사이에는 기능적으로 분리되어져야 한다.
- 3) 미생물학적 위험평가는 위해확인, 위해특성, 노출평가 및 위험 특성을 포함하는 구조적 접근방식에 따라 수행되어져야 한다.
- 4) 미생물학적 위험평가는 결과물인 위험 평가(risk estimate)의 형태를 포함한 실행 목적을 명확히 해야한다.
- 5) 미생물학적 위험평가의 수행은 투명해야한다.
- 6) 위험평가는 불확실성의 기술과 위험평가 과정 동안에 일어날 수 있는 불확실성을 포함하여야 한다.
- 7) 자료는 위험평가에서 불확실성을 결정할 수 있는 것이어야 한다. 즉 자료와 자료수집 체계화는 가능한 한 위험평가에서의 불확실성을 최소화하는데 충분하게 가치가 있고 정확성이 있어야한다.
- 8) 미생물학적 위험평가는 식품중의 미생물 성장, 생존, 사멸의 동적상황과 소비한 후 사람과 미생물 사이의 결과를 포함한 상호작용 뿐만 아니라 앞으로 전파의 잠재성을 명확하게 고려하여야 한다.
- 9) 가능한 한 위험평가는 독립적인 인체건강의 자료와 비교에 의하여 추가적으로 재평가되어야 한다.
- 10) 미생물학적 위험평가는 새로운 적절한 정보가 유용할 경우에 재평가되어야 한다.

V. 병원성미생물

2) 위험평가

위험평가는 식품매개 위해에 노출된 사람에서 초래되는 알려지거나 혹은 위험을 줄 해로운 효과를 과학적으로 평가하는 것으로 CODEX에 의해 채택된 위험평가의 구성은 다음의 4단계로 구성된다.

- 위해 확인(Hazard Identification)
- 위해 특성짓기(Hazard characterisation)
- 노출평가(Exposure assessment)
- 위험 특성짓기(Risk characterisation)

위험평가에는 질적평가(Qualitative)와 양적평가(Quantitative)의 두가지 방식이 있다. 이 두가지 평가방법은 모두 일관되고 체계적인 방법이지만 질적위험평가는 서술적인 방법(데이터, 시간 또는 자원이 한정되어있을 때)으로 유용한 정보를 평가하는 것이고 양적위험평가는 수적인 데이터의 수학적 분석을 포함한다.

위해확인(Identify)은 특정식품 또는 식품군에서 존재하고 인체의 건강장애를 야기할 수 있는 생물학적, 화학적, 물리적 요인을 확인하는 것이며, 위해 특성짓기(Identify)는 위해와 관련한 인체 건강장애의 특성에 관한 정량 또는 정성 평가로서 미생물학적 위험도 평가의 목적을 위한 관점은 미생물 또는 그들의 독소와 관련된다.

노출평가는 위험평가자에게 사람이 미생물 위해에 노출되고 섭취 가능한 균수 즉 빈도와 양에 대한 영향을 평가한다. 위험평가자는 식품 소비 양과 빈도에 관한 데이터를 모으고 이 데이터를 식품에 존재할 수 있는 병원체의 빈도와 양을 결정한다.

위험 특성짓기(Risk characterisation)는 여러가지 불확실성과 그리고 위해확인, 위해특성 및 노출평가에 기초하여 주어진 집단내에서의 인체건강장애의 일어날 가능성과 심각성을 포함하는 정량 또는 정성평가를 결정하는 과정이다.



식품중 미생물학적 위험평가는 위해확인(Hazard Identification), 위해특성짓기(Hazard Characterisation), 노출평가(Exposure Assessment), 위험 특성짓기(Risk Characterisation) 등 4가지 주요 단계를 거쳐, 식품위생 정책결정을 하는 위해관리자에게 과학적인 근거를 토대로 하여 분석한 자료의 제공과 식품에서 일어날 수 있는 위생문제에 예측 가능한 정보를 제공하여 위해관리자가 식품위생정책 수립에 기본 토대를 제공하여 궁극적으로 식품안전성을 확보하는 데 그 목적이 있다.

3. 병원성미생물 적정보호수준(ALOP)

1) 적정보호수준(ALOP)

식품중 미생물 기준은 기생충을 포함한 미생물의 유무 또는 부피, 중량, 면적 또는 롯트 단위당 미생물독소/대사물질의 양을 근거로 하여 제품 또는 식품 롯트의 수용가능성을 규정하는 것이다.

많은 국가에서 식품안전 규제 당국은 식품안전에 대하여 위해관리를 “생산에서부터 소비까지”의 접근방식을 채택하고 있다. 이 접근 방식은 식품 생산과정 전반에 걸쳐 적절한 지점에서 관리대책을 적용하여 가장 효율적이고 경제적인 방식으로 위해를 관리하는 목적을 달성하려는 것이다. 이러한 위해관리 대책의 결정으로 확보되는 소비자의 건강보호수준을 ALOP(appropriate level of protection)라고 한다.

위해평가에 근거한 식품 매개 위험과 관련하여 식품안전대책은 위해의 과학적 지식에 기초하여 정량적 또는 정성적인 관리 대책을 마련하여 위해감소를 목표로 인체건강 보호수준의 달성을 목적으로 한다. 식품 안전 대책의 평가 및 선정에서 가장 중요한 요소 가운데 하나는 평가 대상 위해관리 방안과 위해감소 또는 소비자 적정보호수준(ALOP)사이의 관계를 명확히 설정하는 것이다.

ALOP는 WTO/SPS 협정에서는 “사람, 동물 또는 식물의 생명이나 건강을 보호하기

V. 병원성미생물

위하여 위생 또는 검역 대책을 수립하는 회원국이 적절하다고 판단하는 보호수준”으로 정의되어 있다. ALOP 개념을 식품중의 “허용 위해 수준”이라고 부르기도 한다. 따라서 ALOP는 현재 식품 안전관리와 관련하여 달성되는 보호수준의 표현임을 인식하는 것이 중요하며, 그러나 현재 달성되는 소비자 적정보호수준은 변할 수 있으므로 새로운 기술이 개발되거나 시간이 지나면 ALOP도 수정되어질 수 있다.

식품 생산과정중의 특정단계에서 존재하는 위해관리에 대한 목표관리개념으로 FSO(food safety objectives), PO(performance objectives), PC(performance criteria) 등 구체적인 정량적 미생물학적 지표로 사용되고 있다. FSO는 ALOP성취에 기여하는 소비시점에서 식품중의 위험 최대 수준 또는 농도이며, PO는 ALOP성취에 기여하는 식품 생산단계중의 특정단계에서 위험 최대 수준 또는 농도를 말하고, PC는 성과목표 달성을 위하여 하나 이상의 관리대책을 적용함으로써 성취해야할 위험 수준 또는 농도를 말한다. 위해 평가에 근거한 이러한 정량적 미생물 지표는 위해관리에 유용할 수 있다. 식품 소비시점에서 확립된 FSO는 식품 생산과정 중의 다른 시점에 대하여 미생물학적 목표를 결정하는데 참고가 될 수 있다.

식품생산 공정기준과 제품의 기준은 PO 달성을 위해 적용할 수 있는 단계의 물리적 관리대책(예, 시간, 온도관리, pH, 수분활성도 등)이다. 이러한 공정기준과 제품기준은 필요한 수준의 미생물학적 관리가 일관되게 달성되는 지를 검증해야한다. 또한 예로서 우유의 저온살균 공정은 허용 수준의 소비자 보호를 달성하는 데 필요한 기준보다 더 엄격하게 적용될 수 있다.

하지만 식품안전성은 식품의 생산, 가공, 취급, 유통, 저장, 판매, 조리 및 소비하는 전 과정동안 HACCP과 적정위생규범(Good Hygienic Practices)을 적용함으로써 보장된다. 식품안전성을 평가하기 위한 미생물검사의 효율성에는 한계가 있기 때문에, 이 예방적 차원의 접근방법은 미생물검사보다 효과적인 관리가 가능함을 간과해서는 아니 된다.



2) 식품중 미생물기준의 적용원칙

미생물기준은 적정보호수준(ALOP) 등 과 일치하는 지를 확인하고 검사하기 위해서 적용한다. 기준 적용시 소비자에게 제공되는 적정보호수준(ALOP)이 향상될 것으로 예측되는 경우에 제품 및 식품제조유통 단계에 강제적으로 미생물기준을 적용하여야 한다. 미생물기준은 필요성이 분명하고, 그 적용이 실제적인 경우에만 설정되고 적용되어야 한다. 미생물기준의 목적을 달성하기 위하여 건강에 실제로/잠재적으로 위해하다는 증거, 가공전 원료의 미생물 수준, 식품중 미생물수준에 대한 가공효과, 식품의 사용목적 등이 고려되어야 한다.

기준에 포함된 미생물은 특정 식품 및 가공과정중에 병원균, 지표미생물, 부패미생물로서 관련 있음이 광범위하게 인정된 것이어야 하며, 그 중요성이 의문시되는 미생물은 기준에 포함되어서는 아니된다. 식품매개성질환을 유발하는 미생물(예; *C. perfringens*, *S. aureus*, *V. parahaemolyticus*)의 유무검사와 같은 단순한 결과에 의해 검출되었다는 사실이 반드시 공중보건에 유해함을 나타내는 것은 아니다. 병원균이 직접적으로 확실하게 검출되었을 경우, 병원균에 대한 검사가 지표미생물 검사대신에 사용되어야 한다. 만일, 지표미생물 검사가 수행될 경우 검사가 만족스럽지 못한 제조관행을 적발하기 위해 사용되었는지, 또는 건강상 위해를 발견하기 위해 사용되었는지에 대한 분명한 전제가 있어야 한다.

3) 우리나라의 미생물기준

(1) 축산식품의 일반기준

식품일반에 대한 공통기준 및 규격은 식품공전이나 축산물가공처리법에 의해 동일기준을 적용하고 있다. 식육(제조, 가공용 원료를 제외한다), 살균 또는 멸균 처리하였거나 더 이상의 가공, 가열조리를 하지 않고 그대로 섭취하는 가공품에서는 특성에 따라 살

V. 병원성미생물

모넬라균(*Salmonella* spp), 황색포도상구균(*Staphylococcus aureus*), 장염비브리오균(*Vibrio parahemolyticus*), 크로스트리디움 퍼프린젠스(*Clostridium perfringens*), 리스테리아 모노사이토제네스(*Listeria monocytogenes*), 대장균 O157:H7(*Escherichia coli* O157:H7) 등 식중독균이 검출되어서는 아니된다.

(2) 통·병조림축산물 및 레토르트가공품의 성분규격

세균발육 음성이어야 한다.

(3) 축산물 가공품별 기준 및 규격

유가공품, 식육가공품, 알가공품 등 축산물 가공품별로 지표 미생물 및 병원성미생물에 대한 기준은 차이가 있으므로 축산물의 가공기준 및 성분규격(농식품부고시)에 준하여 적용되어야 한다.

4) 미생물기준 설정을 위한 결정도

(1) 미생물기준 및 시료채취 계획

- 건강 위해의 정도와 관련한 시료채취계획 전략



용도(utility) 및 건강위해와 관련한 관계(concern)의 정도	식품이 일반적 과정에서 시료채취 후 소비되고 취급될 것으로 기대하는 조건 ¹⁾		
	관계정도에서 감소되는 조건	관계에서 변화가 없는 경우	관계에서 증가될 수 있는 조건
건강위해와 직접적으로 관련없음 용도(보존기간 및 부패)	보존기간 증가 Case 1 3 Class : n=5, c=3	보존기간 변화 없음 Case 2 3 Class : n=5, c=2	보존기간 감소 Case 3 3 Class : n=5, c=1
건강위해(간접) 낮음 (지표미생물)	위해 감소 Case 4 3 Class : n=5, c=3	위해 변화 없음 Case 5 3 Class : n=5, c=2	위해 증가 Case 6 3 Class : n=5, c=1
건강위해 (직접) 중정도, 제한적 전파	위해 감소 Case 7 3 Class : n=5, c=2	위해 변화 없음 Case 8 3 Class : n=5, c=1	위해 증가 Case 9 3 Class : n=10, c=1
중정도, 광범한 전파	Case 10 2 Class : n=5, c=0	Case 11 2 Class : n=10, c=0	Case 12 2 Class : n=20, c=0
심함(severe)	Case 13 2 Class : n=15, c=0	Case 14 2 Class : n=30, c=0	Case 15 2 Class : n=60, c=0

주 1) 시료채취계획은 감수성 집단에 대한 민감한 음식에 대해서 보다 증가됨

n = 검사 시료단위의 수

c = 허용될 수 있는 결점 있는 시료단위의 수

※ 식품이 매우 감수성이 높은 사람을 위하여 특별히 의도되었을 경우에는 시료의 수 또는 샘플크기가 증가될 필요성이 있을 것이다.

(2) 지표미생물기준의 확립

질문 1 기준은 식품 생산부위에서 적용되는 것입니까?

예 아니오 → 질문 2 식품의 기원은 알려져 있습니까?

↓ 예 아니오 → 질문 5

↓

질문 3 적용되고 검증될 것으로 기대되는 GHP(good hygenic practice) 및 HACCP은 있습니까?

V. 병원성미생물

예 아니오 → 질문 5

질문 4 기준은 공식적인(official) 관리를 위해 사용되어집니까?

예 아니오 → 생산자의 자가관리기준을 위해 필요한 것으로 간주

질문 5 이 식품에 있어서 건강에 대한 위험성의 증거가 있습니까

예 아니오 → 확립되어야 미생물기준이 없음

질문 6 기준의 적용은 공중보건의 이익을 위한 것인가?

예 아니오 → 확립되어야 미생물기준이 없음

질문 7 저장, 유통, 준비(제조; preparaton), 또는 사용동안 부적합(불허용)으로 증식될 가능성이 있는가?

예 아니오 → Case 5 (변화없음)

질문 8 저장, 유통, 준비(제조), 또는 사용동안 적합(허용)으로 감소될 가능성이 있는가?

예 아니오 → Case 6

질문 9 소비전에 미생물이 사멸되는 것을 보증하는가?

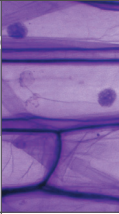
예 아니오 → Case 4

↓

확립되어야할 미생물기준 없음

(3) 병원성 미생물기준의 확립

질문 1 기준은 식품 생산부위(제품)에서 적용되는 것입니까?



예 아니오 → 질문 2 식품의 기원은 알려져 있습니까?

↓ 예 아니오 → 질문 5



질문 3 GHP(good hygenic practice) 및 HACCP가 적용되고 검정되고 있습니까?

예 아니오 → 질문 5

질문 4 기준은 공식적인(official) 관리를 위해 사용되어 집니까?

예 아니오 → 생산자의 자가관리기준을 위해 필요한 것으로 간주

질문 5 이 식품에 있어서 건강에 대한 위험성의 증거가 있습니까

예 아니오 → 확립되어야 미생물기준이 없음

질문 6 기준의 적용은 공중보건 이익을 위한 것인가?

예 아니오 → 확립되어야 미생물기준이 없음

질문 7 저장, 유통, 준비(제조), 또는 사용 동안 부적합(불허용)으로 증식될 가능성이 있는가 ?

예 아니오 → Case 8, 11, 또는 14 (변화없음)

질문 8 저장, 유통, 준비(제조), 또는 사용동안 적합(허용)으로 감소될 가능성이 있는가?

예 아니오 → Case 9, 12, 또는 15(부적합으로 증식될수 있음)

질문 9 소비전에 미생물이 사멸되는 것을 보증하는가?

예 아니오 → Case 7, 10, 또는 13(위해정도가 감소될 수 있음)



확립되어야할 미생물기준 없음

V. 병원성미생물

4. 주요 병원성미생물의 특성

1) 식중독 세균

(1) 살모넬라균(*Salmonella* spp.)

① 특징

살모넬라균은 사람, 포유류, 설치류, 조류 등과 야채, 토양, 물 등에 광범위 분포되어 있는 세균으로, 사람에게 특이성이 있는 장티푸스균이나 파라티푸스 A 이외에 약 2,500여 종의 균형이 있으며, 특히 *S. typhimurium*, *S. enteritidis* 등이 주로 식중독을 일으키는 균형이다.

일반적으로 식품 g당 살모넬라균 103~108 CFU이 오염된 식품을 섭취할 경우 식중독을 일으킬 수 있다.

② 오염경로 및 원인식품

쇠고기, 돼지고기, 닭고기 및 계란 등이 주요 원인식품이며, 우유, 유가공품, 어패류, 샐러드, 마요네즈 등도 원인이 될 수 있다. 살모넬라식중독의 원인식품이 모두 비가열식품이 아니라 가열한 조리식품도 원인식품이 될 수 있으며 이는 가열이 충분치 못하였거나 2차 오염에 기인된 것이다.

③ 증상

건강한 사람의 경우는 설사를 일으키지 않는 경우가 많으며 살모넬라균이 식품을 통해 침입되면 이상 증식하여 식중독 증상을 나타내게 된다. 잠복기는 6~36시간(보통 12~24시간)이고, 지속기간은 1~7일이다. 주요 증상으로는 고열, 복통과 더불어 두통, 구역질, 구토, 설사 등이며 어린이의 경우 탈수가 심할 수 있다.

④ 예방관리

살모넬라균은 우리 주변 환경에 널리 분포되어 있기 때문에 인위적으로 모든 살모넬라균을 제거하기란 불가능한 상태이다. 따라서 식품으로부터 이 균을 증식시키지 않기 위



하여 저온유통 및 보존을 철저히 함으로써 살모넬라의 증식을 억제하는 것이 가장 바람직한 수단이다.

축산물을 63℃에서 30분 이상 가열·조리하여 섭취하고, 조리 후 특히 쥐나 파리, 바퀴 등에 의한 식품오염에 주의하여야 한다. 축산물은 조리 후 바로 먹을 수 있도록 하고 장기간 보존하지 피해야 한다.

식육이 가장 중요한 오염원이지만 애완동물, 건강보급자 등에 의해 오염되기도 하므로 식품취급자 자신이 오염매개체가 되지 않도록 각별한 주의를 기울여야 한다.

(2) 병원성대장균 (Pathogenic Escherichia coli O157:H7)

① 특 징

대장균은 사람과 같은 온혈동물의 장내에 상재하는 세균으로 대장과 분변에 주로 존재하므로 그 명칭이 유래되었다. 병원성 대장균은 일반 대장균과 달리 혈청학적으로 항원성의 차이가 있다. 즉 균체항원(O항원), 협막항원(K항원), 편모항원(H항원)의 특이성에 의해 구별하며, 주로 O항원의 특이성에 따라 구별한다. O항원은 균체의 표면에 있는 세포벽의 성분인 직쇄상의 당 분자(Lipopolysaccharide)의 당의 종류와 배열방법에 따라 분류한다. H항원은 편모부분에 존재하는 아미노산의 조성고 배열방법에 따른 분류이다. 대장균은 O항원 약 170여종, H항원 60여종이 발견되어 이들 항원의 조합에 따라 약 2,000여종으로 분류할 수 있다.

대장균의 대부분은 병원성이 없으나 일부 대장균에 있어서는 사람에게 해를 줄 수 있는 종류들이 있다. 병원성 대장균은 독신, 부착인자의 생산능력, 임상증상 등을 기초로 하여 장병원성 대장균(Enteropathogenic E. coli ; EPEC), 장독소원성 대장균(Enterotoxigenic E. coli ; ETEC), 장침입성 대장균(Enteroinvasive E. coli ; EIEC), 장출혈성 대장균(Enterohemorrhagic E.coli ; EHEC) 등 4가지 주요 균으

V. 병원성미생물

로 분류한다. 병원성 대장균 O157:H7은 장출혈성 대장균의 일종으로 병원성과 관련되는 장벽부착 유전인자(eaeA)를 가지고 있고, 베로독신을 산생한다.

| 병원성 대장균의 특성 |

특 성	병 원 성 대 장 균			
	ETEC	EPEC	EIEC	EHEC
독신(toxin)	이열성 및 내열성 독신 (LT/ST)	베로독신 (Verocytotoxin)	-	베로독신 (Verocytotoxin)
장관침입성	-	-	+	-
설 사	수양성	수양성 및 혈액성	점액 및 혈액성	수양성 및 심한 혈액성
열	낮음	+	+	-
용혈성 요독증	-	-	-	+
주요감염장관	소 장	소 장	대 장	대 장
주요 혈청형	O6:H16, O8:H9 O11:H27 O20:H- O25:H42 등	O20:H26 O26:H-, O55:H6 O86:H27 O111:H2 등	O28:H- O124:H30 O136:H- O143:H- O159:H- 등	O4:H- O26:H11 O91:H19 O111:H- O157:H7 등
감염량 (Infective dose)	29종 이상 많은량	37종 이상 많은량	12종 이상 적은량	26종 이상 적은량



② 오염경로 및 원인식품

병원성 대장균은 소·돼지·사슴 등의 장내에 존재하며, 도축과정 등을 통하여 육류에 오염되며, 또한 물, 환경 또는 채소류 등에도 오염되어 있으며, 장출혈성 대장균의 경우 식품g당 10~100 CFU가 오염된 식품을 섭취할 경우 식중독을 일으킬 수 있다.

병원성 대장균 O157:H7 감염증의 전염은 오염된 축산물 섭취, 사람에서 사람 및 물 등의 환경으로 부터 전염된다. 식중독 발생은 대부분 같은 고기나 햄버거를 먹은 후 발생되며, 이외 소시지, 원유 등 축산식품과 사과주스, 물, 채소류 등 다양한 식품이 원인이 된다.

③ 증 상

장출혈성 대장균의 잠복기는 보통 1~3일이며, 출혈성 대장염을 일으켜 복통?구토?혈변성 설사 등을 일으키며 지속기간은 2~9일이다. 어린이나 노약자 또는 면역력이 저하된 사람에게는 용혈성요독증(溶血性 尿毒症)을 일으켜 신장장애, 출혈, 빈혈 등으로 사망하기도 한다.

○ 출혈성 대장염(Hemorrhagic Colitis :HC)

출혈성 대장염은 복벽의 경련, 혈변, 장점막의 부종이 특징이며, 열은 거의 없다. 증상은 24시간 이내에 수양성 설사로 시작하고 혈변성 설사가 2-4일 동안 지속되고, 보통 2-9일 후에 임상증상은 사라진다. 치명적인 감염은 유아나 면역이 저하된 사람에서 일어날 수 있다.

○ 용혈성 요독 증후군(Hemorrhagic Uremic Syndrome:HUS)

주로 유아나 면역이 저하된 사람, 종종 여자에게서 일어나는 중증의 합병감염증으로서 출혈성 장염 후에 신장계통에 독신이 침투하여 급성의 신장장애를 일으킨다. 이는 미세혈관의 출혈로 인한 빈혈과 합병작용으로 혈소판 감소증이 일어나며, 일반적으로 환자는 상태가 심하다

V. 병원성미생물

- 혈전성 혈소판 감소성 자반병(Thrombotic Thrombocytopenic Purpura:TTP)
성인 환자에서의 합병증은 중추신경계통의 증상을 동반한다. 증상은 미세혈관 출혈성 빈혈, 혈소판 감소증, 열, 신경이상 등이 나타난다. 뇌에서 혈액응고가 나타나고, 종종 죽음에 이른다.

④ 예방관리

가축에서는 도축시 식육의 분변 오염에 대한 철저한 도축장 위생관리 및 지도를 실시하고, 목장에서의 착유위생 관리와 물 등의 환경위생관리가 중요하다.

대장균은 분변에 오염된 물에 의해 전파되는 것으로 알려져 있으므로 농장, 도축장, 도시 하수에 대장균이 많이 오염될 수 있으므로 음수관리를 철저히 해야 한다. 사람에서의 예방은 쇠고기의 생식을 금지하고, 2 차감염 예방을 위한 환경 위생관리가 중요하다.

식품에서 병원성 대장균 O157:H7의 방제에 중요한 조치는 섭취전에 가열과 가공과정의 위생적인 처리이다. 축산물은 중심온도가 63℃에서 30분 또는 72℃에서 30초간 가열·조리하여 병원성 대장균을 사멸하여야 하며, 손을 청결하게 하고 식품재료와 기구를 깨끗이 씻어야 하고 조리 뒤에는 바로 먹어야 한다.

병원성 대장균 O157:H7에 의한 감염을 막기 위해서는 유아나 면역이 약화된 사람은 절대로 원유나 생고기, 덜 익힌 고기를 먹어서는 안 된다. 물은 대장균균수와 대장균의 존재를 정기적으로 관리함으로써 음수위생을 확고히 해야 한다.

(3) 리스테리아 모노사이토제네스(*Listeria monocytogenes*)

① 특 징

리스트테리아균(*Listeria monocytogenes*)은 토양, 목초, 동물의 분변, 물 등 자연계에 흔히 존재하며, 소, 돼지, 면양, 산양 등에 오염되어 있다. 이 균은 동물에는 큰 영향을 끼치지 아니하지만 사람에게는 식품 등을 통하여 전염되어 리스테리아증(*Listeriosis*)



이라는 심각한 식중독을 유발한다. 이 균은 30~37℃에서 잘 증식(增殖)되지만 10℃ 이하에서도 발육하는 저온 세균의 일종으로 식품의 유통 및 보존에서도 철저히 관리되어야 한다.

② 오염경로 및 원인식품

동물에 상재하고 있는 리스테리아균은 부적절한 식품의 취급·처리 및 비 위생적인 물의 사용 등으로 식품에 오염된다. 이 균은 광범위하게 자연계에 존재하는 세균이기 때문에 원인 식품은 다양하다. 우유, 유제품, 식육가공품, 야채 등이 주요 원인식품이며 또한 저온보존에서도 서서히 증식하기 때문에 냉장 및 냉동보존 식품이 대부분의 원인을 차지한다.

③ 증 상

잠복기는 1~7일(통상 48시간)이며 건강한 사람은 증상이 없거나 가벼운 열, 복통, 설사, 구토 등을 일으킨다. 하지만 면역력이 약한 노약자나 임산부의 경우에는 패혈증, 뇌수막염 또는 유산을 일으킬 수 있다.

④ 예 방 법

리스테리아균은 자연환경에 널리 분포하고 있어서 근본적으로 식품에 오염방지에는 많은 어려움이 있으나 식품을 제조하거나 취급하는 자가 위생적으로 처리·취급한다면 위해를 최소화 할 수 있다.

냉장온도에서도 생존하여 -4.5℃(24℉)에서 서서히 증식할 수 있으나 일반적으로 냉동온도인 -18℃(0℉)에서는 증식하지 못하므로 보관온도에 주의하여야 한다. 축산물은 63℃에서 30분 또는 72℃에서 30초간 가열·조리하여 섭취하여야 한다.

식품을 취급할 경우 손을 청결하게 하고 식품재료와 기구를 깨끗이 씻어야 하며, 조리 뒤에는 바로 먹어야 한다. 교차오염을 방지하기 위하여는 식품구매·전처리·조리·저장과정 중 조리식품과 조리하지 아니한 식품을 분리하여 보관·취급하여야 한다.

V. 병원성미생물

(4) 황색포도상구균(Staphylococcus aureus)

① 특 징

황색포도상구균은 동물, 사람, 환경 등 자연계에 널리 분포하고 있으며 건강한 사람의 피부에도 존재하고 있으며, 식중독뿐만 아니라 피부의 화농·중이염·방광염 등 화농성질환을 일으키는 원인균으로 우리나라에 있어 살모넬라식중독 및 장염비브리오식중독 다음으로 많이 일어나는 식중독이다. 황색포도상구균은 비교적 열에 강한 세균이지만 80℃에서 30분에 사멸되나 황색포도상구균이 생산한 장독소(Enterotoxin)는 100℃에서 30분간 가열하여도 파괴되지 않는다.

② 오염경로 및 원인식품

황색포도상구균은 자연계에 널리 분포되어 있고 여러 종류의 식품에서 증식가능하기 때문에 그 원인식품은 매우 다양하다. 식생활 행태의 차이에 따라 원인식품이 서로 다르지만 일반적으로 곡류 및 가공품, 복합조리식품, 유제품 등에서 가장 많이 발생되고 있다. 축산물의 경우에는 우유, 유제품, 육류 및 식육가공품이 원인이 된다.

오염된 식품을 장기간 보관할 때 발생할 수 있으며 이 균에 오염된 손으로 조리할 경우 식품에 오염되며, 특히 조리하는 사람의 손에 상처가 있을 경우 식품에 오염될 확률이 높다. 이 균의 독소는 열에 매우 강하여 끓여도 파괴되지 않기 때문에 감염형식중독과 달리 열처리한 식품을 섭취할 경우에도 식중독이 발생할 수 있다.

③ 증 상

잠복기는 1~6시간(통상 3시간)이며 구역질, 복통, 설사, 탈수, 맥박 이상 등이 나타나며 대부분 24시간 이내에 회복하지만 탈수 증상이 있으면 치료를 받아야 한다.

④ 예 방 법

황색포도상구균 식중독을 예방하기 위해서는 가능한 원료의 오염방지과 함께 충분한 열처리 및 신속한 섭취가 가장 중요하며, 부득이 조리식품을 보존하여야 할 경우 5℃



이하의 저온에 보관하여 포도상구균의 증식을 억제하여야 한다. 식품취급자의 청결을 유지하여야 하며, 상처가 있을 경우에는 직접 조리를 하지 말아야 한다.

(5) 캄피로박터(Campylobacter jejuni/coli)

① 특 징

캠필로박터균(Campylobacter jejuni/coli)은 동물의 장내 및 하천 등 자연계에 분포하고 있는 세균으로 미호기성균으로 5~10%의 산소, 30℃이상의 온도에서 주로 증식(增殖)한다. 이 균의 감염량은 식품 g당 $5 \times 10^2 \sim 10^6$ CFU 으로 알려져 있다.

② 오염경로 및 원인식품

닭고기, 쇠고기, 돼지고기 등 식육이 원인 식품인 경우가 많고, 생유(生乳)와 물 등으로 감염된 사례도 있으며, 애완동물 및 쥐 등도 이 균을 보균하고 있어 이들로부터 감염된 경우도 있다.

③ 증상

잠복기는 2~7일(통상 3~5일)이며 설사, 복통, 발열, 두통, 구역질, 권태감 등의 가벼운 증상을 나타내며 지속기간은 수일에서 길게는 수개월까지 지속될 수도 있다.

④ 예 방 법

일반적으로 식육에 많이 오염되어있으므로 식육으로부터의 기타 식품에의 2차 오염을 방지하여야 한다. 특히 냉장고의 저온조건에서도 균의 생존이 가능하므로 보관 시 주의가 요구된다. 특히, 식육을 냉장 보관할 경우 육즙이 다른 식품에 스며들거나 떨어지는 일이 없도록 용기나 포장비닐에 넣어 보관하여야 한다.

조리 시에 식육의 중심온도를 63℃에서 30분 이상 되게 가열하여 하며, 조리 시 손을 깨끗이 씻고 기구는 살균하여 사용한다. 보존 시 식육과 기타 식품은 분리하여 보관하여야 하고, 물중에서도 장기간 생존이 가능하므로 음수는 충분히 끓여야 한다.

V. 병원성미생물

(6) 클로스트리디움 보툴리눔(*Clostridium botulinum*)

① 특 징

보툴리눔(*Clostridium botulinum*)균은 토양에 넓게 분포하고 있어 통조림, 진공포장 식품 등 산소가 포함되지 않은 식품 중에서 증식(增殖)하고 강한 독소를 만든다. 열에 강하여 가열·조리하여도 쉽게 죽지 않는 세균이다. A~F형까지 6가지 균종이 있으며 A, B, E형이 식중독을 일으킬 수 있다.

② 오염경로 및 원인식품

통조림 식품이나 진공포장된 식품으로 옥수수 통조림, 훈제고기 통조림, 햄·소세지 통조림 등이 주요 원인식품이다.

③ 증 상

잠복기는 2~4시간 내지 12~36시간이며 구토, 변비 등이 일어나며 특징적으로 탈진감, 권태감, 현기증을 일으키고 증상이 심하면 시력저하가 오거나 물건이 두 개로 보이며 걷는 것이 어려워진다. 매우 심한 경우에는 호흡곤란으로 사망할 수도 있으며 발열은 없다.

④ 예 방 법

야채류는 세척하고 분변(糞便)이 식품에 오염되지 않도록 하여야 한다. 통조림 제품 등을 생산할 경우 위생적이고 신선한 재료를 사용하여야 하며, 제품을 열었을 때 악취가 나면 섭취하지 말아야 한다. 또한 가열·조리하여 섭취하고 저온보존(5℃) 한다.

(7) 클로스트리디움 퍼프린젠스(*Clostridium perfringens*)

① 특 징

클로스트리움균(*Clostridium perfringens*; Welchii균)은 흙과 물 등 자연계에 존재



하며, 건강한 사람의 변(便)에 있고, 특히 소, 닭, 어류가 보균율이 높다. A~F까지 6가지형이 있으며 이중 F형은 중증(重症)이며 발생율이 높다.

② 오염경로 및 원인식품

식육과 어패류를 사용한 식품이 원인이 되며 고기 튀김 등을 상온에서 방치해 두면 이균이 증식한다. 스프, 카레, 육즙 등은 주의해야한다.

③ 증 상

잠복기는 2~3시간 내지 8~20시간(평균 12시간)이며 설사, 구토를 일으키며 대부분은 1~2일이 지나면 회복된다. 하지만 심한 설사(출혈), 탈수 등을 동반할 경우 사망하는 경우도 있다.

④ 예 방 법

식육 및 어패류 식품을 실온에서 방치하지 말아야 하며, 냉동육은 완전히 해동한 후 가열·조리하여야 한다. 조리한 후 바로 섭취하고 저온 보관하고 보관 후 다시 먹을 경우 재가열하여야 한다.

(8) 장염비브리오(Vibrio parahaemolyticus)

① 특 징

장염비브리오균(Vibrio parahemolyticus)은 그람 음성의 간균이며, 통성혐기성균(27~37℃)이며, 포자를 형성하지 않는다. 편모가 1개 있어 운동성이 있으며, 식염 농도 2~5%에서 잘 증식하는 호염성균(halophilic)으로 주로 어패류와 바다 물에 존재한다. 최적 증식온도는 27~37℃이며, 10℃ 이하에서는 잘 증식하지 않는다. 최적 pH는 7.4~8.2이며 분열시간이 10분 정도로 매우 짧아 빠르게 증식하며 감염형 식중독을 일으킨다.

V. 병원성미생물

② 오염경로 및 원인식품

장염비브리오의 주 원인식품은 해산 어패류이다. 회나 초밥 등이 원인식품인 경우가 많으며, 그 외에도 도시락 등의 복합조리식품을 통해서도 식중독이 발생한다. 감염량은 식품 g당 103-107개(약 105CFU이상)인 것으로 알려져 있다.

장염비브리오는 호염성 해수세균이므로 여름철 연안해수(수온 20℃)와 개펄에 많이 분포하며, 여기서 잡은 어패류가 장염비브리오에 오염되어 있을 가능성이 크다. 또 오염된 어패류로부터 2차 오염된 조리기구, 손, 행주 등도 식중독 발생의 원인이 될 수 있다.

③ 증 상

장염비브리오의 잠복기는 평균 10시간으로 오염된 식품을 섭취한 후 8~20시간 사이에 식중독이 발생한다. 주요 증상은 복통(상복부통), 설사, 구토 등의 급성 위장염이다. 대개 심한 상복부 통증으로 시작하여 구역질, 구토, 설사가 나타난다. 설사는 반드시 수반되며, 심한 수양변을 보이기도 한다. 이따금 혈변을 보기도 한다. 발열 증상(37℃~38℃)은 나타날 수도 있고, 없을 수도 있으며 지속기간은 2-5일이며, 심한 경우 사망에 이를 수도 있다.

④ 예 방 법

이 균은 여름철(7월-9월) 연안해수에서 많이 분포하므로 이 시기의 어패류는 신선한 것이라도 균 오염 가능성이 높다. 따라서 어패류를 취급한 후에는 조리기구와 손 등을 통해 2차 오염이 일어나지 않도록 주의해야 한다.

민물로 씻거나 식초를 사용하는 것도 유효하다. 또 열에 약하기 때문에 섭취하기 전에 철저히 가열(65℃, 30분이상)하는 것이 좋다. 다른 세균에 비해 빠르게 증식하는 특성을 가지고 있으므로 조리한 식품은 가능한 빨리 섭취하고, 어패류 등의 식재료는 냉장 또는 냉동 보존하여야 한다.



(9) 여시니아 엔테로콜리티카(*Yersinia enterocolitica*)

① 특 징

여시니아균은 자연계에 널리 분포되어 있는 세균으로 여러 종류가 있으나 식품오염을 통하여 식중독을 일으키는 균은 *Yersinia enterocolitica*이다. 이 균은 가축이나 야생 동물의 장내세균으로 특히 식중독을 일으키는 *Y. enterocolitica*의 주요 보균동물은 돼지이다.

일반적으로 식중독은 기온이 높은 초여름부터 초가을에 걸쳐 발생률이 증가하지만 여시니아균은 저온에서 발육하는 특성을 가지고 있기 때문에 초가을부터 겨울에도 발생할 수 있으므로 연중 주의해야 한다.

② 오염경로 및 원인식품

여시니아균은 22~29℃의 실온에서 가장 잘 자라지만 냉장온도(최저발육온도 -1.3℃)에서도 생육이 가능하고 산소유무에 상관없이 생육가능하기 때문에 냉장·진공포장된 식품에서도 생육이 가능하다.

주요 원인식품은 오염된 식품(특히 털 익은 돼지고기) 및 살균하지 않은 우유 또는 끓이지 않은 물이며, 대합, 생선류 등도 관련식품이다. 때로는 감염된 동물과의 접촉으로도 감염을 일으킬 수 있으며, 또한 식품가공·조리 취급자의 비위생적인 취급 또는 저장 중에도 여시니아균이 오염될 수 있다.

③ 증 상

여시니아는 보통 1~7일(길게는 10일 미만)의 잠복기를 거쳐 맹장염과 유사한 복통과 고열을 일으키며 설사, 구토, 메스꺼움이 동반되기도 하나 대개 1~2주 내 회복한다.

④ 예 방 법

여시니아균은 열에 약하기 때문에 이 식중독을 방지하는 가장 좋은 방법은 충분한 가



V. 병원성미생물

열·조리이다. 우유는 반드시 가열처리된 것을 섭취하여야 하며, 돼지고기는 완전히 익혀서 섭취하여야 한다. 여시니아균은 저온 조건에서도 생육이 가능하며, 물중에서는 장기간(4℃의 물에서 18개월) 생존이 가능하므로 냉장보관시도에도 주의해야 한다.

여시니아균은 일반적으로 식육에 많이 오염되어 있으므로 식육의 육즙이 다른 식품에 스며들거나 떨어지는 일이 없도록 식육을 보관할 때는 용기나 포장비닐에 넣어 냉장 보관해야 한다. 사용한 조리기구 등(도마, 칼, 행주 등)은 충분한 세척·살균 후에 사용하여야 하며, 특히, 먹기 직전의 음식(예: 김치, 샐러드 등)에 재사용하지 않아야 한다.

(10) 바실러스 세레우스(Bacillus cereus)

① 특 징

베실러스균(B. cereus)은 자연계에 널리 분포하고 있으며, 그람 양성의 대형 간균으로, 편모가 있어 운동성이 있다. 포자를 형성하여 열에 대한 저항성이 강하며, 산소 조건에서 잘 증식하는 호기성 세균으로 구토 및 설사와 관련된 2가지 유형의 독소가 있다.

② 오염경로 및 원인식품

조리 후 냉각과정 동안 수 시간 상온에 방치할 경우 고기, 야채, 쌀, 스프 등에서 포자의 발아로 세균이 증식된다. 특히 볶음밥 등의 쌀밥과 스파게티, 면류 등의 소맥분으로 된 식품류가 주요 원인식품이다.

③ 증 상

식중독 증상은 설사형과 구토형으로 구분할 수 있으며, 설사형의 잠복기는 대략 10~12 시간, 구토형의 잠복기가 1~5시간이다. 심한 경우 심내막염, 패혈증, 화농성질환 등을 야기할 수 있으나 다른 식중독에 비해 증세가 비교적 경미하다. 감염량은 10⁶ CFU/g 이상이며, 균의 이상증식으로 발생한 독소가 혈관의 수분 투과율을 상승시켜 설사를 일으킨다.



④ 예 방 법

조리시 충분히 가열살균하고, 조리 후 상온에서 장기 보관하지 않도록 하며(장기 보관 시 냉장 요망), 음식 제공시 74℃ 이상으로 재가열하거나 60℃ 이상 으로 보온을 유지 하여야 한다.

대부분의 식중독 사건은 원인식품을 일단 가열조리한 후 상온에서 보관하였다가 식사 시 재가열하거나 일부 재료를 추가하여 조리한 경우에 발생하므로, 충분히 가열하고 장 시간 보관하지 않으며, 보관이 필요한 경우 냉장보관 하는 등의 기본적인 위생 수칙을 준수하는 것이 중요하다.

(11) 엔테로박터 사카자키(Enterobacter sakazakii)

① 특 징

엔테로박터 사카자키는 장내세균(Enterobacteriaceae)에 속하는 세균으로 인간과 동물의 내장, 환경에서 발견되며, 특히 영유아에게서 뇌막염 또는 장염을 일으키는 것으로 알려져 있다.

② 오염경로 및 원인식품

엔테로박터 사카자키균은 건강한 사람의 장에서 간헐적으로 검출되며, 동물의 장이나 환경에서도 검출된다. 영아용 조제분유에 의해 식중독을 일으킨다. 엔테로박터 사카자키균이 영아용 조제분유에 오염되는 경로는 조제분유 생산에 사용되는 원료물질(raw material)을 통하거나 살균공정 이후 조제분유나 기타 건조원료의 오염 또는 수유 직전 양육자에 의해 조제분유가 오염된 경우이다.

③ 증 상

엔테로박터 사카자키균 감염으로 인한 사망률은 20%~50%로 보고되고 있다. 엔테로박터 사카자키균에 감염되면 신경계에 장기적 영향을 미쳐 중증의 수막염이나 뇌염을 일

V. 병원성미생물

으킬 수 있다.

④ 예 방 법

살균된 액상 조제분유를 먹이거나 영아용 조제분유를 준비하는 과정에서 엔테로박터 사카자키균에 오염이 발생하지 않도록 해야 한다. 보관시간(조제분유의 희석과 섭취 시간 간격)과 희석한 분유의 수유시간을 줄이는 것이 영아의 감염 위험을 크게 줄일 수 있다

2) 바이러스

(1) 노로바이러스(Norovirus)

① 특 징

Norovirus(Norwalk virus)는 성인의 위장염을 일으키는 대표적인 바이러스이며, Calicivirus와 관련이 있는 것으로 추정되는 소구형 바이러스(SRSV; Small round structured virus)로 최근에 Norovirus로 명명되었다. 영아나 소아에서 바이러스성 위장염의 원인체로는 Rotavirus, Adenovirus, Calicivirus, 또는 Astrovirus 등이 있고, 성인에도 바이러스성 위장염의 원인체로 주목받는 것은 Norovirus와 이와 유사한 SRSV(Norwalk-like virus)가 있다.

② 오염경로 및 원인식품

노로바이러스는 사람의 분변이 원천이며, 오염된 얼음, 물(호수, 수영장), 어패류(대합, 굴 등) 등이 원인이 된다. 전과양식은 설사 분변의 경구감염, 음식물에 의한 매개성 전파이다.

③ 증 상

잠복기는 1~2일이며, 메스꺼움, 구토, 설사, 복통 등을 주요 증상으로 하며, 두통, 전신



적인 권태감을 동반하지만 발열은 거의 없고(미열), 보통 24-60시간 지속된 후 회복되며, 드물게 다량의 설사로 탈수증상을 일으켜 중증의 예도 보인다.

④ 예방법

식품 위생관리에 충분히 주의를 해야 하며, 설사를 하는 사람은 식품의 조리나 가공에 종사하지 않도록 한다. 특히 급수시설의 위생관리 및 소독을 철저히 한다. 또한 2차 감염에 의한 환자의 발생을 방지하기 경구전염병에 대한 방역조치를 강구해야 한다.

(2) 로타바이러스

① 특징

로타바이러스는 2겹의 단백질외각(蛋白質外殼 : capsid)으로 싸여 있고, 직경은 약 70nm이며, envelope를 갖지 않는 바이러스이다. 장염을 유발하여 설사와 탈수를 동반하는 바이러스로 일반적으로 불현성 감염이 많은 것이 특징이다.

② 오염경로 및 원인식품

로타바이러스의 주된 감염경로는 대변의 접촉에 의한 경구 감염이다. 이 질병에 감염된 급성기의 환자는 변 1ml 당 1조 개의 바이러스를 배출하므로 사람을 매개로 하여 감염되기 쉽다.

또한 단체급식소 등에서 음식을 통해서도 집단 감염증을 일으킬 수 있으므로 설사 등의 증상을 보이는 종사자는 식품을 취급하지 않도록 해야 한다.

③ 증상

로타바이러스 감염증은 48시간 이하의 짧은 잠복기를 거쳐 토하고 열이 심하게 나는 증상이 나타난다. 또 물과 같은 설사를 하게 된다. 주로 2~3세의 영유아에서 발생하며 성인의 경우는 증상이 거의 없다. 유아는 설사로 인한 탈수로 혈압이 떨어져 사망할 수도 있다.

V. 병원성미생물

④ 예 방 법

로타바이러스 감염증은 전염성이 아주 높기 때문에 감염 시 다른 아이들과 접촉하지 않도록 할 필요가 있다. 특히 전염성이 아주 강한 설사 시작 후 3~4일 동안은 특히 조심해야 한다. 또한 이 바이러스의 주요 매개체가 식·음료 이외에 분변에 오염된 손을 통해 병을 전염시킬 수 있기 때문에 손을 자주 씻겨 예방하는 것이 매우 중요하다.

3) 기생충(원충)

(1) 톡소프라즈마(*Toxoplasma gondii*)

톡소프라즈마(*Toxoplasma gondii*)는 일종의 원충성 기생충으로서, 돼지 등의 다양한 포유 동물의 조직에서 낭포화한다. 고양이가 고유 숙주이며, 고양이의 체내에서 증식하여 분변을 통해 배출된 후 다른 포유류로 감염된다.

불충분하게 가열된 돼지고기를 통하여 인체에 감염될 수 있으며 사람의 감염증은 인플루엔자 양 증상으로서 오한, 전율, 두통, 관절통 등으로 시작해 신경증상, 약시, 실명 등을 일으킨다. 임산부의 경우 말기 유산과 소아에서 중증의 선천성 감염증을 일으킬 수 있다.

톡소플라스마는 고양이, 개 등 애완동물에 기생하는 기생충으로 고기나 음식, 애완동물의 배설물 등을 통해 전염된다. 따라서 애완동물과의 접촉을 피하고, 고기는 반드시 익혀서 먹어야 한다.

(2) 크립토스포리디움(*Cryptosporidium parvum*)

사람과 다수의 포유류의 상피세포를 감염시키는 원충성 기생충으로서 직경이 4~6 μ m인 구형으로 원생동물 중에서는 가장 작다. 발병률이 높아 수인성발병이 일어날 경우 규모



가 크고 범위가 넓은 특징이 있다.

감염경로는 사람에서 사람, 동물에서 사람으로 대변-경구감염과, 오염된 음료수 혹은 음식물을 통한 경구감염이다.

잠복기는 1~12일(평균 약 7일)이며, 소화기관, 담도, 호흡기의 점막 세포에 감염되며, 불현성 감염이 많다. 증상은 경련성 복통을 동반하는 중증의 수양성 설사이다. 소아에서는 식욕부진과 구토가 선행한다. 전신 권태감, 발열, 식욕부진, 구역 구토 등도 나타날 수 있다.

사람에서 사람으로 감염을 예방하기 위해서는 대변-경구감염을 예방해야 하고, 개인의 위생관리를 철저히 해야 한다. 음료수는 1분간 끓인 후에 마시고, 감염자는 식품을 다루는 일에 종사해서는 아니된다. 또한 설사를 하는 동물과 접촉을 피해야 한다.

5. 관련기관 및 전문가 목록

조직	담당업무	연락처
국립수의과학검역원 동물위생연구소 세균과	- 인수공통전염성 연구에 관한 업무총괄 - 식중독 관련 장내세균 업무	031)467-1765 www.nvrqs.go.kr
국립수의과학검역원 바이러스과	- 소, 개, 돼지 바이러스 질병업무 총괄 - 돼지 콜레라 관련 질병 연구	031)467-1781 www.nvrqs.go.kr
국립수의과학검역원 축산물규격과	- 축산식품의 위생미생물 연구업무 - 축산물의 가공기준 및 성분규격 운영	031)467-1990 www.nvrqs.go.kr
국립농업과학원 농산물안전성부 유해생물과	- 농산물중 미생물적 위해요인(세균, 바이러스) 안전관리연구 - 유해미생물 동정 진단 분석에 관한 연구 - 유해미생물의 오염모니터링 및 역학조사 연구 - 유해미생물 생리생태 오염관리 및 제어에 관한 연구 - 유해미생물 위험평가 및 위생관리기준 설정연구 - 농식품중 유해미생물의 위생기준 국제쟁점 대응연구	031)290-0455 www.naas.go.kr
식품의약품안전청 식품관리팀	- 식중독예방 종합대책의 수립 및 교육 홍보, 식중독 발생에 대한 조사 및 처리의 총괄 담당	02)380-1633 www.kfda.go.kr

V. 병원성미생물

조직	담당업무	연락처
국립보건연구원 감염병센터 장내세균팀	- 장관계 감염세균에 대한 국가 표준 검사업무 - 전국 보건 관련 실험실에서 분리된 세균에 대한 최종 확인 동정 및 실험실 감시 업무	02)380-1432~4 www.cdc.go.kr
국립보건연구원 감염병센터 병원체방어연구팀	- 탄저, 백일해, 디프테리아, 보툴리누스균 등 세균성 독소를 생성하는 병원균에 대한 진단법과 백신개발 및 병원체가 생산하는 독소 등 연구	02)380-1465~7 www.cdc.go.kr
국립보건연구원 감염병센터 간염폴리오바이러스팀	- 간염바이러스, 엔테로바이러스, 로타바이러스, 노로바이러스, 아스트로바이러스, 장관 아데노바이러스 등 설사유발바이 러스의 진단 등 연구	02)380-1492~4 www.cdc.go.kr
질병관리본부 질병조사감시부 역학조사팀	- 제1~4군 전염성 질환 및 식중독 질환 발생시 원인 규명 및 신속한 방역조치를 위한 역학조사업무 수행	02)380-1482~3 www.cdc.go.kr
세계보건기구 (WHO)	- 전세계적으로 발생하는 식인성 질환에 대한 각종 자료 및 통계자료 등 제공	http://www.who.int /foodsafety/foodb orne_disease/en/
JEMRA	- The Joint FAO/WHO Committee on Microbiological Risk Assessment - 식품미생물의 위해성 평가에 관한 FAO와 WHO의 합동 전문가 위원회. - CODEX에서 요청하는 식품미생물의 안전성 및 위해성 평가를 실시	http://www.code xalimentarius.net/ web/jemra.jsp
미국 FDA CFSAN	- FDA CFSAN은 우리나라 식품의약품안전청의 식품관련 업무와 유사한 업무 수행 - 식인성질환에 대한 각종 정보 제공	http://www.cfsa n.fda.gov/~mow /foodborn.html
미국 FDA CFSAN BBB	- 미국 FDA CFSAN의 식인성 병원성 미생물 및 자연독 핸드북 (Bad Bug Book). - 식중독 원인균, 바이러스, 기생충 및 자연독에 대한 상세 자료 제공	http://vm.cfsan.f da.gov/~mow/i ntro.html
미국 www.foodsafety.gov	- 미국의 식품안전관련 기관들의 자료를 수집하여 소비자에게 정보를 제공하는 기관	http://www.food safety.gov
미국 USDA FSIS	- 미국 농무성(USDA)의 식품안전검사국(FSIS)은 우리나라의 농림부의 농축산물 안전확보 업무와 유사한 업무 수행	http://www.fsis. usda.gov
미국 CDC FoodNet	- 미국 질병예방통제국에서 운영하는 감시 프로그램. 미국 각 주의 식인성 질환 발생 상황을 계속적으로 follow-up	http://www.cdc. gov/foodnet



조직	담당업무	연락처
미국 CDC PulseNet	- 미국 질병예방통제국에서 운영하는 보건 및 식품규제기관 실험실 네트워크 - 식중독균 동정법의 표준화 등 수행	http://www.cdc.gov/pulsenet
미국 CDC 세균 및 곰팡이성 질환과	- 미국 질병예방통제국의 세균 및 곰팡이성 질환 담당 - 각종 식인성 질환에 대한 일반 정보 및 기술자료를 제공	http://www.cdc.gov/ncidod/dbmd/diseasesinfo/foodborneinfections_g.htm
유럽 Eurosurveillance	- 유럽의 전염성질환 조사 및 통제에 관한 정보 제공	http://www.eurosurveillance.org/index-02.asp
일본 감염체 감시 보고	- 일본 Infectious Agents Surveillance Report - 세균, 바이러스 등에 대한 감시 자료 제공	http://idsc.nih.gov/jp/iasr/index.html

VI. 곰팡이독소

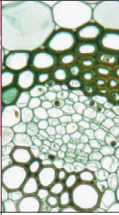
1. 곰팡이독소 개요

곰팡이독(mycotoxin)이란 곰팡이에 의해 생성되는 독소를 말하며 곰팡이의 2차 대사 산물로서 사람과 동물에게 급성 또는 만성 장애를 일으킨다. 곰팡이독은 곡류, 두류 등의 농산물이 주된 원인 식품으로 농산물의 수확, 저장, 수송 시 고온 다습한 조건이 형성되면 곰팡이의 번식이 활발해진다, 이들 곰팡이에 의해 생성된 독소로 오염된 식물과 사료를 사람이나 가축이 섭취했을 경우 생체에 독작용이 일어나고 병적 증상이 발현되는 것을 진균성 중독(mycotoxicosis)이라고 한다.

식품관련 위험요소는 크게 급성과 만성 위험요인으로 구분되며 WHO/FAO에서는 급성 위험요인으로는 미생물을, 만성 위험요인으로는 곰팡이독소를 가장 위험순위가 높은 요인으로 제시하고 있다(표1).

러시아에서는 1940대 곰팡이에 의해 오염된 곡류를 섭취하여 수많은 사람들이 사망한 사건이 발생하였다. 이 식중독은 푸사리움(*Fusarium*)에 의해 생성된 독소에 의한 것으로 백혈구의 수가 감소하고 골수가 파괴되는 ATA증(alimentary toxic aleukia: 식중독성 무백혈구증)을 유발한다. 일본에서도 1946년 도쿄 나카노구에서 푸사륨에 오염된 밀가루에 의해 1,000명 이상의 식중독 환자가 발생한 사건이 있었다. 곰팡이독을 생성하는 대표적인 곰팡이로는 아스페르길루스(*Aspergillus*), 푸사리움, 페니실륨(*Penicillium*) 등이 있으며, 현재 300여 종류 이상의 곰팡이독이 검출되고 있다.

곰팡이독은 일반적으로 열에 매우 안정한 화합물로 조리나 가공과정에서도 잘 파괴되지 않으며, 간장, 신장, 신경 장애 등을 일으킨다. 일부 곰팡이독은 발암물질로 확인되어 식품안전성에 큰 문제를 일으키고 있다.



| 표1 식품관련 건강 위험요인의 순위 |

Acute	Chronic
High	
Microbiological	Mycotoxin
Phycotoxins	Anthropogenic contaminantss
Some phytotoxins	Some phytotoxins
Mycotoxins	Unbalanced diet
Anthropogenic contaminants	Phycotoxins
Food additives	Microbiologicl
Pesticide residues	Food additives
	Pesticides
Low	

| 표2 장애를 유발하는 곰팡이독의 종류 |

독종류	증상	독소
간장독	간세포의 괴사, 간경변, 간암 등을 유발	aflatxin, rubratoxin A, ochratoxin A, cyclopiazonic acid, sterigmatocystin, islanditoxin luteoskyrin
신장독	신장에 급성 및 만성 장애를 유발	citrinin, citremycetin, kojic acid
신경독	뇌와 중추신경 장애를 유발	patulin, citreoviridin, matorzine
광과민성 피부염 유발독	햇빛에 노출되었을 때 과민하게 피부염을 유발	sporidesmin, psoralens

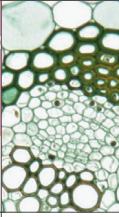
2. 곰팡이독소 위험분석

곰팡이독소를 포함한 위해요소의 위험분석은 위험평가(risk assessment), 위험관리

VI. 곰팡이독소

(risk management) 및 위험정보교류(risk communication)의 3가지 요소로 구성되어 있다. 각 요소들은 위험분석절차에서 필수적이고 상호보완적인 역할을 한다. 비록, 위험관리 및 위험정보교류가 과거에는 위험평가보다 덜 주목되었으나, 위험분석은 모든 3가지 요소가 성공적으로 통합될 경우에만 효과적으로 운용될 수 있다는 점이 강조되고 있다.

위험분석의 한 요소인 위험평가(risk assessment)는 위해성 확인(hazard identification), 위해성 결정(hazard characterization), 노출 평가(exposure assessment) 및 위험도 결정(risk characterization)의 4단계로 구성된다. 즉, 곰팡이독소의 위험평가는 인체내 독성을 확인하는 위해성 확인과정, 곰팡이독소의 인체노출 허용량을 산출하는 위해성 결정과정, 곰팡이독소가 인체에 노출된 양을 산출하는 노출평가 및 위해성 확인과정·위해성 결정과정·노출평가과정의 결과를 종합하여 당해 식품 등이 건강에 미치는 영향을 판단하는 위험도 결정과정(risk characterization)을 거친다. 먼저 곰팡이독소의 위해성 확인은 독성, 생화학적 특성, 대사, 종별 특이성, 대사산물별 독성 등 관련 정보를 심층적으로 수집 및 종합하여 위험성을 확인한다. 곰팡이독소의 위해성 결정은 확인된 위험요소와 관련하여 건강에 악영향을 미치는 독성 및 정도에 관한 전반적인 프로파일을 개발한다. 인체 건강에 관한 곰팡이독소의 다양한 양의 영향을 서술 형태로 정량적(용량반응관계) 및/또는 정성적으로 검토한다. 곰팡이독소의 위험 분석을 위한 노출량 평가는 국민영양조사 결과에 의한 식이섭취량 자료, 노출 시나리오, 추가노출량 등을 고려하여 분석된 식품 중 곰팡이독소의 오염도 결과와 해당 식품군의 식이섭취량으로부터 추정, 평가한다. 노출량 추정 시 기존 보고된 오염도 자료 중 공인분석법에 의해 최근 분석된 자료와 세척 등에 의한 감소계수를 고려하며, 전체 인구 중 민감군 선정을 위하여 식품소비량과 표준 체중 정보는 모두 각 연령대별 성별 자료를 이용한다. 최고오염도 값을 이용한 단일노출량 추정 뿐 아니라 오염도 분포값을 이용한 단순분포(simple distribution)법에 의하여 성별, 연령별 percentile 노출량을 추정한다. 또한 각 시료군 및 개별 식품 섭취에 의한 노출량으로부터 식품 중



곰팡이독소의 위험에 가장 큰 영향을 미치는 최대 노출 기여군을 도출할 수 있다. 최종적으로 곰팡이 독소의 위험도 결정은 “위험지수 = 1일 인체노출량 (mg/kg bw/day)/독성값 (mg/kg bw/day) (ADI, RfD)”를 이용하여 수행된 오염도 결과로부터 산출된 1일 인체노출량 값과 JECFA 등 국제기구에서 도출한 TDI(tolerable daily intake)를 사용하여 위험지수를 산출한다. 위험의 결정은 위험지수 > 1인 경우 곰팡이독소의 유해영향발생이 우려되는 것으로, 위험지수 ≤ 1인 경우 유해영향발생이 우려되지 않는 것으로 본다. 또한 곰팡이독소의 위험은 1일 허용인체노출량에 대한 1일 인체노출량의 백분율로 나타내기도 한다. 이 때 어떤 방법을 이용하든지 곰팡이독소 및 유도체의 상대 독성, 다른 곰팡이독소와의 동시 노출에 의한 혼합 독성 등을 고려해야 한다.

곰팡이독소의 위험관리는 위험평가와 구분되는 절차로서, 위험평가 및 소비자의 건강 보호 및 국제교역에서의 공정한 관행 증진을 고려하여 모든 이해관계자와의 협의 하에 방법대안을 심사숙고하는 절차로서 필요시 적절한 예방책 및 관리대안을 선정하는 절차이다. 위해정보교류는 위험평가의 결과에 대한 설명 및 위험관리 결정사항의 원칙을 포함하여 위험, 위험관련요소, 위험인지사항, 위험평가자간, 위험관리자, 소비자, 업계, 학계 및 기타 관련자들과 관련하여 위험분석절차에 대해 전반적으로 상호적으로 정보 및 의견을 교환하는 절차이다.

상기 언급한 절차로 도출된 위험분석절차로 정부에서 ALOP (Appropriate Level of Protection)를 정하고 산업체에서는 이 기준에 맞추기 위해 가공, 생산, 저장 기준을 기획하고 GMP/GHP나 HACCP을 적용하여 소비자에게 안전한 식품을 제공할 수 있다.

곰팡이독소의 오염예방 및 저감화를 위해서는 독소를 분비하는 곰팡이가 대부분 습도가 높고 어두운 곳에서 잘 자라므로 농작물이나 사료를 건조한 곳에 보관하거나 수분함량을 낮추는 방법을 사용할 수 있으며, 근래에는 항곰팡이 제품을 사용하여 곰팡이 성장을 억제하기도 한다. 그러나 일단 발생한 곰팡이독소는 온전히 제거하기 어렵다. 곡물에서 곰팡이독소 제거를 위한 권고사항은 두 가지로 나누는데, 이는 good

VI. 곰팡이독소

agriculture practice(GAP)와 good manufacturing practice(GMP)를 기초로 한 실행규범과 hazard analysis critical control point(HACCP)시스템이다.

Codex에서는 독성이 강하거나 식품에의 오염빈도가 높은 곰팡이독소에 대해서는 실행규범을 만들어 오염 방지 및 독소 저감화를 위한 노력을 기울이고 있다.

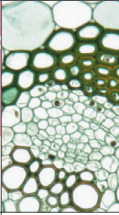
3. 곰팡이독소 허용기준

곰팡이독소가 동물이나 인체에 치명적인 위해를 줄 수 있기 때문에 많은 국가들은 곰팡이독소에 대한 허용 기준치를 정하고 있다(표3). 곰팡이독소의 국제적 관리기준을 살펴보면 농산물 수출국들은 허용기준치가 다소 높으며, 수입국은 허용기준치를 보다 엄격하게 설정하는 경향이다. 또한 영유아용 식품에 대해서는 강화된 허용기준을 설정하고 엄격하게 관리를 하는 추세이다. 아플라톡신을 예로 들면 1989년부터 식품 중 아플라톡신 허용기준치를 설정하는 나라가 날로 증가하고 있으며 그 기준치도 5-20 ppb 수준을 유지하고 있다.

우리나라의 경우 표4와 같이 아플라톡신 B1 및 M1, 과롤린에 대한 식품 중 허용기준치가 설정되어 있으며 오크라톡신의 경우 식품에 대한 기준치가 입안예고 되어 있다. 사례는 아플라톡신과 오크라톡신 A에 대해 허용기준이 설정되어 있다(표5).

표3 국가별 곰팡이 독소의 관리현황

구 분	국가별	대상식품	허용기준
아플라톡신	한국	견과류, 곡류 및 그 단순가공품	10.0ppb(B ₁)
		우류제품 ¹⁾	0.5ppb(M ₁)
		된장, 고추장, 고춧가루	10.0ppb(B ₁)
	CODEX	비가공땅콩	15ppb(Total)
	미국	모든 식품	15ppb(Total)
일본	견과류, 곡류	10.0ppb(B ₁)	



구 분	국가별	대상식품	허용기준
아플라톡신	EU	견과류, 곡류 등	4.0~15.0ppb(Total)
		견과류, 곡류 등	0.10~8.0ppb(B ₁)
		유아용 식품	0.025ppb(M ₁)
	캐나다	땅콩제품	15ppb(Total)
파툴린	한국	사과주스 등	50.0ppb
	CODEX	사과주스 등	
	일본	사과주스 등	
	EU	사과주스 등	
오크라톡신A	EU	곡류, 포도제품들	0.5~10.0ppb
푸모니신	미국	옥수수제품 등	2~4ppm
	EU	옥수수제품(유아용식품 포함)	0.2~2.0ppm
데옥시니발레놀	미국	밀제품	1ppm
	캐나다	연질밀	2ppm
	일본	밀	1.1ppm
	EU	곡류제품(유아용식품 포함)	0.2~1.75ppm
제랄레논	EU	곡류제품(유아용식품 포함)	0.02~0.2ppm

주 : 1) 우유제품 : 각국 공통
 2) EU는 2006년 12월 푸모니신, DON, 제랄레논에 대한 기준 설정
 자료 : 식품의약품안전청 보고서

표4 곰팡이독소의 허용기준 및 주요 대상식품

구 분	허용기준
아플라톡신 B ₁	10 g/kg 이하 곡류, 두류 및 그 단순가공품, 땅콩 및 견과류 가공품, 메주, 찌쌀 등
파툴린	50 g/kg 이하 사과주스, 사과농축액
아플라톡신 M ₁	50 g/kg 이하 우유류
오크라톡신 A (입안예고)	5 g/kg 이하 밀, 호밀, 보리, 커피콩, 볶은 커피
	10 g/kg 이하 인스턴트 커피

자료: 식품의약품안전청 보고서

VI. 곰팡이독소

| 표5 사료중 곰팡이 독소류 허용기준 |

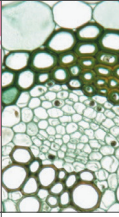
구분		적용대상사료의 종류		허용기준
한국	아플라톡신 (B ₁ , B ₂ , G ₁ , G ₂)	배합사료	어린송아지 및 어린병아리용, 젓먹이, 젓뎀돼지용, 유계전기용, 비유젓소용	10ppb
			기타배합사료(프리믹스사료 제외)	20ppb
	오크라톡신A	기타 배합사료	식품성단백질류, 곡물류, 곡물부산물, 남은음식물사료	50ppb
			배합사료	전체배합사료(프리믹스사료 제외)
		단미사료	곡물류, 곡물부산물류	200ppb
미국	푸모니신	동물사료	말과 토끼	1ppm
			돼지	10ppm
			소, 양, 염소	30ppm
			반추동물, 가금류	15ppm
			도살용 가금류	50ppm
	데옥시니발레놀		곡류 및 곡류제품들(소나 닭 식이 50% 미초과)	10ppm
곡류 및 곡류제품들(소나 닭 식이 40% 미초과)			5ppm	
곡류와 곡류제품들을 소화한 양			5ppm	

자료 : 식품의약품안전청 보고서

4. 독소별 특성

1) 맥각독

자낭균류인 *Claviceps pupurea* 및 *Claviceps paspali*의 맥각균은 개화기에 호밀, 라이맥, 보리 등에 번식하여 맥각(ergot)이라는 균핵을 형성한다. 이 균에 오염된 보리나 호밀은 흑청색으로 변하며 조직이 쉽게 부서진다. 맥각은 짙은 자주색을 띠며 독성이 강한 맥각독(*claviceps toxin*)을 가지고 있어 이를 섭취하면 맥각 중독증을 유발한다.





맥각의 주요 성분인 에르고타민(ergotamine), 에르고톡신(ergotoxine), 에르고메트린(ergometrine)등과 이 유도체를 총괄하여 맥각 알칼로이드라고 한다. 이 독소를 섭취하면 설사, 복통 등의 위장장애와 두통, 경련, 지각 이상의 중독 증상이 나타난다. 임신부에게는 조산, 유산이 일어날 수 있다.

밀, 호밀, 보리, 귀리, 라이맥 등 곡물의 재배시 발생하는 곰팡이질병의 일종인 맥각병과 독소인 맥각 알칼로이드의 발생 원인균, 병징, 발생조건, 전염경로, 작황에 미치는 영향, 관리방법, 가축 및 인간의 건강에 미치는 영향 등을 요약한 것은 표 6과 같다.



2) 아플라톡신

1960년 영국에서는 10만 마리 이상의 칠면조가 폐사하는 사건이 있었는데 이는 브라질에서 수입한 팜콩 사료가 독소인 아플라톡신(aflatoxin)에 오염되었기 때문임이 밝혀졌다. 아플라톡신은 *Aspergillus flavus*,

| 표6 맥각병과 맥각 알칼로이드의 특성 및 영향 |

질 병	맥각병	 <p>맥각병 균핵 (sclerotia)</p>
주요 오염원	밀, 호밀, 보리, 귀리, 라이맥, 야생 재배 귀리	
곰팡이독소	Ergot Alkaloids – Ergotamine, Ergotpeptide pyrroloidine, Lysergic Acid Alkaroids.	 <p>맥각병을 가진 밀 이삭</p>
원인균	<i>Claviceps purpurea</i> , <i>Claviceps paspalli</i> , <i>Claviceps fusiformis</i> .	
병징	병징은 이삭에 분생자를 가지고 있는 황색의 끈끈한 단물로 분비하는데 이것이 건조되면 암갈색으로 된다. 씨방은 균사에 의하여 점점 커져서 자흑색의 바나나모양의 균핵을 형성한다.	
발생조건	맥각병은 차고 습한 기후에 발병하고 화본과 식물의 개화기에 전염되어 수확기에 발병된다. 봄과 초여름에 싹이 튼다.	

VI. 곰팡이독소

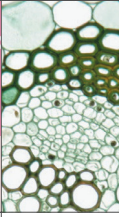
전염경로	공기로 인한 오염, 비와 곤충에 의해 전파.	
병원체 생존	흑색썩음 균핵병은 토양에서 약 1년 동안 생존하며 저장중인 곡물에서는 더 오래 생존할 수 있다.	
작황에 미치는 영향	생산량 감소, 가격 하락.	
관리	수확 초기에 가뭄과 곤충으로 인한 피해로부터 작물의 스트레스를 최소화하고, 저장시 수분함량은 15%이하로 감소시킨다.	단물(honeydew)과 맥각병을 가진 보리 이삭
FDA 허용 기준치	없음.	
가축에 미치는 영향	소, 양	
가축의 증상	극심한 혈관수축으로 건성괴저를 유발하고 소화관 염증, 내장 출혈, 구토, 설사 또는 변비를 일으킨다. 돼지에서 유산이 발생하기도 한다.	
인간에 있어서의 증상	괴저, 경련을 일으키고 위장관 손상으로 약 50%가 사망에 이르게 된다. 현대적인 경작기술 및 교육으로 맥각병에 의한 위협은 사실상 매우 드물다.	
		A. flavus에 맥각병 균핵

Aspergillus parasiticus 에 의해 생성되는 형광성 대사산물로 곰팡이독 중에서 독성이 매우 강한 독소이다.

Aspergillus flavus 는 토양에 널리 존재하는 미생물로 팥콩, 옥수수, 쌀, 보리, 밀 등 탄수화물이 많은 농산물을 오염시켜 아플라톡신을 생성한다.

아플라톡신의 최적 생성조건은 수분이 16%이상, 상대습도가 80~85% 이상, 온도가 25~35℃이며 고온다습한 지역에서 잘 생성된다.

아플라톡신은 강력한 발암성 물질로 사람과 동물에게 급성 간장장애를 일으킨다. 아플라톡신은 청색의 형광을 나타내는 B1, B2 및 녹색의 형광을 나타내는 G1, G2가 대표



적이며, 그 외 M1, M2가 있고 현재까지 이와 관련된 유사한 구조를 가진 16종의 물질이 알려져 있다. (표7)

아플라톡신은 기본구조인 7,8-dihydrofuro-(2,3-b)-furan(DHFF) 또는 2,3,7,8-tetrahydrofuro-(2,3-b)-furan(THFF)를 가지고 있다. 아플라톡신은 열에 강해 300℃정도의 열처리를 해야 분해되고, 강산이나 강알칼리에서만 분해되므로 일반적인 조리나 가공과정에서는 파괴되지 않는다.

| 표7 아플라톡신의 종류 |

Aflatoxin 군	분자량	분자식
Aflatoxin P ₁	298	C ₁₆ H ₁₀ O ₆
Aflatoxin D ₁	286	C ₁₆ H ₁₄ O ₅
parasiticol(Aflatoxin B ₃)	302	C ₁₆ H ₁₄ O ₆
Aflatoxin B ₁	312	C ₁₇ H ₁₂ O ₆
Aflatoxin Q ₁	328	C ₁₇ H ₁₂ O ₇
Aflatoxin G ₁	328	C ₁₇ H ₁₂ O ₇
Aflatoxin M ₁	328	C ₁₇ H ₁₂ O ₇
Aflatoxin B ₂	314	C ₁₇ H ₁₄ O ₆
Aflatoxicol A	314	C ₁₇ H ₁₄ O ₆
Aflatoxicol B	314	C ₁₇ H ₁₄ O ₆
Aflatoxin G ₂	330	C ₁₇ H ₁₄ O ₇
Aflatoxin M ₂	330	C ₁₇ H ₁₄ O ₇
Aflatoxin B _{2a}	330	C ₁₇ H ₁₄ O ₇
Aflatoxin G _{2a}	346	C ₁₇ H ₁₄ O ₈
Aflatoxicol o-ethyl ether A	342	C ₁₉ H ₁₈ O ₆
Aflatoxicol o-ethyl ether B	342	C ₁₉ H ₁₈ O ₆

아플라톡신의 발암성이 확인되면서 세계 각국에서 아플라톡신에 대한 규제를 강화하고 있다. 우리나라의 경우 곡류, 두류, 팥콩, 견과류와 그 가공품에 대해 아플라톡신 B1 10

VI. 곰팡이독소

$\mu\text{g}/\text{kg}$ 을 허용 기준치로 하고 있다. 각국에서의 아플라톡신 규제치는 표8와 같다.

1차 오염원인 옥수수 및 옥수수가공품, 땅콩 및 땅콩가공품과 2차 오염원인 피칸, 월넛, 아몬드, 면식박, 수수, 보리, 귀리 등 곡물과 그 가공품의 재배 및/또는 저장시 발생하는 곰팡이질병의 일종인 아스페루길루스 이삭썩음병과 독소인 아플라톡신의 발생 원인균, 병징, 발생조건, 전염경로, 작황에 미치는 영향, 관리방법, 가축 및 인간의 건강에 미치는 영향 등을 요약한 것은 표 9와 같다.

표8 아플라톡신 규제치

국가명	식품	규제내용
미국	우유 등	0.5ppb (M)
	기타 식품	20ppb (B ₁ , B ₂ , G ₁ , G ₂ 의 총량)
영국	너트류	5ppb (B)
이탈리아	땅콩	50ppb (B ₁ , B ₂ , G ₁ , G ₂ 의 총량)
오스트레일리아	전 식품	5ppb (B ₁ , B ₂ , G ₁ , G ₂ 의 총량)
캐나다	너트류	15ppb (B ₁ , B ₂ , G ₁ , G ₂ 의 총량)
스웨덴	너트류	20ppb (B ₁ , B ₂ , G ₁ , G ₂ 의 총량)
	기타 식품	5ppb (B ₁ , B ₂ , G ₁ , G ₂ 의 총량)
스페인	전 식품	50ppb (B ₁ , B ₂ , G ₁ , G ₂ 의 총량)
러시아	전 식품	5ppb (B ₁ , B ₂ , G ₁ , G ₂ 의 총량)
타이	식용유	20ppb (B ₁ , B ₂ , G ₁ , G ₂ 의 총량)
중국	곡류, 땅콩	50ppb (B)
서독	곡류, 너트류	5ppb (B) 또는 10ppb (B ₁ , B ₂ , G ₁ , G ₂ 의 총량)
뉴질랜드	수입식품 ¹	5ppb (B ₁ , B ₂ , G ₁ , G ₂ 의 총량)
	수출 두류	5ppb (B ₁ , B ₂ , G ₁ , G ₂ 의 총량)
필리핀	땅콩	20ppb (B ₁ , B ₂ , G ₁ , G ₂ 의 총량)
	코코넛	20ppb (B ₁ , B ₂ , G ₁ , G ₂ 의 총량)
프랑스	유아식 등	5ppb (B ₁ , B ₂ , G ₁ , G ₂ 의 총량)
	기타 식품	10ppb (B ₁ , B ₂ , G ₁ , G ₂ 의 총량)

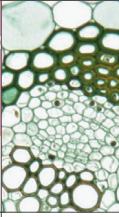


표9 아스페르길루스 이삭썩음병과 아플라톡신의 특성 및 영향

질 병	아스페르길루스 이삭썩음병	 <p>옥수수 낱알에서 성장하는 아스페르질러스 속 곰팡이</p>
주요 오염원	일차오염원-옥수수/옥수수가공품, 땅콩/땅콩가공품 이차오염원-피칸, 월넛, 아몬드, 면실박, 수수, 보리, 귀리	
곰팡이독소	아플라톡신	 <p>옥수수 열매상의 <i>A. flavus</i></p>
원인균	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>A. papasiticus</i> , <i>A. nomius</i> , <i>A. niger</i> , <i>A. glaucus</i> .	
병징	저장중인 낱알이나 재배중인 옥수수의 이삭에서 노란색-녹색의 곰팡이가 발견된다.	 <p><i>A. flavus</i>에 오염된 옥수수 열매</p>
발생조건	수확 전 수분함량 >18%, 온도 12-40°C, 습도 >85%, 심각한 가뭄 스트레스, 질소부족, 중요한 곤충으로 인한 피해. 저장 곡물은 수분함량을 14% 이하로 건조시켜야 한다.	
발생경로	비, 비말로 인한 물에 의한 오염, 공기로 인한 오염. 곤충에 의해 전파되고 새에 영향을 끼친다.	
병원체 생존	숙주 식물의 부스러기가 부패할 때 토양 표면이나 근처에서 월동한다.	
작황에 미치는 영향	생산량과 중량 감소.	
관리	수확 초기에 가뭄과 곤충으로 인한 피해로부터 작물의 스트레스를 최소화하고, 저장시 수분함량은 15%이하로 감소시킨다.	
FDA 허용 기준치	곡물과 사료 - 20 ppm, 우유 - 0.5 ppm 사료의 규제치 - 젖소 : 20 ppb, 품종개량 소와 돼지, 가금류 : 100 ppb, 소와 돼지의 최종제품 : 300 ppb.	
가축에 미치는 영향	FDA의 문헌에 의하면 동물은 이플라톡신의 급성 독성효과에 저항력(내성)이 없다.	
가축의 증상	간손상, 생식력 감소, 우유나 달걀 생산 감소, 사산, 출산 저하, 악성종양, 면역기능 저하.	

VI. 곰팡이독소

인간에
있어서의
증상

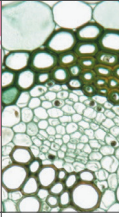
아플라톡신 중독증상은 오염된 옥수수를 주식으로 섭취한 397명에 발병하였고, 그 중 108명이 사망하여S 일을 계기로 역사적으로 대두되었다. 발병 환자들은 고열, 급격한 진행성 황달, 사지부종, 통증, 구토, 간 비대 등의 증상을 보였다. 인간에 있어서의 병리학적 연구에 의하면 담관증식, 간문맥 주변부 섬유화, 위장관 출혈의 증상이 나타났다. 발병 10년 후 생존자들은 완전히 회복되었다.

3) 오크라톡신

오크라톡신(ochratoxin)은 *Aspergillus ochraceus*의 대사산물로 오크라톡신 A1, B1, C1., 멜레인(mellein), 4-하이드록시멜레인(4-hydroxymellein), 그리고 4-하이드록시오크라톡신 A(4-hydroxyochratoxin A) 등의 여섯 종류가 알려져 있다. 이 중에서 오크라톡신 A는 페닐알라닌(phenylalanin)과 이소쿠마린 카르보닐산(isocoumarin carbonillic acid) 유도페와의 아마이드(amide) 형태로서 오크라톡신 B와 C의 독성에 비해 약 1,000배 정도 독성이 강하다. 오크라톡신은 간장독성 및 신장독성을 일으키며 글리코겐 합성효소를 저해하여 글리코겐의 저장을 저하시킨다. 쥐에 대한 LD50=22mg/kg(경구)이며, 돼지에게도 신장장애를 일으킨다. 두로 옥수수, 밀, 콩 등의 곡류와 사료 등에 오염되어 독소를 생성한다.

4) 제랄레논

제랄레논은 *Fusarium graminearum*, *Fusarium culmorum*, *Fusarium equiseti*, *Fusarium crookwellense* 등 *Fusarium* 속 곰팡이에 의해 polyketide pathway를 경유해 생성되는 독소로 내분비교란 물질로 작용하여 세계적으로 문제시되고 있는 곰팡이독소 중 하나이다. 전 세계적으로 옥수수, 보리, 귀리, 쌀 등에서 주로 발견되며 특히 곰팡이의 최소 생육에 필요한 수분활성도가 0.87로 높아 주로 건조가 불충분하여 수



분함량이 많은 곡류에서 발견된다. 제랄레논의 화학식은 $C_{18}H_{22}O_5$ (분자량 318.36)로 백색의 결정체이며 녹는점은 $164-165^{\circ}C$ 이다. 비수용성이나 알칼리용액, 에테르, 벤젠, 메탄올, 클로로포름 등 유기용매에 매우 잘 녹으며 석유 에테르에는 조금 녹는다.

제랄레논의 독성은 가축의 경우 먼저 문제시 된 것으로 곰팡이 핀 곡류를 섭취한 돼지의 과에스트로겐증(hyperestrogenism)이 1920년대에 보고된 후 식이 중 1ppm 수준의 제랄레논에 노출되더라도 돼지의 hyperestrogenic syndrome을 유발하고, 보다 높은 농도에는 disrupted conception, abortion 및 다른 문제를 야기하는 것으로 알려져 왔다.

제랄레논은 체내 흡수속도가 빠르고, α -, β -제랄레놀, α -, β -제랄라놀과 같은 대사체를 형성하며 glucuronide와 conjugate를 형성하여 뇨 중으로 배설되는 것으로 보고되고 있다. 이들 화합물은 아급성 및 아만성 독성으로 에스트로젠 수용체에 경쟁적으로 결합하여 인위적인 에스트로젠 효현제(agonist)와 같은 효과를 나타내어 내분비교란 물질로 작용하게 된다. 내분비교란물질은 환경독성물질로 표시되고 있으나 사망의 원인이 되는 독소와 약리활성물질의 중간적인 위치를 차지하고 있다. 제랄레논의 경우도 이와 유사하여 1970년대에는 폐경기증세의 치료약으로 제랄레논의 사용가능성이 제시된 바 있고 제랄라놀(zearalanol)과 제랄레논이 경우용 피임약으로 특허 출원된 바 있다. 2000년대 들어서도 심장병질환 치료를 위한 피토에스트로겐(phytoestrogen)으로서의 α -제랄라놀의 사용 가능성에 대한 연구결과가 발표되는 등 제랄레논 화합물군이 갖는 높은 에스트로겐성에 대한 연구는 계속되고 있다.

그러나 푸에르토리코와 폴란드의 보고에 의하면 어린이의 조기 사춘기적 변화 및 여성의 호르몬 의존성 종양의 원인 중 하나로 추측되고 있다. 인간의 경우 건강상 위해는 아직 많은 연구가 필요하나 2000년 JECFA에서는 가장 민감한 동물인 돼지를 대상으로 수행한 15일간 실험결과와 무독성용량인 $40 \mu g/kg$ bw를 바탕으로 종간, 개체간 불확실성 차이를 반영하여 잠정적 일일 허용치를 $0.5 \mu g/kg$ bw/day로, 유럽연합 SCF(

VI. 곰팡이독소

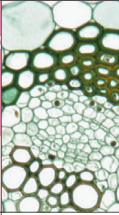
Scientific committee for food)에서는 0.2 $\mu\text{g}/\text{kg bw}/\text{day}$ 로 제안하고 있다.

제랄레논은 간에서 α -, β -제랄레놀 등으로 전환된다. 일반적으로는 α -제랄레놀이 제랄레논이나 β -제랄레놀보다 3-4배 정도 에스트로겐성이 높은 것으로 알려져 있으며 에스크로겐성 시험법 중 in vitro 시험 중 신뢰도가 높은 것으로 알려진 E-screen 법에 의한 제랄레논과 대사체들의 구조에 따른 상대적인 에스트로겐성은 표 10과 같다. 한편 쥐의 자궁 세포질 수용체에 대한 결합정도는 α -제랄라놀(zearalanol) > α -제랄레놀(zearalenol) > β -제랄라놀(zearalanol) > 제랄레논(zearalenone) > β -제랄레놀(zearalenol)로 알려져 있다.

제랄레논의 규제는 대부분 유럽국가에서 이루어지고 있으며 허용기준은 이탈리아의 20 ppb(baby food)에서부터 러시아의 1,000 ppb 등 0-1,000 ppb 수준으로 규제되고 있다. 각 국가별 제랄레논 규제 현황은 표 11과 같다. JECFA에서는 우리나라가 속한 극동아시아의 제랄레논에 대한 평균 섭취량을 유럽, 북미, 호주의 1.5 μg 이하보다 높은 수준인 3.3 μg 으로 추정하고 있어 우리나라의 제랄레논 노출 위험이 클 것으로 예상된다.

국내의 경우 1980년대 중반 보리, 밀 등에서 제랄레논 오염이 처음 보고된 후 1992년 국내산 및 수입산 옥수수에서 최고 1,550 ppb의 제랄레논이 검출되었으며 1998년 보리에서 최대 625 ppb의 제랄레논이 검출된 것과 같이 주로 옥수수, 보리 등에 대해 부분적인 오염도 자료가 발표된 바 있다. 최근 자료로는 1998년-1999년 수집된 보리, 옥수수를 대상으로 한 박 등의 연구결과 및 2002년도 수집된 쌀의 제랄레논 오염도 분석결과를 발표한 박 등의 연구결과가 있다.

옥수수 등 곡물의 재배시 발생하는 곰팡이질병의 일종인 이삭썩음병과 독소인 제랄레논 등의 발생 원인균, 병징, 발생조건, 전염경로, 작황에 미치는 영향, 관리방법, 가축 및 인간의 건강에 미치는 영향 등을 요약한 것은 표 12와 같다. 특히 우리나라의 경우 제랄레논의 허용기준이 설정되어 있지 않아 이에 오염된 식품이 수입 및 유통될 가능성



이 있어 제랄레논에 대한 허용기준 설정과 이를 위한 위험분석에 대한 필요성이 제기되고 있다.

표10 제랄레논 유도체의 에스트로젠성

종 류	구 조	EC50 (nM)			상대 에스트로젠성 ²⁾
		MCF-7 ¹⁾	yeast expressing human ER ³⁾	MCF7 ⁴⁾	
Zearalenone		1.1	130	0.031	1
α -Zearalenol		0.012	30	0.0014	92
β -Zearalenol		2.5	280	5,200	0.44
α -Zearalanol		0.060	40	0.170	18
β -Zearalanol		0.31	160	0.260	3.5
Zearalanone		0.44			2.5

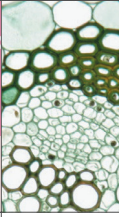
- 1) EC50 for stimulating MCF7 proliferation (nM)
- 2) Shier WT et al. Toxicol 39:1435-1438 (2001)
- 3) Le Guevel R and Pakdel F. Human Reprod., 16:1030-1036 (2001)
- 4) Minervini F et al. Toxicol. Lett., 159:272-283 (2005)

표11 외국의 식품 및 사료 중 제랄레논의 허용기준치

국 가	기준치(μ g/kg)	품 목
Armenia	1000	All foods
Austria	60	Wheat, rye/durum wheat
	50	Feed for breeding-pigs
Belarus	1000	Barley, wheat, maize
Bulgaria	200	Cereals and processed products thereof intended for direct human consumption or as an ingredient in food stuffs

VI. 곰팡이독소

국 가	기준치($\mu\text{g}/\text{kg}$)	품 목
Canada	3000	Feed for grits and sows
Chile	200	All foods
Colombia	1000	Sorghum
Cyprus	2000	Feed materials
	1500	Complete feedingstuffs for piglets
	3000	Complete feeding stuffs for swine other than piglets
France	50	Cereals and cereal products
	200	Vegetable oils
Estonia	1000	Wheat, barley, maize, cereal flours (wheat, barley, maize), cereal groats and flakes (wheat, barley, maize), pasta products, ordinary baker's wares, fine baker's wares, confectionary products, legume vegetables, fats, oils; isolates, concentrates and hydrolysates or cereals protein
	200	Complementary feedingstuffs for cattle, pigs and other farm animals
	100	Feedingstuffs of vegetable origin, complete feedingstuffs for cattle, pigs and other farm animals
	50	Complete feedingstuffs for young cattle, young pigs and other young farm animals
Hungary	100	Milled products, cereal-constituent of muesli
Indonesia	Not detectable	Maize
Iran	400	Barley
	200	Maize, wheat, rice
Italy	20	Baby foods
	100	Cereals and derived products
Japan	1000	Compound feeds
Latvia	1000	Cereals, Bread
Lithuania	300	Feed for piglet
	100	Feed for pig



국 가	기준치(μg/kg)	품 목
Moldova	1000	Wheat and wheat flour, barley and barley flour, maize and maizeflour
Morocco	200	Cereals, vegetable oils
Romania	20	Feeds
Russia	1000	Wheat, barley, maize, corn
Serbia and Montenegro	1000	Corn
	500	Feed for pigs (until 50 kg)
	1000	Feed for other type of swine
	3000	Feed for cow, sheep and goat
	5000	Feed for ox
	100,000	Feed for egg laying hen
Slovenia	1000	Feedstuffs for pigs
Ukraine	40	Grain-based babyfood products
	1000	Grains, beans: sunflower press: flour, bread; all nuts: all seeds to be used for immediate human consumption and for processing into the products for human consumption: vegetable oil: wheat middlings
	40	Combined feed for sows (pregnant, feeding), breeding boars, piglets younger than 2 months
	1000	Soya press for feed
	2000	Combined feed for pigs fed for pork lighter than 50 kg
	3000	Combined feed for pigs fed for pork over 50 kg of weightUruguay
	200	Corn, barley

5) 파툴린

Penicillium patulum은 파툴린(patulin)이라는 대사산물을 생성하는데, 1952년 파툴린이 젖소를 중독시킨 사고가 발생하였다. 이 곰팡이는 쌀, 밀, 콩, 간장, 미역 등의 여

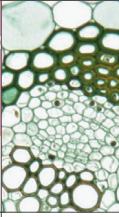
VI. 곰팡이독소

러 식품에 분포한다. 파툴린은 신경독으로 이 독소에 오염된 사료를 소가 먹으면 뇌부종과 같은 증상이 일어난다. 파툴린은 *P. patulum* 외에 *P. expansum*, *P. lapidosum*, *Aspergillus clavatus*, *A. terreus*, *Agiganteus* 등의 곰팡이에서도 분리되었다. *P. citreoviride*의 대사산물인 시트레오비리딘은 신경독으로 전신마비와 호흡장애를 일으킨다.

6) 황변미독

국내에서는 1950년대 및 1960년대에 쌀 등의 주식부족으로 동남 아시아지역의 쌀을 수입하여, 이들 수입쌀의 식용에서 기인한 황변미(yellow rice) 사건이 종종 사회적 문제를 일으킨 적이 있다. 황변미독소는 저장 중인 쌀에 곰팡이가 오염되어 적황색 또는 황색의 색소가 생성되어 쌀이 변질되는 경우가 있는데, 이를 황변미라 하며 황변미를 섭취하면 황변미독(yellow rice toxin)이라는 미생물 독소에 의한 중독이 일어난다. 특히 과거 우리나라를 포함한 동남아시아에서는 저장 곡류의 수분 함량을 조절하기에 어려움이 있어 특히 황변미 발생이 많았다.

오염을 일으키는 원인 곰팡이는 *Penicillium islandicum*, *P. citrinum*, *P. citreoviride* 등이다. *P. islandicum*은 erythroskyrin, skyrin, rugulosin, cyclochlorotine, islanditoxin 등의 독소를 생산하는데 이중 luteoskyrin은 *P. islandicum*의 대사산물로 간장독을 유발하며 생쥐에 대한 LD50= 221mg/kg(경구)이다. *P. citrinum*은 독성 대사물질인 시트리닌(citrinin)을 생성하며 이것은 신장독으로 네프로시스(nephrosis)를 일으키고 생쥐에 대한 LD50= 35mg/kg(복강)이다. *P. citreoviride*에 의해 신경독인 시트레오비리딘(citreoviridin)이라는 대사물질이 생성되며 시트레오비리딘의 쥐에 대한 LD50= 80mg/kg(복강), 30mg/kg(경구)이다.



7) 퓨모니신

1904년 미국에서는 *Fusarium moniliforme*에 의해 오염된 옥수수를 먹은 가축에서 독 증상이 일어난 사건이 보고되었고, 1988년 Gelderblom은 독증상의 원인 물질인 퓨모니신(fumonisin) B1과 퓨모니신 B2를 분리하였다. *F. moniliforme*은 퓨모니신이라는 독소를 생성하며 수용성으로 동물에게 치명적인 것으로 알려져 있다. 퓨모니신은 B1, B2를 비롯한 6가지 이성체가 있으며 그중 퓨모니신 B1이 자주 발견되며 독성이 강하다. 퓨모니신 B₁은 말의 뇌백질연화증(equine leukoencephalomalacia, ELEM)과 돼지의 폐수종 (porcine pulmonary edema, PPE)을 유발하며, 쥐의 간암과 병아리에서 간회저증 등의 원인물질임이 보고되었다. 여러 종류의 동물에서 다양한 독성을 일으키지만, 특히 남아프리카와 중국 화남성의 역학조사결과 사람의 식도암 유발과 높은 상관관계가 있는 것으로 알려져 주목을 끌고 있다.

옥수수 등 곡물의 재배시 발생하는 곰팡이질병의 일종인 푸사리움 이삭썩음병과 독소인 퓨모니신 등의 발생 원인균, 병징, 발생조건, 전염경로, 작황에 미치는 영향, 관리방법, 가축 및 인간의 건강에 미치는 영향 등을 요약한 것은 표 13과 같다. 특히 한국은 식용 및 사육용 옥수수의 대부분을 외국으로부터 수입하고 있기 때문에 퓨모니신에 노출될 위험성이 매우 크므로, 지속적인 오염실태조사와 식품검역체계의 확립이 필요하다.

표12 이삭썩음병과 제랄레논, 데옥시니발레놀 및 T-2 독소의 특성 및 영향 |

질 병	이삭썩음병(<i>Gibberella ear rot</i>)
주요 오염원	옥수수
곰팡이독소	Zearalenone, 데옥시니발레놀(DON), T-2
병원체	<i>Fusarium graminearum</i> , <i>Fusarium roseum</i> (sexual stage), <i>Gibberella zeae</i> ,

VI. 곰팡이독소

병 징	이삭에 분홍색에서 붉은 색의 곰팡이가 피기 시작한다. 경우에 따라 검푸른 자낭각이 수병과 포엽에 발생한다.	 <p>이삭 썩음병</p>
발생조건	옥수수의 건사가 밖으로 출사한 후 3주 이내에 기후가 차고 습해져 수분)20%, 온도 21-29℃(DON), <15℃(ZEA, T-2). 높은 습도 유지.	
전염경로	비, 비말로 인한 물에 의한 오염, 공기로 인한 오염. 곤충에 의해 전파되고 새에 영향을 끼친다.	 <p>이삭 썩음병</p>
병원체 생존	옥수수, 밀 그루터기, 풀과 같은 오염원 부스러기에서 토양근처나 토양에서 월동한다.	
작황에 미치는 영향	생산과 중량 감소, 품질 저하	 <p>이삭 썩음병</p>
관 리	파쇄된 곡물의 부스러기를 없애기 위해 윤작하거나 토양을 깊이 파서 경작한다. 수확 후 저장하기 위해 수분을 알곡인 경우 18% 이하, 껍질 벗긴 옥수수인 경우 15%이하로 한다. 수확은 빨리 하고 잡종 옥수수는 내성이 강하다.	
FDA 허용 기준치	최종밀가공품-1 ppm 돼지사료- 5 ppm(<20% 식이). 소/가금류의 곡물사료- 10 ppm(<50% 식이). 그 외 다른 동물의 곡물사료- 5 ppm(<40% 식이).	
가축에 미치는 영향	1 ppm만으로도 돼지에게는 치명적인 영향을 끼친다.	
가축의 증상	DON- 구토, 체중 감소, 설사, 무기력, 창백한 피부색, 피부 통증, 저체온, 소장출혈, 사료거부. ZEN- 불임, 유산, 출혈	
인간에 있어서의 증상	보고된 증상이 없고 연구 진행 중.	

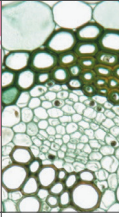




표13 푸사리움 이삭썩음병과 푸모니신의 특성 및 영향

질 병	푸사리움 이삭썩음병	
주요 오염원	옥수수	
곰팡이독소	Fumonisin	<p>푸사리움 속에 오염된 옥수수</p> 
병원체	<i>Fusarium moniliformis</i>	
병징	연어핑크에서 자갈색의 분생포자 덩어리로 낱알의 틈새나 이삭 끝에 발생하며 분말상이나 면실상의 분홍색 곰팡이로 변한다. 겉으로 곰팡이가 피지 않은 옥수수에서도 발견된다.	
발생조건	곤충이나 새에 의해 유발될 수 있고 건조하고 따뜻한 기후, 수확기에 낱알의 수분함량이 높은 경우에 발병한다. 중서부 옥수수의 90%에 영향을 끼쳤다.	
전염경로	토양과 공기, 곤충, 새, 조명총나방, 큰담배밤나방의 유충에 의해 전파된다. 그리고 저장시설과 장비에 의해서도 오염된다.	
병원체 생존	숙주 식물의 부스러기가 있는 토양이나 근처, 오염된 저장시설과 장비에서 월동한다.	
작황에 미치는 영향	사료와 시장가격 감소, 생산량, 중량 그리고 품질 저하.	<p>푸사리움 이삭썩음병</p>
관리	윤작, 심경, 내성이 있는 잡종옥수수 사용, 재배지의 질소함량 줄임 그리고 저장시설과 사용장비의 청결.	
FDA 허용 기준치	없음. 부작용 - 말 : 5 ppm, 돼지 : 10 ppm, 소 : 50 ppm.	
가축에 미치는 영향	말, 당나귀, 노새 돼지, 소	
가축의 증상	식욕 저하, 뇌백질연화증	
인간에 있어서의 증상	부작용(암)에 대해 연구 진행 중에 있다.	

VI. 곰팡이독소

8) 데옥시니발레놀

데옥시니발레놀(deoxynivalenol, 12,13-epoxy-3,7,15-trihydroxytrichothec -9-en-8-one)은 *Fusarium graminearum*, *F. culmorum* 등의 곰팡이가 생성하는 type-B trichothecenes류 곰팡이독소 중의 하나로서 vomitoxin 또는 Rd-toxin으로 불린다. 밀, 보리, 귀리, 옥수수 등의 곡류와 식품가공, 발효에 의해서도 파괴되지 않아 관련 가공제품 특히 유아나 어린이들이 섭취하는 이유식, 비스킷, 쿠키 등에서도 검출되며 전 세계적으로 가장 빈번하게 발생하는 독소로 알려져 있다.

국제암연구회(IARC)는 1993년에 *F. graminearum*과 *F. culmorum*으로부터 유래된 독소가 동물과 인간에 대한 발암성 증거가 불충분하므로 인간에 대해 발암 가능성이 없는 물질로 분류했다(Group 3). 데옥시니발레놀에 노출된 가축은 식욕부진, 구토, 사료 거부 등의 증상을 보이다가 결국 체중이 감소한다. 사료섭취량과 체중감소에 있어 자연적으로 오염된 사료가 순수한 독소보다 더 강한 독성을 가진다고 보고되었다. 인체에 대한 독성사례는 한국, 일본, 인도, 콜롬비아, 중국 및 남아공에서 보고되었는데, trichothecenes에 오염된 곡물(밀, 보리, 옥수수)을 섭취했을 때 메스꺼움, 구토, 설사, 복통, 두통 그리고 현기증을 포함한 증상이 관찰되었다.

JECFA는 생쥐를 대상으로 한 아만성 독성실험에서 도출된 NOAEL값을 기초로 하여 2001년에 데옥시니발레놀에 대한 잠정적 TDI를 1 μg 데옥시니발레놀/kg bw으로 설정하였다. 그러나 이 수준에서 면역체계, 성장, 생식기능에 대한 영향력에 대해서는 결론짓지 않았다. 또, 2002년 SCF(Scientific Committee on Food, 2002)에서는 데옥시니발레놀의 일일섭취허용량(TDI)를 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ bw/day으로 설정하였다.

밀, 보리 등 곡물의 재배시 발생하는 곰팡이질병의 일종인 붉은곰팡이병과 독소인 데옥시니발레놀의 발생 원인균, 병징, 발생조건, 전염경로, 작황에 미치는 영향, 관리방법, 가축 및 인간의 건강에 미치는 영향 등을 요약한 것은 표 14와 같다.

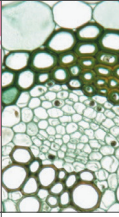




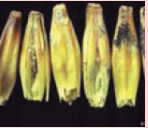


표14 붉은곰팡이병과 데옥시니발레놀의 특성 및 영향

질 병	붉은곰팡이병 (Scab, head blight)	 <p>붉은 곰팡이 병에 오염된 식물</p>
주요 오염원	밀, 보리	
곰팡이독소	데옥시니발레놀	 <p>붉은 곰팡이 병에 오염된 이삭</p>
병원체	<i>Fusarium graminearum</i> , <i>Gibberella zeae</i> ,	
병징	<p>주로 이삭에 발생하나 어린 모에도 침입하며 파종 후 어린 모에도 마름병을 일으킨다.</p> <p>밀-처음에는 이삭의 종실 또는 줄기에 연갈색 반점이 생겼다가 습도가 높으면 반점에서 백색 균사가 나와 이삭이 희게 덮이고 나중에는 분홍색에서 오렌지색의 곰팡이가 생기며(분생포자) 이삭 전체로 번지기도 한다.</p> <p>보리-먼저 수침된, 약간 갈색을 띠는 반점이 꽃대나 지랑각에 생기고 수침과 얼룩이 전반적으로 퍼진다.</p>	
발생조건	우기, 수분>20%, 온도 21~30℃, 높은 습도, 습도가 72시간 이상 높게 유지되면 비교적 낮은 온도(15℃에서도) 발생할 수 있다.	 <p>오렌지색 포자를 가진 밀 이삭</p>
전염경로	공기전파. 우기동안 포자는 다른 작물에 침투하기도 하거나 비산되기도 한다. 오염된 작물로부터 토양에서 침투하여 포자상태로 월동하기도 한다. 곤충과 새에게도 피해를 입힌다.	
병원체 생존	풀과 같은 오염원 부수러기에서 토양근처나 토양에서 월동한다.	 <p>붉은 곰팡이 병에 의한 손상</p>
작황에 미치는 영향	생산량과 품질, 중량 감소. 이와 반대로 풍미와 baking 품질 향상됨.	
관리	파쇄된 곡물의 부수러기를 없애기 위해 윤작하거나 토양을 깊이 파서 경작한다. 수확 후 저장하기 위해 수분 15% 이하, 곰팡이 핀 낱알 13%이하로 한다.	
FDA 허용 기준치	<p>최종밀가공품- 1 ppm</p> <p>돼지사료- 5 ppm(<20% 식이)</p> <p>다른 동물사료- 5 ppm(<40% 식이)</p> <p>소이나 가금류의 사료- 10 ppm(<50% 식이)</p>	

VI. 곰팡이독소

가축에 미치는 영향	1 ppm만으로도 돼지에게는 치명적인 영향을 끼친다. 뿐만 아니라 말과 수유 중인 동물에도 출혈을 일으킨다(다만, 높은 농도인 경우). 소와 가금류는 DON과 zearalenone에 더 내성을 띤다.	 <p>G. Zeae에 오염된 보리남알</p>
가축의 증상	DON- 구토, 체중 감소, 설사, 무기력, 창백한 피부색, 피부 통증, 저체온, 소장출혈, 사료거부. ZEN- 외음부 비대 또는 종장. 생식력 감소. 소의 우유 생산량 감소.	
인간에 있어서의 증상	구토와 근육 경련	

5. 관련기관 및 전문가 목록

관련 기관 또는 사이트	전문가 또는 담당 부서
식품의약품안전청	이효민, 오금순
한국식품연구원	전향숙
서울대학교	이인원
경상대학교	정덕화
고려대학교	정수현
Institute of Sciences of Food Production(ISPA)	Angelo Visconti
National Institute for Public Health & the Environment	Hans P. van Egmond
USDA ARS	Chris M Maragos
독일연방위험평가연구소(BfR)	곰팡이독소 분석법 개발 및 위험평가
Canadian Food Inspection Agency(CFIA)	곰팡이독소 감시 및 저감화 프로그램 운영
www.FoodRisk.org	식품첨가물의 위험분석 사이트



VII. 인수공통전염병

www.miffaff.go.kr

www.foodsafety.go.kr

1. 인수공통전염병 개요

인수공통전염병은 그리스어인 Anthroozoonosis (Anthropos=인류, Zoo=동물, nosis=질병)로 “사람과 동물이 같이 감염되는 전염병”을 의미하며, 1958년 WHO/FAO 합동 전문가 회의에서는 “척추동물과 사람과 사이에서 전파하는 성질이 있는 미생물에 의한 감염 또는 질병”으로 정의하고 있다. 또한 항생제내성균과 식품을 통해 전염되는 식중독의 원인체도 인수공통전염병의 병원체로 간주하고 있다.

■ 인수(人獸)공통전염병(Zoonoses) : 동물과 사람간에 상호 전파되는 병원체에 의하여 발생하는 전염병

현재 약 250종의 인수공통전염병이 알려져 있으나 사람의 건강과 공중보건학적으로 중요한 인수공통전염병은 탄저, 브루셀라병, 장출혈성 대장균감염증, 고병원성 조류인플루엔자, 광견병, 일본뇌염, 소 해면상뇌증(BSE) 등 약 100여이다.

최근 사람의 신종전염병은 동물에서 유래하는 인수공통전염병(zoonoses)으로 알려지고 있으며, 전 세계적으로 급속히 확산하거나 병원체는 새로운 환경변화에 적응하는 특성을 나타내고 있다. 최근 발생하여 문제를 제기하고 있는 신종 인수공통전염병인 SARS, 니파바이러스, 헨드라바이러스, 웨스트나일바이러스, CJD, 조류 인플루엔자 등 대부분은 인간과 동물에게 큰 위협이 되고 있으며 최근 발생하는 인간 질병의 75% 이상이 인수공통전염병이다.

인수공통전염병의 특성은 일반적으로 감염가축은 외관상으로 볼 때 대부분 건강한 것처럼 보이며 또한 오염된 축산물도 외관상으로는 정상적인 것으로 보이고 일반적인 검출방법으로는 진단이 곤란하여 예방 및 관리가 어려운 실정이다.

따라서 인수공통전염병의 효율적인 관리 및 대응을 위해서는 위하여국가차원의 인수공통전염병 역학, 예방, 진단, 치료제 및 백신 개발 등 종합적인 대응계획 수립이 시급하다.

VII. 인수공통전염병

1) 인수공통전염병 특성

인수공통전염병은 동물에서 사람에게 접촉감염 등으로 직접 전파되거나 모기와 진드기 같은 매개체(vectors)를 통하여 간접적으로 전파되며, 많은 야생동물과 가축은 사람에게 질병을 일으키는 병원체를 갖고 있는 살아있는 병원소(living reservoirs)이다.

최근 사람에게서 발생되고 있는 신종전염병(emerging infectious disease)은 동물로부터 전파되는 인수공통전염병으로 알려지고 있으며, 동물에 숙주특이성을 나타내던 이러한 병원체가 갑자기 사람에게 감염되는 이유는 병원체의 변화와 숙주 감수성 변화 등에 의한 것으로 추정되고 있다.

원 인	대상 질병
유전적 변이	고병원성 조류인플루엔자(HPAI)
항균제 내성획득	반코마이신내성 포도상구균 감염증(VRSA)
숙주의 감수성 변화	물개의 브루셀라 및 페스트
야생동물과의 접촉 증가	에볼라, 라사열, 마버그, 야토병
단백질 변화(Prion)	소 해면상뇌증(Creutzfeldt-Jakob disease ; vCJD)

WHO/FAO/OIE 합동 인수공통전염병 전문가회의('04, 5월)에서 인수공통전염병의 출현은 세계적, 지역적으로 중대한 문제로 현 증가추세가 계속될 것이며, 이에 대한 대응은 지역 및 국가간 그리고 공중보건 및 수의학 부문간의 상호협력을 강조하고 있다.

인수공통전염병은 다양한 위험요인들이 끊임없이 변화하여 발생하기 때문에 예측이 극히 어려우며, 조리 및 농업관행, 국제여행, 자연환경 파괴 등 인간의 활동과 행태가 발병요인이 될 수 있으며, 인수공통전염병에 대한 대응을 위해 지리정보시스템, 분자 역학, 의학/수의학/집단생물학/IT/경제/사회/진단 등 다양한 분야를 통합적으로 적용한 새로운 감시 및 대응 시스템 필요하다.



잠재적으로 연관성 있는 동물과 공중보건 문제를 조기 발견하여 대응하기 위해 국제기구(WHO,FAO,OIE)가 발령하는 조기·경보·시스템의·통합과 아울러 인수공통전염병 예방 및 통제를 위해 동물과 사람의 보건 데이터를 국가 및 지역차원에서 통합 및 추진이 필요하다.

신종 인수공통전염병 상황을 분석하는 국제 네트워크 개발과 위험 평가 등을 위한 기술적 지침의 개발, 인수공통병원체에 대한 인의 및 수의분야 실험, 연구, 공중보건업무 네트워크가 구축·강화가 요구된다.

국내에서도 국가차원의 효과적인 인수공통전염병 관리를 위한 대응 체계를 수립하고 있으며 가축의 전염성질병이 발생하거나 퍼지는 것을 막음으로써 축산업의 발전과 공중위생의 향상에 기여함을 목적으로 하는 가축전염병예방법과 사람의 전염병예방법에 근거하여 인수공통전염병의 예방관리에 효율성을 기하고 있다.

2) 인수공통전염병 분류

(1) 세균성 인수공통전염병 (bacterial zoonoses)

세균성 인수공통전염병은 약 150종으로 알려져 있으나 주요한 것은 약 40종이 있다. 세균성 인수공통전염병 중에서 탄저, 브루셀라증이 주요 질병으로 분류되고 있으며, 동물 및 가축에서는 우결핵, 사람에서는 찌꺼가무시병 등이 주요 질병으로 분류되고 있다

(2) 바이러스성 인수공통전염병 (viral zoonoses)

바이러스성 인수공통전염병 중 주요한 것은 약 30여 종이 있으며, 대부분의 바이러스는 숙주-특이성이 있어 사람의 바이러스 감염증은 자연계에서 주로 사람 사이에서만 전파되지만 일부 바이러스 감염증(예; 광견병과 절지동물 매개성 뇌염)은 동물종간에 전파

VII. 인수공통전염병

될 수 있다. 바이러스성 인수공통전염병 중에서는 조류인플루엔자, 에볼라 등 출혈열, 광견병(공수병), 소 해면상뇌증(BSE, vCJD), 일본뇌염이 주요 질병으로 분류되고 있다.

(3) 진균성 인수공통전염병(fungal zoonoses)

최근 장기이식환자와 면역저하환자에서 생명을 위협하는 진균성 기회감염증이 점차 증가되고 있으며 주요한 진균성 인수공통전염병은 약 10여 종이 있다. 진균성 인수공통전염병 중에서는 아스페르길루스증, 크립토코코스증, 콕시디오이데스증 등이 주요 질병으로 분류되고 있다.

(4) 기생충성 인수공통전염병(protozoan zoonoses)

기생충성 인수공통전염병원체는 원충류, 선충류(nematodes), 흡충류(trematodes) 및 촌충류(cestodes) 등 다양하고, 여러 조직에 기생하며, 중간숙주 등을 통하여 감염된다. 원충류는 주로 장관과 비뇨생식기계로 기생하거나 혈액과 조직에 기생하며, 주로 분변-구강 경로로 전파되며, 모든 원충류는 생활사에 중간숙주를 필요로 하는데 동물과 절지동물 및 어류들이 중간숙주가 되며, 기생충성 인수공통전염병 중에서 말라리아, 독소플라즈마증, 간?폐흡충, 바베시아병, 크립토스포리디움증 등이 있다.

3) 발생 현황

우리나라의 동물에서의 인수공통전염병 발생현황을 살펴보면 브루셀라병, 결핵, 광견병, 뉴캐슬병은 과거부터 지속적으로 발생하고 있다. 탄저는 2000년에 1건 발생이후 발생보고가 없다가 2008년에 경북 영천에서 1건 발생한 바 있으며, 고병원성 조류인플루엔자는 2003년 12월부터 2004년 3월까지 19건이 발생한바 있고, 또한 2006년 11월부



터 2007년 3월까지 7건(닭 4, 메추라기 1, 오리 2)이 발생한바 있다. 그러나 소해면상뇌증, 에볼라열, 웨스트나일, 니파바이러스 등은 아직 국내 발생은 없으나 유입 경계 대상이 되고 있는 질병으로 예의 주시하고 있다.

과거에는 가축전염병이 일부국가에 한정되어 발생하다가 최근에는 국제교역이 빈번해지고 또한 유동인구가 급증함에 따라 특징지역에서 유행하던 질병이 전 세계로 급속히 확산하는 추세이다. 특히 우리나라는 중국 및 동남아시아 국가들과 인접해 있는 지리적 취약점이 있어 이들 국가로부터 질병이 유입될 가능성이 높다.

최근 2000년 및 2002년에 발생한 구제역이나 2003년에 발생한 고병원성조류인플루엔자가 우리나라뿐만 아니라 일본과 거의 동시에 발생하는 사례나 2006년도 분리한 바이러스가 “Qinghai-like 유전자 그룹”에 속하는 것으로 보아 앞으로 전염병발생은 한 나라에 국한되는 문제가 아님을 보여주고 있다.

| 주요 인수공통전염병 발생현황(건수) |

인수공통 전염병	년도별 발생 건수							
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
탄저	1	-	-	-	-	-	-	-
브루셀라병	153	60	47	81	721	2,590	4,498	2,333
결핵병	149	138	177	169	135	167	115	174
요네병	1	1	6	10	28	30	20	26
소해면상뇌증	-	-	-	-	-	-	-	-
큐열	-	-	-	-	-	-	-	-
광견병	24	32	78	30	26	14	19	1
H5N1	-	-	-	14	5	-	4	3
뉴캐슬병	84	39	88	49	27	18	16	4

VII. 인수공통전염병

2. 전염병별 특성

1) 탄 저(Anthrax)

(1) 개요

탄저는 탄저균(*Bacillus anthracis*)의 감염에 의해 갑자기 발열, 호흡곤란 등으로 폐사하는 급성, 열성전염병으로 사람에게 감염시 급성으로 사망에 이를 수 있는 매우 위험한 인수공통전염병으로서 생물무기로도 이용되는 생물테러전염병이다.

우리나라 탄저병 발생은 1907년에 최초 공식보고가 있는 이후에 1930년대 까지 연간 약 500두에서 1,000두를 상회하는 높은 발생빈도를 나타내었다. 이후 탄저-기증저 혼합백신 개발 및 사용으로 급격히 발생이 감소되기 시작하여 1978년 이후에는 발생이 없었다. 그러나 최근 소에서 1994년에 2두(경주, 홍성 각 1두), 1995년에 1두(홍성), 2000년 2두(창녕) 그리고 2008년 1두(영천)가 발생하였다.

한편, 사람에서는 국내 가축에서의 철저한 예방에 힘입어 거의 발생하지 않고 있으나 과거 1995년 2명, 2000년 5명이 발생한 것으로 알려져 있으며, 이들은 대부분이 절박 도축소 또는 갑자기 폐사한 소를 불법으로 도살하여 고기를 섭취함으로써 발생하였다.

최근 들어 탄저는 생물학적 테러 원인으로 주목받고 있으며 WHO보고에 따르면 인구 50만명이 사는 도시에 탄저균 50kg이 살포된다면 바람의 방향에 따라 약 95,000명이 사망하고 125,000명이 치료를 받아야 할 것이라고 한다. 사람이 탄저균에 감염될 수 있는 균수(infectious dose)는 명확하지는 않지만 실험동물(영장류)에 대한 실험결과 약 8,000~50,000의 아포를 호흡기도로 섭취할 경우 감염될 수 있다고 한다.

(2) 감염경로

동물에서 탄저의 주된 감염경로는 탄저균에 오염된 토양이나 목초 등에 의한 경구감염



이며, 상처를 통한 피부감염 또는 호흡기 감염도 일어난다. 또한 흡혈곤충, 오염된 수 피, 수모, 골분 등도 감염원으로 작용할 수 있다. 탄저는 소, 양, 산양, 말, 노새, 개 등 모든 포유동물에 감수성을 가진다. 발생계절은 주로 여름철이며, 습도, 온도가 높을 경 우 그리고 우기에 흔히 발생한다.

(3) 증상

탄저병의 잠복기는 1~5일이다. 임상증상은 증상이 나타난 후 1-2 시간 후 폐사하는 심 급성형의 경우와 24 시간내에 폐사하는 급성형이 있으며, 일반적으로 갑작스런 발열, 호흡곤란, 심계항진, 침울, 천연공으로부터의 출혈 등을 볼 수 있다. 이외에 식욕감퇴, 반추 및 비유의 중지와 목, 가슴, 허리 등의 부위에 부종을 볼 수 있으며, 혈변성의 설사 와 위장염의 증상이 나타날 수 도 있다.

폐사한 가축은 피하직의 부종, 피하직, 점막하 그리고 여러 장기의 출혈, 사후강직이 없 고 부패가 빠르다. 비장종대(2-5배 종창)가 특징이며, 암적색의 혈액 응고부전, 각종 임과절에서 출혈성 종창 등이 관찰된다

(4) 예방관리

탄저는 동물과 사람에서 모두 치명적인 질병이며, 급성경과를 취하기 때문에 치료보다 는 예방에 힘을 기울여야 한다.

동물에서 탄저 발견시 페니실린제제 등 항생제 치료로 효과를 기대할 수는 있으나 급성 경과이기 때문에 예방접종에 의한 방역을 실시해야 한다. 우리나라는 탄저의 예방을 위 해서 탄저-기종저 백신을 과거 탄저 발생이 있었던 상재지를 중심으로 매년 예방접종 을 실시하고 있다.

VII. 인수공통전염병

일단 탄저로 의심되는 환축을 발견할 경우에는 신속히 격리하고 관계 방역기관에 신고 하여야 하며, 주위 환경이나 오염지역에 대해서는 탄저균의 아포까지 파괴할 수 있는 포르말린계나 요오드계 소독제를 사용하여 철저히 소독함으로써 다른 동물로의 전파를 차단해야 한다. 아울러 탄저에 감염된 가축과 오염된 사료, 깔짚 등은 소각 또는 매몰하여 전염을 방지하여야 한다.

2) 브루셀라(Brucellosis)

(1) 개요

브루셀라병(Brucellosis)은 세포내 기생세균인 브루셀라균(Brucella)에 의해 소, 돼지, 산양, 면양, 개 등의 동물에 감염하여 태반에 염증을 일으켜, 임신 후반기에 유산, 불임 등이 특징이며, 전염성 유산증(contagious abortion)이라고도 한다.

소 브루셀라병은 캐나다, 호주, 일본 등의 일부 선진국에서는 근절되었으나 중국, 멕시코, 브라질 등을 비롯한 여러 나라에서 발생하고 있다. 우리나라에서는 1955년에 도입된 젖소에서 처음으로 검색되었으며, 그 후 지속적으로 산발적인 발생을 보이다가, 1984년부터 제주도지역에서 폭발적인 발생으로 제주도는 1985년부터 소 전 두수를 대상으로 브루셀라병 특별검진사업을 실시하여 2001년에 근절시켰다. 그러나 제주도를 제외한 내륙의 경우 2003년 이후 한우에 대한 검사 확대로 소 브루셀라병 보고가 증가하기 시작하여 2005년 및 2006년에는 약 2% 수준까지 증가하였다. 철저한 검진 및 살처분과 더불어 검진증명서 제도를 실시하여 2007년에 약 1%수준으로 감소하고 있어 점차 감소하는 추세에 있다.



| 한우 및 젖소에서 브루셀라병 발생현황 |

년 도		'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07
전체	건수	131	110	172	711	2,590	4,498	2,333
	두수	754	845	1,088	5,383	17,690	25,454	11,547
젖소 (건/두)		127/684	105/662	110/498	116/ 1,282	141/ 2,166	177/ 1,314	84/ 1,001
한육우 (건/두)		4/70	5/183	62/590	595/ 4,101	2,449/ 15,524	4,321/ 23,140	2,249/ 10,546

한편 사람의 브루셀라병은 주로 축산업 관련 종사자(농장?도축장 종사자, 수의사, 인공 수정사, 채혈요원, 실험실 근무자 등)에게 발생하는 직업병의 일종이다. 사람 브루셀라 병 감염 환자는 2002년에 1명이 공식 보고된 이후 2003년 16명, 2004년 47명, 2005년 158명, 2006년 215명, 2007년 101명이었다. 이들 사람의 지역별 발생 양상은 소 브루셀라병 발생양상과 유사하며, 이병은 일종의 직업병으로 축산업종사자(73.8%), 수의사(15.4%) 등에서 발생하고 있다.

(2) 감염경로

브루셀라병에 감염된 소가 유산 또는 분만시에 배설되는 태반, 분비물이나 젖소의 우유에 브루셀라균이 막대한 양으로 오염되어 있어서 이들이 주요 전염원이 된다. 감염된 소는 유산발생과 관계없이 분만 2주전부터 균을 질 분비물로 배출하기 시작하여 분만 후에도 약 2개월 동안 계속해서 배출하여 다른 동물로 전염시킬 수 있다.

브루셀라균에 오염된 태반, 우유 등 분비물이나 오염된 사료, 물 등의 섭취에 의한 경구 감염이 주요 감염경로이지만, 눈(결막), 상처난 피부 등을 통한 감염도 일어나며, 수소

VII. 인수공통전염병

가 감염될 경우는 자연 교미에 의해서도 전염이 가능하다.

농장간의 전파는 브루셀라병 감염농장에서 구입한 잠복감염 소에 의해 전염되는 것이 대부분이며, 간혹 인근 발생농장으로부터 전염되거나 농장에서 사육하는 개, 고양이 등의 다른 동물이 유산된 태반 등을 물고 다니면서 전염시키는 경우도 있다.

사람의 감염은 대부분이 브루셀라균에 오염된 우유를 살균하지 않고 섭취하거나, 감염된 가축의 유산태아, 후산물에 직접 접촉을 통해 감염된다.

(3) 증상

브루셀라병의 잠복기(감염된 이후 증상이 나타날 때 까지 기간)는 일반적으로 3주~3개월 정도로 알려져 있지만, 길게는 6~10개월까지 지속되기도 한다. 즉 감염시기 및 감염 세균의 양에 따라 잠복기는 다양하게 나타난다.

유·사산은 주로 초임 소에서 임신 후반기(6-8개월)에 발생하고, 이후 임신에서는 태반에 염증이 있어도 유산되는 경우는 드물지만 균을 계속 배설하고, 한번 감염된 소는 대부분이 일생동안 보균소가 되어 다른 가축에 전염원 역할을 한다. 유산 이외의 일반 증상으로는 후산정체와 수태율이 저하되며 간혹 유방 및 유방상 임파절의 종창이 있고, 숫소에서는 고환염 및 부고환염이 있을 수 있다.

사람의 잠복기는 보통 2-4주이며, 지속적 혹은 간헐적으로 일정하지 않은 기간 계속되는 발열이 특징이다. 아울러 두통, 허탈, 다량의 발한, 오한, 관절통, 체중 감소, 전신통 등을 동반한다.

(4) 예방관리

브루셀라병은 병원체가 세포내 기생세균이기 때문에 항생제 등으로 치료가 극히 어려



을 뿐만 아니라 장기적인 치료가 필요하여 경제적으로 타당하지 않다. 따라서 본 병의 근절을 위해서 세계적으로 검색 및 살처분 정책을 실시하고 있으며 우리나라에서도 본 병의 근절을 위해 “우결핵 및 브루셀라병 방역실시요령”에 따라 소에 대해서는 매년 1회 이상 검사하며 검사증명서 휴대제를 의무화하여 거래소를 통한 전염 방지를 강화하고 있고 양성우는 살처분 정책을 실시하고 있다.

젖소는 집유장에서 농장단위로 연 6회이상 밀크링 검사와 더불어 2008년부터는 원유검사에서 누락된 착유전 육성우·임신우 등 젖소 밀소 전문 사육농장의 1세 이상 암소 전 두수를 개체별 검사(연1회 이상)를 받아야 한다.

한·육우는 사육중인 1세 이상 암소는 전 두수 개체별 정기검사를 의무화하고 있고, 수집상·중개상이 사육하는 소와 농가의 자연교배용 수소는 연 4회이상 전두수 검사와 더불어 고위험 지역(감염율 2.0%초과)은 모든 농장의 1세이상 암소에 대해 정기검사 외에 연1회 추가 검사를 받아야 한다.

브루셀라병 예방 및 근절을 위해 농가에서 최소한 지켜야할 세가지 수칙은 첫째, 우선적으로 농장내 감염되어 있는 소를 색출하여 살처분하므로서 전염원을 제거해야한다. 농가에서 먼저 시·도 가축방역기관에 정기검사를 의뢰하여 “브루셀라병 음성농장”임을 증명하는 것이 급선무이다.

둘째, 소를 외부로부터 구입 시에는 반드시 검사증명서를 확인하여야 하고, 아울러 브루셀라병이 발생하지 않았던 음성농장에서 소를 구입해야 한다. 출처 불명의 소나 양성농장의 동거소 구입은 농장내 브루셀라병 발생의 시초임을 명심해야한다.

셋째, 농장내에서 유·조산이 있거나 불임인 소는 격리한 후, 시·도 가축방역기관에 신고하여 브루셀라병 검사를 받아야 한다. 아울러 유산태아 및 후산물 등 분비물은 신속하게 소독 후 소각 및 매몰하여 전염을 사전에 방지해야하며, 유산태아와 후산물에 개·고양이·쥐 등의 접근을 차단하여 이들에 의한 전파를 막아야한다.

VII. 인수공통전염병

사람의 브루셀라병 예방은 살균되지 않은 우유를 섭취하지 않아야 하며, 유산으로 배출된 태반 등에 접촉을 주의해야 하며, 수의사, 도축장 종사자, 실험실 근무자 등은 감염 가족을 다룰 때는 보호안경이나 보호장갑 등 개인 보호장구 착용으로 감염예방에 주의해야 한다. 아울러 사람의 고위험군(수의사, 축주, 도축업자 등), 특히 브루셀라병 양성 농가의 축주나 종업원은 반드시 정기 검진을 받는 것이 좋다.

3) 결핵(Tuberculosis)

(1) 개요

소 결핵은 세포내에 기생하는 우형 결핵균인 마이코박테리움균(*Mycobacterium bovis*)의 감염으로 발병하는 소모성질환으로 결핵결절을 특징으로 하는 만성전염병이다. 이 결핵균은 축산물, 특히, 우유를 통하여 사람에게 전염될 수 있는 인수공통전염병으로 소 결핵의 방제는 공중보건상 매우 중요하다.

소는 조형결핵균(*M. avium*), 인형결핵균(*M. tuberculosis*) 및 비전형적인 결핵균에도 감염되나 이러한 세균은 소에서 우형결핵균(*M. bovis*)보다 병원성이 적으며 튜버쿨린(tuberculin) 대한 반응을 나타내기 때문에 피내반응을 이용한 진단을 어렵게 한다. 소결핵은 2종 가축전염병으로 젖소를 대상으로 매년 정기검진을 실시하여 양성소를 살처분 하고 있다.

우리나라의 소 결핵발생은 1913년부터 젖소에 대한 피내반응 검사를 실시하여 최초로 발생이 확인된 이후 1940년대까지는 약 15% 전후의 높은 발생을 보이다가 지속적인 결핵검사와 결핵 양성소의 살처분 정책으로 1950년대에 1.62%, 1960년대 0.56%, 1970년대 0.1%, 1980년대 0.03%로 급격히 감소하였고, 1990년대 이후 소결핵은 0.15% 내외의 비교적 낮은 발생률을 보이고 있다. 그러나 2001년 138건(1,176두), 2003년 169건(864두), 2005년 167건(726두), 2006년 115건(656두) 및 2007년 174건(839두)으로 2000



년 이후 지속 또는 다소 증가하는 경향을 보이고 있다.

소 결핵균의 사람 감염은 주로 살균하지 않은 우유의 섭취 등으로 인해 일어나므로 피내검사와 도축장 결절검사를 통하여 결핵 양성소를 색출하여 제거하고, 우유를 살균 처리함으로써 축산물을 통한 인체 감염 위험성을 근본적으로 차단하고 있으며, 우리나라에서는 현재 소 결핵균에 의한 사람 감염 예는 아직 없다.

(2) 전염경로

농장에서의 새로운 결핵발생은 기존에 발생한 농장의 감염된 소를 구입하여 발생하는 경우가 대부분이며, 농장의 관리인이나 차량 등에 의한 기계적인 전파도 있을 수 있다. 농장 내에서 소 개체 간 전염은 결핵 양성소에 의한 직접적인 접촉전염이나 감염소의 분변, 침 등으로 오염된 물, 사료를 섭취하거나, 균이 들어 있는 흙이나 깔짚 등의 먼지 흡입에 의해서도 일어날 수 있다. 이외에도 야생동물, 조류, 설치류에 의해서도 감염이 가능하며, 송아지는 분만 후 모유를 먹고 감염될 수 있다.

(3) 증상

잠복기는 수주에서 수개월로 일정치 않으나 대체적으로 상당히 길고, 초기에는 특징적인 증상을 나타내지 않는 경우가 대부분이며, 식욕결핍, 쇠약, 체중 및 유량감소, 체표면의 임파절 종창, 유방염 등을 볼 수 있다. 그리고 호흡기계통에 병변이 있는 경우는 기침, 호흡곤란 등의 증상이 있을 수 있고, 소화기계에 감염 시에는 간헐적인 설사가 있으나 일반적으로 전형적인 임상증상이 관찰되는 사례는 드물다.

감염된 소의 부검 시에는 폐, 흉막, 경부 및 복강 장기의 임파절과 간, 비장 등에 특징적인 결핵결절 형성을 볼 수 있고, 복막에 형성된 흑색의 결절을 진주병이라고도 한다.

Ⅶ. 인수공통전염병

(4) 예방관리

농장내 결핵병 발생을 막기 위한 가장 중요한 사항은 새로운 소를 외부에서 구입할 경우, 결핵병 검사를 철저히 하는 것이다. 우선, 결핵병 발생이 없는 농장(결핵병 음성농장)에서 구입하여야 하며, 소를 구입하기 전에 반드시 “결핵병 검사기록부”(시·도 가축방역기관에서 발급한 증명서)를 확인하여야 한다. 그리고 구입한 소는 반드시 다른 소와 격리 후 시·도 가축방역기관에 검진을 의뢰하여 검사결과 결핵병 음성으로 판정된 경우에만 합사하여야 한다.

농가에서 사육되고 있는 생후 12개월 이상의 소, 특히 결핵병 양성 또는 의양성 소와 동거 사육되었거나 과거 결핵병 발생 지역에서 사육되어 결핵병의 감염이 의심되는 소는 해당 시·도 가축방역기관으로부터 정기적인 결핵병 검사를 받아야 한다.

농가에서는 결핵병 예방관리를 위해 감염 또는 잠복감염된 소에서 배출된 콧물·오염된 사료·사료 등의 전염원을 제거하여야 한다. 사육시설 및 장비 등에 대해 정기적인 위생관리로 깨끗한 사육 환경을 유지하여야 하고, 개·고양이·쥐 및 야생동물이 축사에 들어가지 않도록 가능한 축사 출입을 차단하여야 한다.

농장 차단방역을 위해 결핵균에 유효한 소독제인 크레졸, 글루타르알데히드제제를 이용하여 농장 내·외부를 매주 1회이상 소독하여야 한다. 농장입구에 생석회를 도포하여 외부로부터 출입차량 등에 의한 병원체의 농장내로 유입되는 것을 차단하고, 축사 입구에는 발판 소독조에 의한 출입자 신발소독 등으로 위생관리를 철저히 해야 한다.



4) 조류인플루엔자(Avian Influenza; AI)

(1) 개요

조류인플루엔자는 전파가 빠르고 병원성이 다양하며, 닭, 칠면조, 야생조류 등 여러종류의 조류에 감염된다. 주로 닭과 칠면조에 피해를 주는 급성 바이러스성 전염병으로 오리와 야생조류는 감염되더라도 임상증상이 잘 나타나지 않는다.

인수공통전염병 중 하나인 조류인플루엔자(AI: Avian Influenza)가 세계적으로 확산 중에 있으며, 사람의 경우, '03년 홍콩에서의 발병 이후 지금까지 271명 감염하고 165명 사망(세계보건기구, '07.2)한 것으로 알려져 있고, 스페인독감(1918년 발생) 당시는 약 5,000만명이 사망한 것으로 알려져 있다.

원인체는 병원성에 따라 고병원성 조류인플루엔자, 저병원성 조류인플루엔자로 구분되며 고병원성 조류인플루엔자(HPAI: Highly Pathogenic Avian Influenza)는 국내에서 제1종 법정전염병으로 분류하고 있다.

혈청형이 다양한 것이 특징으로 혈청형이 다양한 것이 특징으로 144종류로 분류(H1~H16, N1~N9). 혈청형은 두 종류의 단백질(HA, NA)에 의하여 분류되며 현재까지 HA는 16종류, NA는 9종류가 보고되고 있다.

고병원성 조류인플루엔자가 발생 한 경우에는 우리나라를 포함하여 전 세계의 대부분 국가들이 살처분하고 있으며 발생국가에서는 양계산물을 수출 할 수 없다. 최근 우리나라 주변국인 중국, 카자흐스탄('05.7.), 러시아, 태국, 베트남, 인도네시아, 캄보디아, 홍콩, 일본 등 전 세계적으로 HPAI가 지속 발생하고 있다.

(2) 전염경로

조류인플루엔자 바이러스는 비말, 물 등에 의하여 전파될 수 있으며 가장 중요한 전파

Ⅶ. 인수공통전염병

방법은 분변의 직접적 접촉이다. 사람의 발, 사료차, 기구, 장비, 계란표면에 분변이 묻어 다른 닭에게 직접적으로 전파가 된다.

오리(집오리, 철새), 거위, 메추리 등은 조류인플루엔자 바이러스에 감염되지만 임상증상은 잘 나타나지 않으면서 바이러스를 분변으로 배출한다. 계란을 통한 단계 전염은 일어나지 않으나 난각에 오염된 분변을 통하여 전파될 수 있으므로 질병발생 증계에서 생산된 종란과 병아리의 이동은 질병을 전파시킬 수 있다.

분변속에 있는 바이러스는 최소한 4℃에서 35일 이상 생존이 가능하며, 바이러스에 오염된 분변 1그램은 약 100만수의 닭을 감염시킬 수 있다.

(3) 증상

임상증상은 바이러스의 병원성에 따라 다양하며 호흡기증상, 설사, 산란율의 급격한 감소, 비늘 등 머리부위에 청색증을 보인다. 바이러스의 병원성에 따라 폐사율은 0~100%로 다양하며 산란율도 40%~50% 저하 또는 산란중지로 다양하다.

(4) 예방관리

현재 조류인플루엔자에 대한 생독, 사독백신을 개발할 수는 있지만 혈청형이 다양하고 서로 방어가 되지 않는다는 점에서 생독백신은 효용성이 떨어지고 여러 혈청형을 혼합하여 만든 사독백신은 임상증상을 어느 정도 막을 수는 있지만 분변으로의 바이러스 배출을 막을 수 없기 때문에 방역정책상 적극적인 사용이 되지 않고 있다.

따라서, 가장 중요한 것은 차단방역과 발생초기에 적극적인 살처분이다. 차단 방역을 위해서는 다른 질병과 마찬가지로 외부인, 외부차량의 출입을 통제하고 양계장에 비치된 장비, 기구 특히 난좌 등을 항상 깨끗이 세척을 하고 소독을 하여야 한다. 특히, 여



러 농장을 방문하여야 하는 수의사는 자신의 차량이나 신발 등 직접적인 전과수단이 되는 요인에 대하여 항상 염두에 두어야 한다. AI 바이러스는 소독에 약하기 때문에 일반적인 소독약제로도 충분한 효과를 볼 수가 있다.

한편 우리나라에 도래하는 철새는 최근 조류인플루엔자 감염이 심각한 시베리아 등지에서 번식하여 한국, 중국, 일본지역으로 월동하고 있고, 국내 도래 철새 중 가장오리(Baikal teal)의 경우 10월초에 국내 확인된 바가 있어 철새가 9월경부터 국내 도래 가능성 추정되므로 국내 철새도래지에 유입 위험이 높아지고 있다. 따라서 발생지역과 위험도가 높은 지역에 대한 예찰을 강화하고 오리 및 철새에 대한 검사강화를 추진하고 있다.

5) 소 해면상뇌증(Bovine Spongiform Enterophalopathy; BSE)

(1) 개요

소해면상뇌증(BSE; Bovine Spongiform Encephalopathy)이란 전염성해면상뇌증(TSE; Transmissible Spongiform Encephalopathy)의 일종으로 소에서 발생하는 만성 신경성 질병으로서 일명 광우병 또는 프리온질병(Prion Diseases)으로 불려지고 있다. 변형 프리온 단백질 감염에 의한 신경세포의 공포변성과 중추신경조직의 해면상 변화가 특징으로 2년~5년의 다양하고 긴 잠복기와 불안, 보행장애, 기립불능, 전신마비 등 임상증상을 보이다가 결국은 폐사되는 치명적인 만성 진행성 질병이다.

원인체가 변형 프리온이라는 동질성 때문에 전염성해면상뇌증(TSE)으로 분류되고 있으며, TSE에는 동물의 종에 따라 소의 해면상뇌증(Bovine Spongiform Encephalopathy: BSE), 양 및 산양의 스크래피(Scrapie), 사슴류의 만성소모성질병(Chronic Wasting Disease: CWD) 등이 있다. 소해면상뇌증은 1985년 영국에서 처음으로 발생이 보고된 이후 프랑스 등 유럽지역과 캐나다, 미국, 일본 등의 국가에서 발생하고 있으나 다행히 우리나라는 발생이 없다.

VII. 인수공통전염병

(2) 전염경로

소해면상뇌증의 병원체는 비정상적인 변형 프리온(prion) 단백질로서 유사질병인 스크래피병에 걸린 양(羊)이나 소해면상뇌증에 걸린 쇠고기 및 부산물을 경구섭취 함으로써 전염이 일어나며 뇌 등 신경조직에 변형 프리온이 증식하여 다년간 축적됨으로써 질병이 유발된다. 그러나 접촉감염은 일어나지 않으며 또한 수직전파의 가능성도 거의 없다.

비정상적인 변형 프리온 단백질은 정상 프리온 단백질이 변성된 것이며 끓이거나 단백질 분해효소(proteinase)로 처리하여도 파괴되지 않는 것이 특징이다. 3기압의 조건으로 133℃에서 20분 이상 열처리하거나 2N 수산화나트륨 또는 유효농도 2%의 차아염소산으로 20℃에서 하루 밤 소독하여야 프리온을 사멸할 수 있다.

(3) 증상

소 해면상뇌증의 잠복기는 수개월에서 수년으로 다양하나 평균 4-5년의 긴 잠복기를 가지는 질병이다. 초기증세로는 빛과 소리와 같은 조그만 자극에도 민감하게 반응하고, 쉽게 흥분하며, 울음소리가 이상해지고, 불안, 골반 및 후지의 이상으로 보행장애 등의 신경증상이 나타나며, 체중감소와 유량감소도 관찰된다. 말기에는 기립불능, 전신 마비 등으로 인하여 결국 폐사하므로 임상증세만으로도 사육단계나 도축단계에서 검색이 가능하다.

해부 소견은 없으며 병리조직학적 검사시 뇌간(중뇌, 뇌교 및 연수)에서 회질신경망(gray matter neurophil)의 양측 대칭성 해면상 변화 및 신경핵을 구성하는 신경세포의 스폰지형태의 공포형성이 특징적인 병변으로 관찰된다.

소염성해면상뇌증의 정밀진단은 다른 미생물에 의한 전염성 질병과는 달리 원인체가 쉽게 분리되지 않으며, 현재까지 살아있는 상태에서 진단할 수 있는 혈청학적 진단방법



이 개발되어 있지 않기 때문에 죽은 가축의 뇌 및 척수 신경조직의 정밀검사에 의해서만 진단이 가능하다. 표준진단법으로 공인된 뇌 조직을 검사하는 병리조직검사법, 면역조직화학염색법, 면역블로팅검사법, 전자현미경검사법을 기본으로 하여 정밀진단을 실시하고 있다.

(4) 예방관리

현재 우리나라에는 소해면상뇌증이 발생하고 있지 않으므로 국내에 이 질병이 유입되지 않도록 하는 것이 최선의 방역대책으로써 철저한 검역을 통하여 소해면상뇌증 발생 국산 반추류 동물이나 그 생산물(우유 및 유제품, 원피 제외)이 수입되지 않도록 해야 한다.

국내에 소해면상뇌증으로 의심되는 임상증상이 나타나는 의사환축 발생시에는 방역기관에 즉시 신고하여 최단 시간내에 정밀진단이 이뤄져야 한다. 또한 사료안전관리 강화로서 반추가축 사료에 동물성 원료 사용금지 및 혼입여부 검사강화와 발생가능성이 높은 위험축군을 집중검사와 있으며 연차적으로 검사물량을 증가하고 있다. 아울러 발생대비를 위해 전두수 검사를 위한 시설 및 장비확보와 신속진단키트 비축 및 특정위험물질(SRM) 처리 도축장 확보를 추진하고 있다.

VII. 인수공통전염병

3. 관련기관 및 전문가 목록

조직	담당업무	연락처
농림부 가축방역과	- 가축질병방역 정책수립 총괄 - 소 해면상뇌증 방역대책의 수립	02)500-1935 www.maf.go.kr
국립수의과학검역원 동물위생연구소 해외전염병과	- 전염성 해면상뇌증 조사 및 진단기술 연구 - 전염성 해면상뇌증 검사결과 분석 및 평가 - 소해면상뇌증의 역학요인에 대한 정밀검사	031)467-1898 www.nvrqs.go.kr
국립수의과학검역원 동물위생연구소 조류질병과	- 조류에 관한 질병연구업무 총괄 - 조류 인플루엔자에 관한 업무	031)467-1807 www.nvrqs.go.kr
국립수의과학검역원 동물위생연구소 세균과	- 탄저, 브루셀라, 결핵 등의 세균성 인수공통 전염병 연구 및 식중독 관련 장내세균 연구 업무	031)467-1765 www.nvrqs.go.kr
국립보건연구원 감염병센터 질병매개곤충팀	- 질병매개곤충팀에서는 위생곤충과 설치류의 생태학적 연구와 이와 관련된 매개질병의 전파환과 질병차단을 위한 연구 수행	02)380-1506 www.cdc.go.kr
국립보건연구원 감염병센터 병원체방어연구팀	- 탄저, 백일해, 디프테리아, 보툴리누스균 등 세균성 독소를 생성하는 병원균에 대한 진단법과 백신개발 및 병원체가 생산하는 독소 등 연구	02)380-1465~7 www.cdc.go.kr
질병관리본부 질병조사감시부 역학조사팀	- 제1~4군 전염성 질환 및 식중독 질환 발생 시 원인 규명 및 신속한 방역조치를 위한 역학조사업무 수행	02)380-1482~3 www.cdc.go.kr
세계보건기구 (WHO)	- 세계보건기구의 BSE 관련 정보 제공 사이트, 감시 및 관리 등에 관한 자료 제공	http://www.who.int/zoonoses/diseases/bse/en



www.mfaff.go.kr

www.foodsafety.go.kr

조직	담당업무	연락처
식량농업기구 (FAO)	- 조류인플루자에 대한 기초자료 및 연구자료, 비디오 등 다양한 자료 제공	http://www.fao.org/ag/againfo/subjects/en/health/diseases-cards/special_avian.html
Organic Consumer Association	- 비영리 국제기구인 OCA는 식품안전, 유전자재조합 등 각종 토픽에 대한 이슈를 다루고 있음. 소 해면상뇌증에 대한 각종 정보도 제공	http://www.organicconsumers.org/madcow.htm
미국 FDA	- BSE에 대한 각종 자료 및 정보 제공 - 조류인플루엔자에 대한 상세 정보	http://www.fda.gov/oc/opacom/hottopics/bse.html
미국 CDC	- BSE와 CJD, VCJD 등 소 해면상뇌증관련 질병에 대한 정보 제공	http://www.cdc.gov/ncidod/diseases/cjd/cjd.htm
미국 USDA APHIS	- 미국 농무성의 BSE 관련 사이트 - BSE에 관한 새소식 및 정보 등을 제공	http://www.aphis.usda.gov/lpa/issues/bse/bse.html
EU	- 유럽연합의 조류인플루엔자 관련 사이트. - 유럽연합 내에서의 조류인플루엔자 조사 및 예방에 관한 규정 및 위해성 평가 등을 실시하고 그 결과를 사이트에 게시	http://europa.eu.int/comm/food/animal/diseases/controlmeasures/avian/index_en.htm

VIII. 자연독

1. 자연독 개요

동물이나 식물 중에는 자연적으로 생성되는 독성성분을 함유하고 있는 경우가 있으며 이를 자연독(自然毒)이라고 한다. 몇 가지 유해 어패류 중에는 본래는 무해한데 먹이 등을 통하여 독성분이 어패체에 들어가 유독화 된 것도 있으나 편의상 그것도 자연독으로 취급한다. 식품에 기생한 곰팡이가 생산하는 곰팡이독은 천연오염물이지만 자연독이라고 구분하지는 않는다.

자연독 식중독은 유독한 동식물을 잘 못 먹은 경우, 유독부위가 제대로 제거되지 않은 동식물을 섭취한 경우, 특정 환경, 특정조건에서 유독화 된 것을 모르고 섭취한 경우에 발생한다. 자연독의 생산량은 동식물 자체가 생육하는 계절과 환경에 따라 영향을 받으며, 독성작용은 개인에 따라 차이가 있는 경우가 많다.

자연독 식중독은 크게 식물성과 동물성으로 분류할 수 있다.

구분	종류
식물성 자연독	독버섯, 감자, 미숙한 매실 및 살구씨, 면화, 은행, 독미나리, 독공목, 붓순나무, 미치광이풀, 가시독말풀, 바꽃, 디기탈리스, 꽃무릇, 독보리 등
동물성 자연독	복어, ciguatera중독, 돛돔, 바다메기(장갱이), 기타 특수지질 및 지질고함유 동물성 식품, 조개류, 고동류 (권패류)

자연독에 의한 중독환자의 사망은 매년 끊임없이 발생하고 있다. 예전에는 복어독 등 동물성 자연독으로 인해 사망하는 사례가 많았으나, 현재는 조리사만이 복어를 취급할 수 있도록 법제화하여 복어독으로 인한 사망은 상당히 줄었다. 버섯, 독초, 유독종자, 유독과실 등의 식물성 자연독에 의해 사망하는 경우도 종종 있다. 자연독은 발암성, 돌연변이 유발성, 기형 유발성, 알레르기성, 영양장애 등을 일으키는 것도 있다.



2. 주요 자연독의 특성

가. 식물독

1) 버섯독

(1) 특성

간혹 신문기사를 통해 독버섯을 식용버섯으로 잘 못 알고 채취하여 먹은 사람들이 식중독 증세를 보였다는 소식을 접한다. 버섯은 널리 식용되고 있으며, 산이나 들에서 쉽게 발견할 수 있으나 간혹 독성이 있는 버섯이 섞여 있으므로 비전문가들은 함부로 버섯을 채취하여 먹으면 식중독을 일으킬 수도 있다.

자생버섯은 수 천 종이 존재하는데, 그 중에서 약 30종이 독버섯으로 알려져 있다. 버섯에 의한 식중독의 발생은 독버섯을 식용버섯으로 잘못 알고 섭취한 경우가 대부분이므로 버섯의 종류 판별이 가장 중요하나 정확하게 감별하기란 현실적으로 어려우므로 경험에 의존하여야 하며 그 일반적인 감별 방법은 다음과 같다.

- 버섯의 살이 세로로 쪼개지는 것은 무독
- 색이 아름답고 선명한 것은 유독
- 악취가 나는 것은 유독
- 쓴맛, 신맛을 가진 것은 유독
- 유즙을 분비하거나 점성의 액이 나오거나 공기 중에서 변색되는 것은 유독
- 버섯을 끓였을 때 나오는 증기에 은수저를 갖다대어 흑변이 되는 것은 유독

그러나 이것은 일반적인 방법에 불과하므로 구분하기가 어려운 경우에는 반드시 전문가의 확인을 받은 후 섭취하여야 한다.

VIII. 자연독

(2) 위해성 및 건강영향

버섯의 독소물질은 사람들이 일반적으로 생각하는 독소물질과 다르기 때문에 독버섯에 대한 잘못된 상식을 믿고 야생버섯을 무조건 식용하는 것은 매우 위험하다. 맹독성 버섯은 극히 소량으로도 인체에 치명적인 위해를 줄 수 있다. 인체에 유해한 버섯의 독성분은 조리, 냉동, 절임 등 가공 처리시에도 독성분을 유지하므로 버섯중독을 피하는 최선의 방법은 의심스러운 독버섯을 섭취하지 않는 것이다.

버섯중독은 일반적으로 급성중독 증상을 보이며 섭취량과 버섯종류에 따라 다양한 증상을 유발한다. 버섯중독은 그 증상에 따라 일반적으로 소화기계를 통하여 복통이나 설사를 일으키는 소화기장애독소와 뇌신경을 침범해서 환각을 일으키거나, 신경을 마비시키는 신경독소로 분류한다. 그 외에도 체세포 및 장기 손상을 유발하는 독소 (예: amatoxin, hydrazines, orellanine 등)와 디스설팜과 유사한 독소 등이 있다. 디스설팜계 독소의 경우 섭취 후 72시간 내에 알코올을 마실 경우 중독중세를 보이는 특성이 있다. 버섯독성은 말광대버섯(*Amanita phalloides*, 50~90% 치사율)의 phallotoxin 이나 amanitine을 제외하면 일반적으로 증상은 일과성이며 치사율이 낮은 편이다.

소화기장애중독은 무당버섯(*Russula emetica*), 큰 붉은 젓버섯(*Lactarius foriminosus*), 야광버섯(*Pleurotia japonica*) 등에 의한다. 주요 증상은 섭취 후 수 시간 내에 구토, 복통, 설사를 일으키며, 중증에서는 허탈상태가 된다. 원형질 독성을 유발하는 말광대버섯의 경우 잠복기가 길며, 초기에 소화기장애 증상을 보이며, 경련이나 헛소리를 하고 점진적인 장기 및 근육 손상의 증상을 보이다가 혼수에서 죽음에 이르기까지도 한다. 말광대버섯의 유독성분인 α -amanitine(mouse 복강내 LD50 0.1mg/kg 정도)은 환형 올리고펩티드이며 phalloitin(mouse근육주사 급성 LD50 20mg/kg정도)은 폴리펩티드이다.

신경장애 버섯독은 뇌신경 증상에 따라 무스카린 중독(muscarine), ibotenic acid/muscimol 중독, 실로시빈 중독(psilocybin)으로 분류된다. 팍버섯(*Inocybe*



rimosa), 광대버섯, 마귀광대버섯(Amanit pantherina) 등에 함유되는 무스카린독소는 심한 발한증상이 특징이며, 섭취량에 따라 복통, 설사, 호흡곤란 등의 증상을 보인다. 무스카린중독은 일반적으로 2시간 내에 가라앉고 치사율은 낮다. muscaritine에 의한 atropin 중독과 유사한 산동, 근강직 등이 있다. Ibetenic acid/muscimol 중독은 어지러움과 졸림, 흥분상태, 환각의 증상을 보이고 치사율은 낮다. Collinelus shiitake의 실로시빈 중독(psilocybin)은 이상흥분, 환각을 동반한 알코올 중독과 유사한 증상을 보인다. 그 외에 웃음버섯은 독특한 정신혼란상태를 초래한다.

(3) 예방법

야생버섯을 먹은 뒤 메스껍고 구역질이 나거나 구토, 설사, 경련, 어지러움증 등의 증상을 보이면 바로 먹은 음식을 토해내고 병원으로 가는 것이 최선이다. 독버섯들은 여러 가지 독을 가지고 있으며 증상도 독버섯 종류에 따라 다르다. 일반적으로 독버섯을 먹으면 짧으면 1~2시간, 길면 6~9시간 지나서부터 증상이 나타난다. 처음에는 메스껍고 구토가 나며, 배가 아프고 설사를 한다. 헛소리를 하거나 맥박이 가늘고 잦으며 온몸 증상이 나타나는 등 여러 가지 증상이 나타날 수 있다. 버섯중독에 대한 응급처치는 기도를 확보하여 필요시에는 인공호흡을 시키고 간과 신장기능을 검사한다. 구역질이 안 나는 경우에는 독의 종류에 따라 위세척, 활성탄 투여, 인공투석 등을 실시할 수 있다.

(4) 국내외 관리 동향

식품의약품안전청장이 정하여 고시한 '식품 등의 기준 및 규격'에 의하여 식품의 주원료로 사용할 수 있는 버섯은 아래와 같다.

VIII. 자연독

▶ 식품공전

제3.식품일반에 대한 공통기준 및 규격1. 용어의 풀이

29) 식품원재료 분류 > (1) 식물성 원료

⑨버섯류 ; 갓버섯, 곰보버섯, 공버섯(진주버섯), 구름버섯(운지버섯), 꾀꼬리그물버섯, 나도팽나무버섯(맛버섯), 느타리버섯, 목이버섯, 밥버섯, 석이버섯, 송이버섯, 짜리버섯, 양송이버섯, 영지버섯, 팽이버섯, 표고버섯, 황금빨나팔버섯, 흰들버섯(*Agaricus blazei*), 흰꾀꼬리버섯 등

(5) 기타 정보

버섯으로 인한 식중독을 예방하기 위해서는 버섯 채취시 다음과 같은 사항에 유의한다.

- ① 버섯에 관한 전문적 지식을 가진 사람과 함께 버섯을 채취한다.
- ② 식용버섯이라고 확실히 알고 있는 버섯만 채취한다.
- ③ 버섯을 채취할 때에는 반드시 종류별로 분류하고 생육상태가 좋은 것을 적정량 채취한다.
- ④ 버섯종류의 판별은 과학적으로 인정받은 전문가에게 부탁한다.
- ⑤ 확실하게 식용이라고 알고 있는 버섯 이외에는 다른 사람에게 주거나, 다른 사람으로부터 받거나 해서는 안된다.
- ⑥ 여러 종류가 섞여있는 '모듬버섯'에 주의한다. 독버섯이 섞여있는 경우가 있어 위험하다.
- ⑦ 버섯의 독은 조리해도 없앨 수 없다. 버섯의 독을 없앤다는 조리법은 모두 잘못된 지식이다.
- ⑧ 속칭이나 사투리에 의해 식용버섯과 독버섯을 혼동할 수도 있으니 주의해야 한다.



2) 시안 배당체(cyanogenic glycoside)

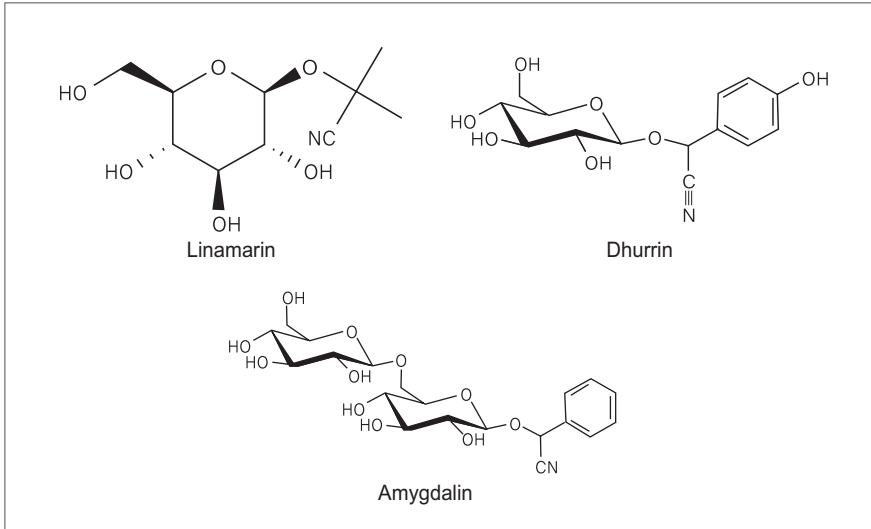
(1) 특성

미숙한 매실, 살구, 비과, 복숭아 등의 장미과 식물의 과실에는 “아미그달린”이라는 시안 배당체(Cyanogenic glycoside)가 함유되어 있기 때문이다. 특히 씨앗에는 많이 존재하며, 미숙한 과실은 조직이 부드럽기 때문에 과육에도 소량 포함되어 있다. 또한 죽순, 카사바 뿌리에도 존재한다.

시안 배당체는 이름 그대로 시안(청산)이 당과 결합된 물질로서 안정하여 인체에는 전혀 해가 없다. 보통 우리가 먹는 잘익은 과육부위는 시안배당체가 없다. 시안 배당체는 가수분해되어 시안(청산)으로 바뀌게 되는데, 시안이 사람에게 독성을 일으키게 된다. 시안을 한꺼번에 다량 섭취하면 설사 등의 중독증상을 일으키는 물질이다. 미숙한 과실에는 배당체를 가수분해하는 효소가 함유되어 있어 시안이 분리될 가능성이 있어 예로부터 “청매(미숙한 매실)은 알 것으로 먹지 말라”고 말이 전해오고 있다. 씨를 섭취하였을 때, 시안 배당체는 소장에서 β -glucosidase라는 효소에 의해 가수분해되어 시안산(HCN)으로 바뀌게 되는데 이 시안산이 사람에게 독성을 일으키게 된다.

시안배당체 함유식물로는 아몬드, 장미과 식물(양앵두, 사과, 서양자두, 아몬드, 배, 살구, raspberries, crabapples), 카사바, 수수뿌리 등이다.

VIII. 자연독



시안 당체 Linamarin, Dhurrin(단당체) “Amygdalin(배당체)”

아미그달린(Amygdalin)은 시안 배당체로서 bitter almond, 살구, black cherry 등 장미과 식물에 존재하고, Linamarin은 시안 단당체로서 카사바(잎, 뿌리), lima bean, 아마에, Dhurrin은 역시 시안 단당체로서 수수 뿌리에 존재한다.

(2) 위해성 및 건강영향

시안산의 독성은 사람이나 동물세포의 호흡에 관련된 효소 “cytochrome oxidase”의 기능을 무력화시켜 세포를 빠르게 고사시키는 것으로 알려져 있다. 그러나 사람의 몸안에서는 시안산을 신속하게 독을 제거하기 때문에 어른의 경우 시간당 50~60ppm의 농도에서는 아무런 증상없이 견딜수 있다. 그러나 30분간 200~500ppm농도에 노출되었다면 치명적이다. 낮은 농도에 노출되었을 때에는 두통, 목과 가슴의 경직, 근육약화의



증상을 보이는 것으로 알려져 있다. 시안의 독성정도는 사람이 입으로 섭취시 체중 1kg당 0.5~3.5mg으로서 강한 급성독성을 가지고 있다.

| 시안당체 독소를 함유하는 식품 및 시안산 함유량 |

식물	시안산 함유량 (mg/100g)	시안 배당체독소 종류
bitter almond	250	Amygdalin
양앵두 씨	170	Amygdalin
카사바 뿌리	53	Linamarin
Whole Sorghum	250	Dhurrin
Lima bean	10 ~ 312	Linamarin

(3) 예방법

시안배당체에서 분해되는 시안산은 열을 가하면 쉽게 휘발되기 때문에 우리 조상들은 유효성분이 풍부한 완숙전의 청매를 100℃이상의 높은 열을 가하여 매실엑기스를 만들어 약용으로 사용하였다. 미숙한 매실에 존재하는 시안 배당체에 작용하는 효소는 보통 40℃정도로 가열하면 활성을 잃게 되기 때문이다.

죽순과 카사바 뿌리를 식용으로 섭취할 경우에는 가열조리하는 것이 필요하다. 카사바의 경우 물에 담가놓으면 시안산이 빠져나오기 때문에 생으로 섭취하기 전에는 반드시 물에 오랫동안 담가 놓아야 한다. 신선한 죽순을 섭취할 때에는 죽순안에 함유되어 있는 시안 배당체는 끓는 물에 담가 두면 쉽게 파괴되어 안전하다. 죽순을 98℃에서 20분간 끓이면 시안 배당체가 70%정도 없어지며, 더 높은 온도와 끓이는 시간을 길게 하면 96%가 제거된다. 가장 안전하게 독소를 제거하려면 2시간 동안 조리가열하는 것이다.

VIII. 자연독

(4) 기타 정보

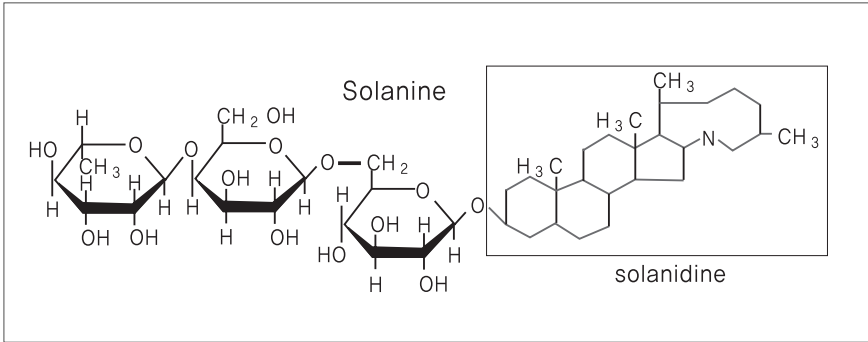
시안배당체는 오히려 건강에 기여하는 것으로 알려져 있다. 장수촌인 파키스탄의 훈자 지방에는 매실보다 시안 함량이 많은 살구를 생식한다고 한다. 과육은 먹고 씨앗에서 채취한 기름은 매일 요리에 사용한다. 매실이나 살구에 포함되어 있는 시안배당체(아미그달린)는 멕시코나 아메리카의 일부에서 암 치료제로서도 사용된다고 알려져 있다. 현재 미국 FDA로부터 승인되지 않았으나, 아미그달린은 전립선암 치료에 일부효과가 있는 것으로 알려져 있다.

3) 솔라닌(Solanine)

(1) 특성

솔라닌은 글리코 알칼로이드⁷⁾ 배당체로 가지속(屬) 식물의 줄기나 잎에 함유되어 있으며, 대개는 낮은 농도로 존재하지만 감자의 싹과 쓴맛을 내는 감자의 껍질에 높은 농도로 존재한다. 이들 독소는 미생물, 자외선, 상처 등에 의한 스트레스에 반응하여 감자로부터 생성된다. 독소의 생성량은 감자의 종류와 재배조건에 따라 달라진다. 보통 감자가 발아할 때 새눈에 많이 생성되는 독성분이다. 감자의 발아부위 외에도 녹색부위에 있으며 보통 감자에는 2~13mg/100g이 들어 있으나 광선을 쬐어 녹색이 되거나 발아된 부위에는 80~100mg/100g까지 솔라닌이 증가하여 인체에 위해를 줄 수 있다. 솔라닌은 감자뿐만 아니라 토마토와 고추에도 포함되어 있으나, 극히 소량이기 때문에 안심하고 먹어도 된다.

7) 알칼로이드 : 질소염기를 함유하는 식물성분으로 동물체에 들어가 현저한 생리활성을 나타내면 쓴맛을 가지는 물질. 약 600여종의 알칼로이드가 알려져 있으며 이중 1/4이 식물에서 발견됨



(2) 위해성 및 건강영향

솔라닌은 중추신경독으로 적혈구 파괴 등 용혈성이 있고, 소량 섭취 시 소화기장애 증상을 보이는 반면 다량 섭취 시에는 수 시간 만에 복통, 두통, 현기증, 무기력증, 마비, 무의식 등 신경계통 장애를 일으킬 수 있으며 외국의 경우 사망까지 보고된 사례도 있다. 쥐(마우스)와 토끼의 급성독성시험결과 LD50(반수치사량) 값은 각각 30~40 과 40~45 mg/kg b.w.이며, 100g짜리 감자에 20~40mg 이상의 솔라닌이 들어 있다면 먹었을 때 해가 될 수 있다. 솔라닌은 감자의 아린 맛을 증가시키고 구토, 식중독 현기증, 목의 가려움을 등을 유발하며, 심할 경우 호흡곤란을 유발하기도 하여 다량 섭취하면 상당히 위험할 수 있다. 또한 아주 민감한 사람은 적은 양에도 편두통을 일으키기도 한다. 치료를 위해서는 위를 세척하고, 필로카르핀·메타콜린 등의 의약품을 쓴다.

(3) 예방법

글리코알카라이드는 조리과정에서 파괴되지 않기 때문에 감자 싹을 섭취하는 것을 피하거나, 조리하기 전에 감자의 녹색부위나 상처부위를 제거하는 것이 중요하다. 또한 조리된 감자가 쓴맛을 보일 경우에는 먹지 않도록 해야 한다. 녹색의 감자스낵류는 먹

VIII. 자연독

지 않는 것이 최선의 대책이다. 감자를 빛이 없는 암상태와 서늘하고 건조한 장소에서 저장하는 것을 잊지 말아야한다.

(4) 기타 정보

감자를 썩이 나지 않도록 보관하는 방법 중의 하나는 감자를 보관하는 박스에 사과를 한두 개 넣어 두는 것이다. 사과에서는 감자의 발아를 억제하는 가스인 에틸렌이 나와서 썩을 튀우지 못하게 하므로 오랜 시간 보관이 가능하다. 보통 사과 한 개가 감자 10kg 정도의 썩을 억제하는 기능을 한다. 반면, 양과는 사과와 정반대의 역할을 하여 감자와 양과를 함께 두면 둘 다 모두 쉽게 상하게 되므로 같은 공간에 두지 않은 것이 좋다.

4) 그라야노톡신(Grayanotoxin)

(1) 특성

그라야노톡신은 만병초를 비롯한 많은 종류의 진달래과 식물에 함유된 유독물질로 rhodotoxin, andromedotoxin 등으로 알려졌던 자연독소이다. 석남과의 어떤 식물은 살충력이 있고 말린 잎은 재채기를 일으키게 하는데, 이 식물에 유독성 성분인 그라야노톡신 I~XIII 및 그라야노톡신-A 등 14종의 단리된 구조가 결정되어 있다. 그라야노톡신에 의한 중독은 일명 벌꿀중독으로도 불린다.

세계적으로 grayanotoxin에 의한 중독증 발생지역은 터어키, 일본, 브라질, 미국, 네팔, 캐나다 브리티시콜롬비아의 관목립지대로 알려져 있다. 영국에서는 1983년에 염소가축에 grayanotoxin 중독증이 발생하여 4마리중 1마리가 죽었으며, 폐사한 염소의 장에서 grayanotoxin이 발견된 사고가 보고된 바 있다.



철쭉꽃은 진달래목 진달래과의 낙엽관목이며 높이는 2~5m정도이고 한국, 중국, 우수리 등의 산지에서 자란다. 우리나라에서 예로부터 진달래꽃으로 술이나 떡을 만들어 먹는 풍습이 있었으나 진달래과의 꽃에는 grayanotoxin이라는 독소가 있다. grayanotoxin은 12가지가 있는데 진달래과에는 grayanotoxin I (andromedotoxin)이 꽃, 잎 및 꿀에 있으며, grayanotoxin II (andromedrol)는 나무와 잎에 있다.

최근 천연식품에 대한 선호도가 증가하면서 정제되지 않은 꿀을 복용하고 중독되는 사례가 간혹 발생함에 따라 지난 2005년 8월 식품의약품안전청은 식물 자연독인 그라야노톡신이 함유된 Rhododendron 식물로부터 유래될 수 있는 벌꿀(Mad-Honey)이 히말라야 석청이라고 표기하여 유통·판매 우려가 있어 히말라야 지역(네팔 등)에서 수입되는 모든 벌꿀에 대하여는 그라야노톡신이 함유되지 않았다는 증명서를 징구토록 조치하였다.

(2) 위해성 및 건강영향

Grayanotoxin에 의한 중독은 복용 양에 따라 수분에서 수시간의 잠복기 후에 나타날 수 있으며 대개는 30분에서 2시간 이내에 나타난다.

그라야노톡신은 유독한 벌꿀 섭취 후 바로 현기증, 과도한 발한, 저혈압, 구토 등의 중독증상을 유발할 수 있다. 그 밖의 중독 증상으로 심한 맥박수 감소와 저혈압 및 실신 등이 나타나기도 하지만 일반적으로 치사율이 거의 없으며, 24시간 이내에 중독증상이 가라앉는다.

일반적으로 grayanotoxin 중독 정도는 섭취한 양에 의존한다고 하나, 섭취한 양에 따른 정확한 독성증상에 대해서는 아직까지 밝혀진 바가 없다. Grayanotoxin의 체내 대사와 배설은 매우 빠르므로 치명적인 경우는 거의 없으며 2시간에서 9시간 내에 혈압과

VIII. 자연독

심박동수가 정상화되며 대부분 24시간 이내에 보존적인 치료만으로도 완전히 회복된다.

2000년 대한내과학회지에 발표된 사례를 보면 नेपाल과 브라질산 꿀을 한 스푼씩 넣어 만든 차를 마시고 10분경과 후 5분간 의식소실과 현기증으로 내원한 환자가 있었다. 응급실 도착 당시 심한 저혈압과 서맥 상태이었으나 간단한 응급처치 후 별다른 약제 주입 없이 정상화되어 입원 6일째 퇴원하였다.

또 진달래꽃을 먹고 구토, 갑작스러운 시력저하로 입원한 사례도 있다. 입원당시 저혈압 및 맥박수 감소 증상이 나타났다.

우리나라에서는 진달래꽃에는 독이 없다고 믿고 섭취하는 경우가 많았으나, 진달래꽃 역시 독성을 가지고 있을 수 있고 그 대표적인 것이 grayanotoxin이다. 성인에서 진달래술이나 석청을 복용한 후 어지러움, 복통, 구토, 저혈압, 실신 등의 중독증상을 보인 경우가 국내에서도 보고된 바 있다.

(3) 치료방법

Grayanotoxin 중독에 대한 치료 방법은 우선 아트로핀 주사와 수액치료를 하여 심한 저혈압이나 맥박수 감소증상을 후유증 없이 치료할 수 있다.

벌꿀 먹고 심한 발열, 어지러움, 의식저하 등의 증세를 보이면 가까운 병원응급실을 방문하여 grayanotoxin에 오염 가능성을 의미해 볼 필요가 있다. grayanotoxin 중독증상이 나타나는 시기는 꽃이 개화하는 시기와 관련이 있어서 3월말에서 5월 중순으로 알려져 있으며 평소 건강하던 환자가 3월에서 5월경에 갑자기 발현된 의식 저하, 어지러움, 구토, 저혈압, 맥박수 감소 등의 증세로 응급 센터를 방문하는 것이 최선의 치료방법이다



나. 어패류 독소

1) 복어독

(1) 특성

복어는 담백하고 시원한 맛 때문에 고급 음식으로 취급되고 있다. 복어는 우리 나라 이외에도 일본과 중국에서도 먹는 것으로 알려져 있다. 그런데 복어에는 독이 있고 잘못 하면 목숨을 잃는다는 것은 옛날부터 잘 알려져 왔으며, 약 2,200년 전에 중국에서 쓰여진 진의 시황제 시대의 “山海經”에도 복어가 사람을 죽인다고 기록되어 있다(野口, 1996). 복어는 그 서식 범위가 상당히 넓은 어류로 열대 및 온대 해역에 넓게 분포하고 있음에도 불구하고 전 세계적으로 한국, 일본 및 중국 이외에는 이를 거의 먹지 않는다는 것은 역시 독을 함유하고 있다는 것이 알려져 있기 때문으로 생각된다.

복어독에 대한 과학적인 연구는 주로 일본을 중심으로 활발하게 이루어졌으며, 1909년 田原는 복어의 독소를 추출하여 참복과의 영명 Tetraodontidae에서 연유하여 Tetrodotoxin(TTX)이라고 명명하였고, 구조는 1964년 津田 등, 平田 등, Woodward 등에 의해 동시에 밝혀졌다(橋本, 1978).

복어의 독성에 대한 많은 연구보고 중에서도 1945년 谷巖이 일본 북큐우슈우산 복어류를 중심으로 계절별, 부위별 독성을 조사하여 발표한 ‘일본산 복어의 중독학적 연구’의 내용은 지금도 많이 인용되고 있다(표1).

복어의 독성은 표에서 나타낸 바와 같이 어종이나 부위에 따라서 차이가 있다. 즉 같은 참복과에 속하는 복섬, 흰점복, 매리복 등은 근육에도 어느 정도의 독을 가지는 반면, 밀복 등과 같이 간장이나 난소조차도 거의 독성이 나타나지 않는 종이 있다. 또한 동일 종이라 하더라도 개체와 계절 그리고 어획된 지역에 따라서도 달라진다.

또 일반적으로 유독 복어에 있어서도 난소(알), 간장, 내장은 독성이 강하지만 근육은 비교적 독성이 약하다. TTX의 사람에 대한 최소 치사량은 10,000MU(mouse unit,

VIII. 자연독

1MU는 20g의 mouse를 30분에 치사시키는 독량)로 생각되고 있다. 그래서 맹독은 현재의 독성 표시로는 1,000MU/g 이상, 강독은 100~1,000MU/g, 약독은 10~100MU/g로 된다. 이와 같이 복어의 독성은 부위별로 다르고 또 가식부와 비가식부를 구분하기 쉽기 때문에 조리과정에서 충분한 주의를 하면 인명피해를 막을 수 있다.

| 표1 복어의 어종별 및 부위별 독성(谷, 1945) |

한국명	학 명	난 소	정 소	간 장	껍 질	장	근 육	혈 액	일 본 명
복 섬	<i>Fugu niphobles</i>	●	○	●	◎	●	○		Kusafugu
흰점복	<i>Fugu poecilonotus</i>	●	◎	●	◎	◎	○		Komonfugu
줄 복	<i>Fugu pardalis</i>	●	○	●	◎	◎	×	×	Higanfugu
매리복	<i>Fugu vermicularis vermicularis</i>	●	×	●	◎	◎	○		Showsaifugu
검 복	<i>Fugu vermicularis porphyreus</i>	●	×	●	◎	◎	×		Mafugu
황 복	<i>Fugu ocellatum obscurum</i>	●	×	◎	◎	◎	×		Mefugu
눈불개복	<i>Fugu chrysops</i>	◎	×	◎	◎	○	×	×	Akamefugu
자주복	<i>Fugu rubripes rubripes</i>	◎	×	◎	×	○	×	×	Torafugu
까치복	<i>Fugu xanthopterus</i>	◎	×	◎	×	○	×		Shimafugu
까칠복	<i>Fugu stictonotus</i>	◎	×	◎	○	×	×		Gomafugu
밀 복	<i>Lagocephalus lunaria spadiceus</i>	×	×	×	×	×	×		Sabafugu
청 복	<i>Canthigaster rivulatus</i>	×		○	◎	○	×		Kitamafugu



한국명	학 명	난 소	정 소	간 장	껍 질	장	근 야	체 액	일 본 명
가시복	Diodon halacanthus	×		×	×	×	×		Harisembon
강담복	Chilomycterus affinis	×		×	×	×	×		Ishigakifugu
거복복	Ostracion tuberculatus	×	×	×	×	×	×		Hakofugu
육각복	Kentrocabros aculeatus	×	×	×	×	×	×		Itohmakifugu

●, 맹독, 10g 이하로 치명적 ; ◎, 강독, 10g 이하로는 치명적이지 않음 ; ○, 약독, 100g 이하로는 치명적이지 않음 ; ×, 무독, 1,000g 이하로는 치명적이지 않음.

그런데 무독종으로 알려진 밀복의 섭취로 인한 사망 사고가 1959년 일본에서 발생하였으며, 중독 원인 복어는 베트남 연안에서 어획된 것으로 그 형태는 밀복과 아주 유사하지만 다른 종이라는 것이 밝혀져 열대산 복어의 취급에 특별한 주의가 요망된다(橋本, 1978; 野口, 1996). 근년 세계 각국의 배타적 경제수역 선포에 따라 우리 나라 어선이 열대지역의 외국 어장에서 조업을 하거나 수입하는 경우도 많아 열대해역의 다양한 종류의 어류가 유입되고 있고, 지금까지는 예상할 수 없었던 문제가 발생할 수도 있어, 전술한 일본의 복어 식중독 사고는 우리에게 큰 교훈이 될 것이다.

1983년 일본 후생성에서는 지금까지의 연구결과에서 가식할 수 있는 부위 등이 밝혀짐에 따라 처리 등에 의하여 사람의 건강을 해칠 위험이 없다고 인정되는 복어의 종류와 부위를 식품 위생법으로 정하였고 개별 독성검사에서 그 독력이 대체로 10MU/g 이하로 인정되는 부위만 판매토록 하고 있다.

또한 근년 cold-chain system이 완비됨에 따라 수입복어는 물론 근해산 복어도 동결 저장 혹은 동결상태로 수송하는 경우가 많아지게 되었다. 냉동복어를 조리하기 전에는 반드시 해동을 하여야 하는데 이 때 간장이나 껍질 등 유독부위에서 무독한 근육으로 독이 이행하게 된다. 동결복어 취급시 독의 이행을 방지하기 위한 가장 확실한 방법은

VIII. 자연독

어획직후에 유독부위를 제거하고 동결하는 것이지만 부득이 전어체를 동결하는 경우 동결방법은 특별히 고려하지 않아도 괜찮으나 해동방법은 세심한 주의를 요한다. 즉, 급속 해동법으로 해동하고, 반 해동상태에서 간장이나 껍질 등 유독 부위를 제거하여야 하는데 완전해동된 경우에는 될 수 있는 한 빨리 유독부위를 제거하고 장시간 방치하는 것을 피하여야 한다. 경우에 따라서 완만해동을 하는 경우에는 반드시 반 해동상태에서 유독 부위를 제거하여야 한다(鹽見, 1996).

순수한 TTX는 유기용매에 녹지 않으며 물에도 용해되지 않으나 산이나 알칼리를 가하면 용해되는데 약산성 용액 중에서는 안정하지만 중성이나 알칼리성에서는 불안정하다. 결정은 200℃ 이상에서 서서히 흑변하는데 명료한 융점은 나타나지 않는다.

복어독을 보유하는 생물에서 독성분은 TTX 단일 성분으로 존재하지 않고 몇 종류의 유도체가 복합적으로 구성되어 있다(그림1).

표2 사람의 건강을 해칠 염려가 없다고 인정되는 복어의 종류와 부위

한 국 명	학 명	부 위		
		근육	껍질	정소
복 섬	<i>Fugu niphobles</i>	○	-	-
흰 점 복	<i>Fugu poecilonotus</i>	○	-	-
줄 복	<i>Fugu pardalis</i>	○	-	-
매 리 복	<i>Fugu vermicularis vermicularis</i>	○	-	○
검 복	<i>Fugu vermicularis porphyreus</i>	○	-	○
황 복	<i>Fugu ocellatum obscurum</i>	○	-	○
눈불개복	<i>Fugu chrysops</i>	○	-	○
자 주 복	<i>Fugu rubripes rubripes</i>	○	○	○
까 치 복	<i>Fugu xanthopterus</i>	○	○	○
까 칠 복	<i>Fugu stictonotus</i>	○	-	○
밀 복	<i>Lagocephalus lunnaria spadiceus</i>	○	○	○



한국명	학명	부위		
		근육	껍질	정소
가시복	<i>Diodon halacanthus</i>	○	○	○
강담복	<i>Chilomycterus affinis</i>	○	○	○
거북복	<i>Ostracion tuberculatus</i>	○	-	○

주) 1. 이 표는 일본의 연근해, 동해, 발해, 동중국해 등에서 어획된 복어에 적용됨.
 2. ○는 가식부위를 나타내며, 근육에는 뼈를, 껍질에는 지느러미를 포함함.

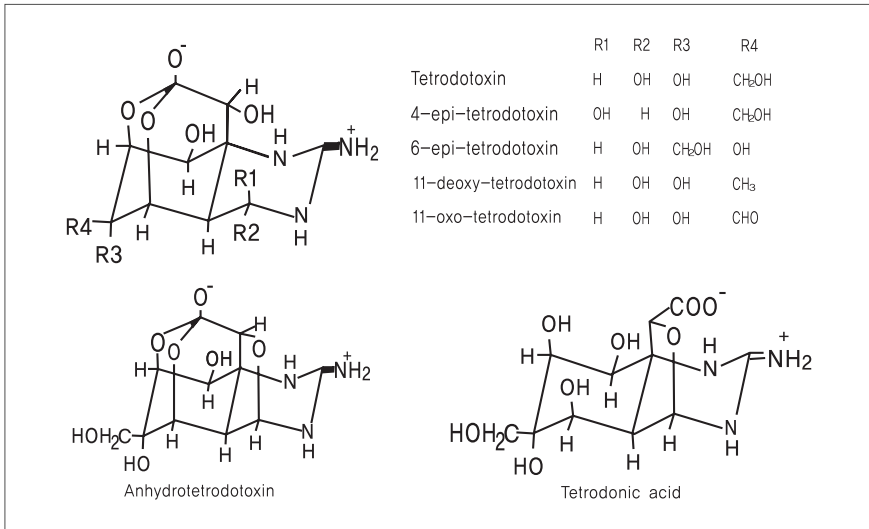


그림1 Tetrodotoxin 및 관련 유도체의 구조

각 성분별 비독성은 TTX가 5,000~6,000MU/mg이고, 4-epi-TTX는 710MU/mg, anhydro-TTX는 92MU/mg이며 tetrodonic acid는 독성이 없다(野口와 橋本, 1987). 이러한 TTX의 독성은 어패류독 중에서는 마비성패류독의 대표적 성분인 saxitoxin이

VIII. 자연독

나 gonyautoxin-2의 독성에 필적하며 NaCN의 약 1,000배에 달한다.

이 외에도 최근 분석기술의 발달에 따라 NMR을 비롯한 분광학적 방법으로 미량의 TTX 유도체가 계속 분리되고 있다. 이러한 대부분 유도체의 비독성은 TTX의 1/3~1/7정도이지만 특이하게 11 oxo-TTX는 TTX의 4배에 이르는 것으로 밝혀졌으며 개구리에서 분리된 chiriquitoxin은 TTX와 거의 비슷하다(安元과 四津, 1992).

(2) 위해성 및 건강영향

복어독은 전형적인 신경독이며 중독되었을 때의 증상에 대해서는 많은 중독 사례로부터 잘 알려져 있다. 먼저 식후 20분에서 3시간에 나타나는 중독 초기증상으로 입술이나 혀끝이 마비되며, 이 마비증세는 얼굴과 손가락에서 사지로 확산되어 결국에는 운동능력을 상실하여 보행이 곤란하게 된다. 이러한 증상과 함께 구토증세도 많이 나타나며 때로는 두통도 동반한다. 증상이 더 심해지면 혀나 목이 마비되어 음식을 삼키는 것이나 언어 및 발성이 곤란해지며, 결국에는 전신의 반사기능이 소실되고 혈압저하와 호흡마비로 사망한다(橋本, 1978).

복어독을 섭취한 후 증상이 나타날 때까지의 잠복기는 약 20-30분에서 6시간 정도로 증상이 심할수록 잠복기가 짧다. 발병에서 치사할 때까지 시간은 1.5-8시간 범위이며, 섭취 후 8시간 이상 경과하면 목숨을 잃는 일은 거의 없다.

사람에 있어서 최소 치사량은 지금까지의 중독사례 등에서 10,000MU(순수 TTX 약 2mg 상당)로 추산되고 있다. 아직 중독시 특효약은 개발되어 있지 않으므로 중독 시에는 구토를 시키고 위 세척 후 장시간 인공호흡을 실시하는 것이 유일한 대응책이다(橋本, 1978; 野口, 1996).

신경이나 근세포의 막 표면에는 많은 미세한 구멍(sodium channel)이 있는데, 세포 정지 상태에는 이것을 통하여 Na⁺가 세포 외로 유출되어 외부의 농도가 높게 존재하



므로 세포 내부는 외부보다 낮은 전위로 되어 있다. 이러한 세포에 탈분극성의 전기자극이 가해지면 Na^+ 가 세포내로 유입되어 전위변화가 일어난다. 이것이 세포의 “흥분”이며 이러한 일련의 기구를 “ Na 활성화기구”라고 한다. 흥분은 이렇게 차례차례 옆에 있는 세포에 전달되어 운동이 나타난다(清水, 1988).

櫛橋(1966)는 TTX가 극히 저농도에서 이 Na 활성화 기구를 선택적으로 저해한다는 것을 밝혔다. 전술한 세포막 표면의 sodium channel은 하나 하나가 분자량 20~30만의 단백질 분자로서 탈분극성의 자극이 주어지면 이 sodium channel protein 중앙의 구멍이 열리고 Na^+ 가 세포내로 유입할 수 있게 된다. 그런데 TTX는 guanidine기를 아래로 향하여 이 channel 단백질에 결합하여 구멍을 막아 Na^+ 의 세포내 유입을 방해하므로서 자극 전달이 중단되며 마비가 일어난다고 한다(清水, 1988). 즉, TTX는 자극에 의하여 개방되는 Na^+ ion의 통로를 막아버리므로 신경은 자극을 받아도 활동전위를 만들지 못하기 때문에 전기신호를 전달하지 못하여 마비된다. 근육세포의 수축도 신경과 같은 메카니즘으로 세포의 표면을 활동전위가 전달되어 일어나기 때문에 역시 TTX에 의하여 마비되며 saxitoxin의 약리작용도 기본적으로는 TTX와 같다고 생각된다.

한편 TTX에 의한 Na^+ 의 세포내 유입 저지기구에 대해서는 sodium channel의 구멍을 직접 막는 것이 아니라 구멍의 외측에 결합하여 간접적으로 저해한다는 설도 있다(Simizu, 1986).

(3) 중독사례

국내에서 복어독에 의한 식중독 발생사례는 최근 7년간(2002년~2008년) 총 4건이며, 환자수는 12명이었다. 발생시기는 주로 복어의 주 소비계절인 겨울철이 대부분이며, 발생장소는 부산, 제주 및 전남으로 지역적 차이는 없는 것으로 나타났다. 발생장소는 가



VIII. 자연독

정집이 2건, 일반 음식점이 2건이었다. 복어의 경우 전문적인 지식이 없이 일반 가정집에서 요리하는 것은 매우 위험하기 때문에 전문가에 의한 감별 또는 독이 있는 부위를 제거한 후 조리해야 한다.

| 표3 복어 식중독 발생현황(2002년~2008.6) |

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008.6
건수	0	1	1	0	0	1	1
환자수	0	2	4	0	0	3	3

(식품의약품안전청 자료)

(4) 각국의 관리동향

복어에 관한 일반사항에서 살펴본 바와 같이 복어는 약 5000년 전 신석기시대부터 식용으로 하였다고 추정되나 우리나라에서 복어를 식용으로 하였다는 기록은 조선시대부터이다. 일본에서는 복어의 독성으로 인하여 1500년대에「복어 식용금지령」을 내렸으며, 1890년 명치시대부터 복어는 내장을제거하고 세척하지 않으면 판매 할 수 없도록 하였다. 우리나라에서는 1962년에 제정된 식품위생법 제67조에 식중독환자를 진단한 의사 또는 한의사는 지체 없이 관할 보건소장 또는 보건지소장에게 보고하도록 하고 있으며, 일본의 경우 식용으로 사용할 수 있는 복어를 21종으로 정하고 복어의 취급방법 등에 대해 조례로 정하고 있다.

우리나라의 관련법규를 보면 식품위생법 제4조제2호에“유독·유해물질이 들어있거나 묻어 있는 것 또는 그 염려가 있는 식품을 판매하거나 판매할 목적으로 채취·제조·수입·가공·사용·조리·저장 또는 운반하거나 진열하는 것을 금지”하고, 동조 단서규정에“인체의 건강을 해할 우려가 없다고 식품의약품안전청장이 인정하는 것은 예외로 한다” 라고 규정하고 있으며, 같은 법 시행규칙 제2조의 2 제1호에 식품 등의 제조·가



공 등에 관한 기준 및 성분에 관한 규격(식품공전)에 적합한 것은 식품으로 판매를 허용하고 있으며, 식품공전 제5의2 수산물에 대한 잠정규격에 복어독의 기준을 “육질 및 껍질: 10MU/g이하” 로 정하고 있다. 그러나, 복어를 수입할 경우에는 통합공고(산업자원부 고시)에 국립수산물품질검사원장이 정한 복섬, 흰점복, 자주복, 까치복 등 21종만 수입이 가능하도록 규정하고 있으며, 수입할 경우에는 식품위생법 제16조의 규정에 따라 국립수산물품질검사원장에게 수입신고를 하여야 한다.

복어를 조리·판매하는 영업자는 식품위생법시행령 제18조의 규정에 따라 조리사를 두어야 하며, 조리사를 선임하거나 변경한 경우에는 같은법 시행규칙 제43조의8의 규정에 따라 신고 관청에 신고하여야 한다. 조리사의 면허는 식품위생법 제36조의 규정에 따라 국가기술자격법에 의한 해당 기술분야의 자격을 얻은 후 시장·군수 또는 구청장의 면허를 받아야 한다.

복어의 조리사 자격은 국가기술자격법령에 따라 필기시험과 실기시험으로 구분 실시하고 있으며, 필기시험은 식품위생관련법규, 식품학, 조리이론 및 원가계산, 공중보건학이며 실기시험은 복어조리 작업에 대해 실시하고 있다.

■ 식품공전 제5의2, 수산물에 대한 잠정규격

1) 수산물

(6) 복어독 : 육질 : 10MU/g 이하, 껍질 : 10MU/g 이하

(2) 수입가능한 복어의 종류

■ 통합공고대상물품수입요령(산업자원부 고시)

- 다음의 것으로 국립수산물품질검사원장(지원장 포함)이 정한 수입신고 및 검사 대상범위에 적합한 경우에 한하여 수입할 수 있으며, 수입할 때마다 식품위생법

VIII. 자연독

제16조의 규정에 의거 국립수산물품질검사원장(지원장 포함)에게 신고하여야함

- HSK Code : 0301-99-9020, 0302-69-9020, 0303-79-9020, 0305-59-5000

- | | |
|--|--------------------------------------|
| 1. 복섬(Fugu niphobles) | 11. 금밀복(Lagocephalus inermis) |
| 2. 흰점복(Fugu poecilonotus) | 12. 흰밀복(Lagocephalus wheeleri) |
| 3. 졸복(Fugu pardalis) | 13. 검은밀복(Lagocephalus gloveri) |
| 4. 매리복
(Fugu vermicularis vermicularis) | 14. 불룩복
(Sphoeroides pachygaster) |
| 5. 검복
(Fugu vermicularis porphyreus) | 15. 삼채복(Fugu flavidus) |
| 6. 황복(Fugu obscurus) | 16. 강담복(Chilomycterus affinis) |
| 7. 눈불개복(Fugu chrysops) | 17. 가시복(Diodon holocanthus) |
| 8. 자주복(Fugu rubripes rubripes) | 18. 브리커가시복(Diodon liturosus) |
| 9. 검자주복
(Fugu rubripes chinensis) | 19. 쥐복(Diodon hystrix) |
| 10. 까치복(Fugu xanthopterus) | 20. 거복복(Ostracion cubicus) |
| | 21. 까칠복(Fugu stictinotus) |

일본의 관련법규를 보면 1947년에 식품위생법이 제정되었으며, 동법 제4조제2호에 “유독하거나 유해한 물질 이 함유, 부착 또는 이러한 의심이 있는 것을 판매하거나 판매하기 위하여 채취·제조·수입·가공·사용·조리·저장 또는 진열하는 것을 금지한다”라고 규정하고, 동조 단서 규정에 “사람의 건강을 해할 우려가 없다고 후생대신이 정한 때에는 그러하지 아니하다”라고 규정하고 있으며, 동법 시행규칙 제1조에 “유독한 또는 유해한 물질에 있어서도 자연적으로 식품 또는 첨가물에 함유되었거나 부착되어 있는 것으로서 그 정도 또는 처리에 의하여 일반인의 건강을 해칠 염려가 없다고 인정되



는 경우” 라고 규정하고 있다. 그러나, 식품위생법만으로는 복어독에 의한 식중독을 완전히 차단하기 어려워 도쿄도 등 지방자치단체에서는 1950년대부터 복어의 취급에 대한 조례를 별도로 정하여 운영하여 왔다.

후생성에서는 1973년에 복어에 대한 식품위생법 제4조 제2호의 적용을 전국적으로 통일하는 관점에서 “복어의 위생확보에 대하여” 라는 통지문을 통하여 식용 가능 복어의 종류와 부위 및 복어 처리시 주의사항, 복어가공품에 대한 표시사항 등을 정하였다. 복어 취급조례 중에서 가장 중요시하는 것은 복어의 제독과 관련한 사항으로 복어 조리사에 대한 규정을 구체화 하고, 조리사가 복어를 취급하는 장소를 등록하도록 하는 등 이중장치로 강력히 규제 하고 있다. 복어 조리사의 수험자격은 조리사법에 의한 면허를 받고 2년 이상 종사한 자로 학과시험과 실기시험으로 구분 실시하고 있으며, 학과시험은 조례 및 규칙 및 복어에 관한 일반상식, 실기 시험은 복어의 감별 및 제독기술로서 내장 및 유독부위를 식별하여 유독한 것과 무독한 것으로 구분하는 시험제도를 실시하고 있다.

121일본식품위생법에 수산물 중 복어독은 10MU/g 이하 규정하고 있으며 수입 가능한 복어의 종류, 식용 인정 복어의 종류 및 부위와 일본의 연근해, 일본해, 발해, 서해 및 동중국해에서 어획된 복어에 적용하는 법을 시행하고 있다. 다만, 이와테현 오키라이만, 카바이시만 및 미야기현 오카치만에서 어획된 흰점복 및 졸복에 대해서는 적용하지 않는다.

2) 패류독소

우리나라에서 패류 생산량은 연간 약 40만톤에 달하고 있어 패류는 국민의 단백질 공급원은 물론 수출 수산물로서도 중요한 위치를 차지하고 있다. 수산물 중 패류에서 공중위생상 문제가 되고 있는 자연독에는 마비성패류독(paralytic shellfish poison,

VIII. 자연독

PSP), 설사성패류독(diarrhetic shellfish poison, DSP), 기억상실성패류독(amnesic shellfish poison, ASP), 등이 있다(표4). 이 중 우리 나라에서는 마비성패류독과 venerupin 중독으로 사망사건이 발생한 바 있고 설사성패류독과 기억상실성패류독도 일부지역의 패류에서 검출되고 있다.

| 표4 패류독의 종류

종 류	원 인 식 품	독 소 성 분	LD50 mouse (μg/kg)	독 소 생 성 원	한국에서 의 발생
마비성패류독	진주담치, 굴 바지락, 가리비	Saxitoxin Gonyautoxin	10	와편모조류	남해안
설사성패류독	"	Dinophysistoxin Pectenotoxin 등	28	"	남해, 동해
기억상실성패류독	"	Domoic acid	3,600	규조류	남해

가) 마비성패독

(1) 특성

PSP는 북미의 인디언들 사이에서는 옛날부터 잘 알려져 왔으며, 1700년대의 개척시대에도 기록되어 있다(Halstead, 1965). PSP에 의한 중독사고는 1790년 알래스카 알류션열도의 사냥꾼들이 Sitka 부근에서 홍합(Mytilus californianus)을 먹고 100명이 2시간 이내에 사망한 것이 최초의 보고였고, 그 후 미국, 캐나다의 대서양과 태평양연안, 그리고 일본 각지에서 발생하였다. 미국의 경우 1930년부터 1954년 사이에 캘리포니아 주에서만 373명이 중독되어 30명이 사망하였으며, 이웃 일본에서도 1948년부터 1979년



사이에 93명이 중독되어 3명이 사망한 바 있다(橋本, 1978). PSP에 대한 본격적인 연구는 Sommer와 Meyer(1937)가 독소의 정량법을 개발한 1930년대 이후 시작되었다. PSP는 그 독력이 Clostridium botulinum type A의 독력에는 미치지 못하나 저분자 독 중에서는 복어독에 필적하며 청산나트륨(NaCN)의 1,000배에 달하는 강력한 독소로 알려져 있다(野口, 1983, 표5)

| 표5 여러 종류 독소의 독력 비교

독 소	LD50	근 원	분자량
Botulinus toxin	0.00003	Bacteria	900,000
Tetanus toxin	0.0001	Bacteria	100,000
Diphtheria toxin	0.3	Bacteria	72,000
Palytoxin	0.45~0.6	Filefish, Zanthid crab	2,677
PSP			
Saxitoxin	5~10	Alexandrium sp, Bivalves	372
Gonyautoxin-2	12	Alexandrium sp, Bivalves	508
Tetrodotoxin	7~10	Puffers, Newts, Frogs, Starfishes	319
NaCN	10,000		49

Schantz 등(1957)은 개조개의 일종인 *Saxidomus giganteus*의 수관부(水管部, siphon)에서 PSP를 분리, 정제하고 이 패류의 학명을 따서 saxitoxin이라고 처음 명명하였다. 이어서 1966년 *Gonyaulax*(=Alexandrium) *catenella*에서도 같은 독소를 분리, 정제하여 PSP에 의한 패류의 독화가 먹이사슬에 의하여 일어난다는 것을 입증하였다. 그 후 계속된 많은 연구에서 PSP에는 여러 종류의 성분이 존재한다는 것이 밝혀졌으며 현재에는 saxitoxin(STX) group(STX, neoSTX), gonyautoxin(GTX) group(GTX1, 2, 3, 4), N-sulfocarbamoyl toxin group(GTX5, 6, C1, 2, 3, 4),

VIII. 자연독

decarbamoyl toxin group(dcSTX, dcneoSTX, dcGTX1, 2, 3, 4), deoxydecarbamoyl toxin group (doSTX, doGTX2, 3) 등 20 종류 이상이 알려져 있다(그림2).

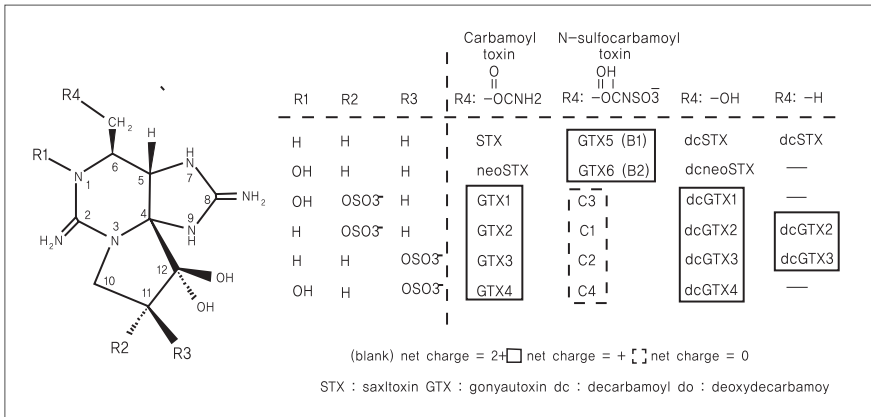


그림2 마비성패류독 성분의 구조

PSP에 의한 중독경로는 PSP 원인 플랑크톤을 섭취하는 1차 포식자로는 이매패, 게, 원새동물, 연체동물, 절족동물 등이 있으며 고차 포식자로는 육식성 권패, 혹은 어류, 조류가 있고 최종적으로 사람이 이들을 섭취하여 중독된다. 그러나 일본이나 미국의 경우 대부분의 식중독은 PSP에 의하여 독화된 이매패의 섭취에 의해 일어나며 우리나라도 진주담치에 의한 식중독 사고가 보고된 바 있다.

(2) 위해성 및 건강영향

PSP에 의한 식중독의 증상은 <표6>과 같다. 경증인 경우는 식후 5-30분에 입술 주위의 마비증세가 나타나고 점차로 얼굴과 목으로 퍼지며 손끝과 발끝도 따끔거리며 두통, 메스꺼움도 동반한다. 중증인 경우에는 언어장애와 팔, 다리의 마비, 가벼운 호흡곤란의



증세와 맥박이 빨라진다. 증상이 더 심해지면 근육마비와 격심한 호흡곤란으로 사망한다. 통상 12시간 이내에 사망하고 이 위기를 넘기면 회복하는 경우가 많다.

표6 마비성패류독에 의한 중독증상

증상	정도		
입술 주위가 따끔거리고 마비가 됨 위의 증상이 얼굴과 목으로 전이 손끝과 발끝이 따끔거림. 두통, 메스꺼움, 구토	경증	중증	극심한 증상
발성곤란, 따끔거리는 증상이 팔과 다리로 전이 입술을 움직일 수가 없음 가벼운 호흡곤란			
근육마비 심한 호흡곤란 및 질식			

근육의 마비증상은 독소가 신경세포의 sodium channel에 선택적으로 흡착하고, 세포 내로의 Na⁺의 유입을 차단하기 때문에 나타나며 복어독 중독기구와 유사하다. Halstead(1965)에 의하면 PSP 중독에는 특별한 해독제가 없으며 위장세척보다는 apomorpine의 투여가 효과적이라고 한다. 또 호흡곤란 증세가 있으면 인공호흡도 유효한 방법이며 약물요법으로는 DL-amphetamine, ephinephrine, ephardrine 등이 효과적이며, alcohol은 PSP의 장내흡수를 촉진시키므로 음주는 위험하다. 일반적인 방법으로는 더운물을 마시면 구토제로서의 역할뿐만 아니라 이뇨작용에 의한 PSP의 배출을 촉진시키는 효과가 있고, 또 활성탄을 물에 타서 마신 후 구토를 하면 위 내에 있는 독을 활성탄에 흡착하여 배출하므로 체내흡수를 저해하는 효과가 있다.

PSP의 독력은 생물시험을 통하여 측정하며 1 mouse unit(MU)는 20g의 mouse를 15

VIII. 자연독

분만에 사망시키는 독력으로 규정하고 있다(AOAC, 1990; 河端, 1978). 독력을 나타낼 때 일본에서는 이 MU 단위를 그대로 사용하고 있고 미국, 캐나다 및 우리나라에서는 실험동물 1MU에 상당하는 독소량(conversion factor value, 1MU는 STX로 환산하면 0.18~0.20 μ g에 상당)를 곱하여 μ g/100g으로 표기한다.

사람의 중독량은 성별, 연령, 거주지에 따라 다소 차이가 있는데 Medcof 등(1947)은 PSP 상습 출현지역의 거주자가 비거주자보다 PSP에 대한 내성이 다소 강하다고 보고 하였으며, Bond와 Modcof(1957)은 어른보다 어린이가, 남성보다는 여성이 PSP에 더 민감하여 남자의 경우 여자의 1~1.5배를 먹어도 거의 같은 정도의 증상이 나타난다고 하였다. 사람의 경구치사량은 약 3,000~6,000MU로 추정되고 있다.

(3) 중독사례

우리나라에서 공식적으로 보고된 중독사고는 <표7>에 나타난 바와 같이 4건으로, 환자 수는 사망자 5명을 포함한 70명이다. 1982년 경남 함안, 충북 제천, 충남 등지에서 50여 명이 중독되었으나 다행히 사망자는 없었으며, 1984년 전남 목포에서 일가족 6명 중독, 1명 사망한 바 있고, 1986년 부산 구평동에서 폐선 밀바다에 붙어 있는 진주담치를 먹고 11명이 중독되어 2명이 사망한 바 있으며(장 등, 1987), 1996년에는 거제도 외포리에서 방파제에 붙어 있는 진주담치를 끓여 먹고 2명이 사망하고, 1명이 의식불명에 이르는 사고가 발생한 바 있다(Shin 등, 1997). 중독사건은 모두 5월에 발생하였으며 원인식도 진주담치였다.

(4) 각국의 관리동향



| 표7 한국에서의 마비성패류독 중독사고 발생 현황 |

발생시기	발생 지역	환자수(명)	사망자수(명)	원인 패류
1982년 5월	경남 함안, 충북 제천, 충남	50	0	진주담치
1984년 5월	전남 목포시	6	1	진주담치
1986년 5월	부산 구평동	11	2	진주담치
1996년 5월	경남 거제시	3	2	진주담치

우리 나라의 경우 식품위생법으로 패류 가식부 100g당 PSP함량이 80 μ g이상 되는 패류는 채취를 금지시키고 있다. 미국에서는 PSP에 의한 중독 사고를 방지하기 위하여 가식부 100g당 PSP 함량이 80 μ g이상 되는 해역을 패류 채취 금지구역으로 정하는 등 24시간 감시 체제를 운영하고 있으며, 일본에서도 PSP 함량이 g당 4MU 이상이면 출하를 규제하고 있다(河端, 1978). 이러한 규제치 패육 g당 4MU는 100g당 STX량으로 환산하면 80 μ g으로 동등한 량이다.

우리나라 연안에서 PSP는 주로 경남의 진해만 일원과 거제도 동부 및 부산연안 그리고 목포 및 동해의 일부 지역에서 검출된다. 특히 진해만 일원, 거제 동부 및 부산 연안 지역에서는 해에 따라서는 기준치(80 μ g/100g)를 훨씬 초과하는 독이 검출되기도 하여 각별한 주의가 요망되며, 중독사건도 주로 이 지역에서 생산된 패류와 관련이 있었다. 한편 다행스러운 것은 국립수산과학원에서 매년 정기적으로 PSP 모니터링을 실시하여 기준치를 초과하는 해역에 대해서는 채취 금지 등의 조치를 취하고 있어 중독 예방 자원으로 활용하고 있다.

VIII. 자연독

PSP의 월별 분포는 수온과 밀접한 관계가 있는 것으로 알려져 있는데 McFarren 등 (1960)이 미국의 캘리포니아 중부 해안에서 알래스카까지의 패류독화를 조사한 결과 독화 현상이 일어난 지역의 평균 수온은 10~14℃이었으며, Needler(1949)는 캐나다의 Fundy만에서 표층 수온이 10℃에 달한 이후에는 언제나 *A. tamarense*가 출현하였다고 보고하였으며, 野口(1983)는 1975년 이후 일본 전국 각지에서 패류독화 현상이 빈번하게 발생하였을 때의 수온이 4.0~15.4℃이었다고 보고한 바 있다.

우리나라의 경우, PSP는 2월에서 5월 사이에 집중적으로 검출되며 봄철에 독화가 심하다. 그러나 부산의 경우 6월에도 PSP가 검출되어 지역별로 차이가 있으며 같은 지역이라도 연도별로 다소의 차이가 있어 지역별 검출 체제의 확립이 요망된다(장 등, 1988).

2) 설사성패독

(1) 특성

설사성패류독(Diarrhetic shellfish poison, 이하 DSP)은 유독 외편모조류가 원인으로, 이때패가 독화하는 현상이다. 같은 유독 외편모조류를 원인으로 하는 PSP와는 달리 DSP는 지용성이며, 중독증상이 비교적 가벼운 소화기계 장애가 주 증상이며, 발생 지역이 넓고 독화가 장기간 계속된다는 것이 특징이다.

이 중독은 1976년 여름 일본의 미야키(宮城)현에서 진주담치를 먹고 설사를 주 증상으로 하는 집단 식중독이 발생하였는데 이 때, 이 패류의 중장선에서 mouse를 치사시키는 지용성의 독이 검출되었다. PSP가 수용성 독인 것에 대한 대비의 의미로 처음에는 지용성패류독으로 가칭하였지만, 그 후 증상에 기인하여 DSP로 개칭하였다(成田, 1985). DSP의 일반적인 특성을 <표8>에 나타내었다.

독화 이때패의 유독성분으로서 10종류의 성분이 분리되었다(그림3). 그림에 나타난 바와 같이 독소성분은 모두 polyether 화합물인 것이 특징이다. 독소성분은 기본골격이



다른 3종류의 화합물로 되어있다. 제 1그룹에는 강한 설사작용을 가지며 중독증상의 원인으로 생각되는 okadaic acid (OA) 및 그 유도체인 dinophysistoxin-1과 3(DTX1, 3)이 있다. DTX1은 OA의 35번 위치에 메틸기가 치환된 구조를 가지고 있으며 DTX3는 DTX1의 7번 위치의 수산(OH)기에 여러 종류의 지방산이 ester 결합을 하고 있는 화합물로 고도불포화지방산이 결합한 성분이 독성의 주체이다. 제 2그룹에는 pectenotoxin group(PTX1~6)으로 그 중 PTX 1, 2, 3 및 6의 구조가 밝혀져 있다. 제 3그룹에는 가리비로부터 분리되어 구조가 결정된 yessotoxin(YTX)이 있다.

DTX1과 PTX1에 대해서는 mouse 복강투여에 의한 병리조직학적 연구가 실시되어있다. DTX1의 표적기관은 주로 소장으로 300 μ g/kg 투여의 경우, 융털표피세포의 현저한 박리(剝離) 및 장관점막의 궤양이 관찰된다. PTX1의 표적기관은 주로 간장으로, 500~1,000 μ g/kg 투여시, 간소엽의 국부적인 액포의 발생 및 간세포의 급속한 괴사가 관찰된다. 젓먹이 mouse를 이용한 설사원성 시험에서는 OA, DTX1, DTX3는 150 μ g/kg의 위내 강제투여로 장관내에 현저한 수분의 축적을 유발하지만, PTX1과 YTX에서는 치사량 가까운 투여에서도 수분의 축적은 나타나지 않는다. 최근 OA가 강력한 발암 promoter일 가능성이 지적되고 있어, DSP를 일과성의 설사증세를 일으키는 물질로서가 아니라 식품위생상의 유독물질로서 취급할 필요도 있다. YTX의 병리 및 약리작용은 아직 밝혀져 있지 않다(野口, 1996).

VIII. 자연독

| 표8 설사성패류독(DSP)의 일반적인 특성 |

구 분	특 성	
독소성분	Okadaic acid, Dinophysistoxin-1 3, Pectenotoxin-1 6, Yessotoxin	
중독증상	소화기계 장애가 주증상. 설사(100%), 메스꺼움(80%), 복통(60%), 구토	
원인플랑크톤	<i>Dinophysis fortii</i> , <i>D. acuminata</i> , <i>D. caudata</i> , <i>D. acuta</i> , <i>Prorocentrum lima</i>	
규 제 치	0.05MU/g(일본), 0.2ppm(미국)	
중 독 량	최소 중독량은 12 MU(1MU는 mouse 3마리 중 2마리 이상을 24시간 이내에 치사시키는 독량)	
한국에서의 분포	패 류	진주담치, 피조개, 가리비, 주축적부위 : 패류의 중장선
	지 역	남해안 일부에서 산발적으로 발생
	시 기	5월~9월

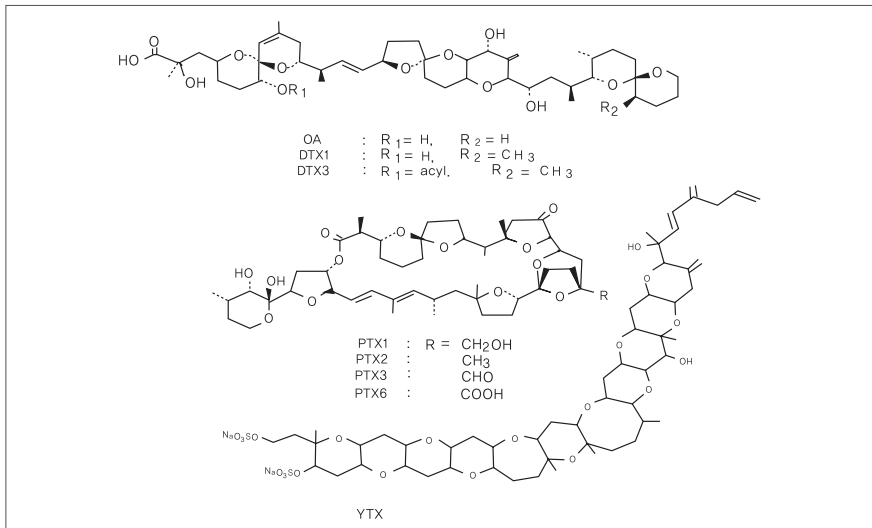


그림3 설사성패류독의 성분



(2) 위해성 및 건강영향

DSP의 중독증상은 소화기계 장애가 주증상으로, 비교적 경증이다. 가장 발현율이 높은 증상은 설사(100%)이고 메스꺼움(80%), 복통(60%), 구토 등이 나타나며, 발열현상은 거의 없고 복통도 장염비브리오보다 약한 편이다. 잠복기간은 비교적 짧아 70%의 환자가 섭취 후 4시간 이내에 식중독 증상이 나타난다. 대개 3일이 지나면 회복하고, 후유증은 없으며 사망하는 예는 드물다.

DSP의 최소 중독량은 12 MU(1MU는 체중 17~20g의 수컷 mouse에 복강주사하여 3마리 중 2마리 이상을 24시간 이내에 사망하는 독소량)로 추정되며, 일본에서는 규제치를 0.05MU/g으로 설정해 놓고 있고(環境衛生局, 1981), 미국 FDA에서는 DSP 성분 중 okadaic acid와 35-methyl okadaic acid(DTX-1)의 합한량을 0.2ppm으로 정해놓고 있다.

독소는 열에 안정하며 많은 중독사건이 가열 조리된 식품이 원인이었다. 패류의 중장선을 지속하여 측정된 okadaic acid의 내열성은 최초 농도의 절반으로 줄이는데 163분이 소요되었다고 한다(Edebo 등, 1988). 그래서 가열에 의하여 독이 용출한다거나 잘 파괴되지 않는 것이 증명되어 있다.

패류에서 정화에 의한 독소 제거율은 패류의 종에 따라 아주 다르며 패류의 섭취율, 여수율, 수온, 염분 및 무독성 조류 등과 같은 인자에 의하여 영향을 받는다. Yasumoto(1990)는 일본에서 DSP 독소는 1주일 만에 4.4에서 2.5MU로 감소하였고 그 다음 주에는 0.5MU/g이 되었다고 하였으며, Edebo 등(1988)은 스웨덴의 북해연안(수온 1~3°C)에서 진주담치(*M. edulis*)는 1주일 사이에 중장선 kg당 0.4~5.4 μ g OA로 급속히 독화되었고, 적조가 소멸된 후 진주담치는 1주 사이에 7.2에서 1.8 μ g/kg으로 감소하였다고 한다.

VIII. 자연독

(3) 중독사례

우리나라의 경우 DSP에 의한 대규모 식중독사고는 공식적으로 보고된 바 없었다. 일본에서는 1976년부터 1983년 사이에 1,300명 이상의 환자가 발생하였으나 현재에는 정기적으로 조사가 실시되고 있어 대규모 식중독 발생 예는 거의 없다. 유럽의 경우 1981년에는 스페인에서 5,000명, 1983년에는 프랑스에서 3,394명의 중독환자가 발생한 바 있다(野口, 1996). 우리나라의 경우 패류 양식지가 밀집한 남해안 지역에서 진주담치와 굴, 피조개에서 DSP가 검출되었다는 보고가 있다. 동해안에서도 여름철에 가리비를 먹고 식중독을 일으키는 현상이 종종 발생하고 있으며 남해안 지역에서 DSP가 검출되는 시기는 5~9월로 보고된 바 있다(전, 1990). 일본의 경우, 이매패류가 독화하는 계절 및 지역은 매년 조금씩 차이가 있지만, 주로 초여름에 집중되고 있다(野口, 1996). 독화 패류는 PSP와 같이 진주담치, 가리비, 바지락, 민들조개 등이며, 유럽에서는 주로 진주담치가 많이 독화되며 독소는 주로 중장선에 축적된다.

(4) 각국의 관리동향

우리나라의 경우 설사성패류독소는 식품공전에 기준치를 정하고 있지 않지만 한국패류 위생관리 프로그램에서는 0.05MU/g으로 기준을 정하여 수출용패류생산해역을 관리하고 있다. 일본의 경우도 우리나라와 같이 모든 패류 가식부에 대하여 0.05MU/g 기준을 정하고 있으며, 미국은 설사성패독에 대한 기준치는 설정하지 않고 있다. 한편 호주·뉴질랜드에서는 이매패류의 가식부에 대하여 DSP 독성분 중 주요성분인 okadaic acid 로서 0.2 mg/kg를 설정하고 있으며, 캐나다에서는 조개류에 대하여 내장성분을 기준할 경우 okadaic acid 또는 DTX-1로서 1 ug/g (ppm)을 설정하고, 가식부의 경우는 20g/100g을 설정하고 있다 또한 국제식품규격위원회(Codex)에서는 이매패류의 가식부에 대하여 okadaic acid 로서 0.16 mg/kg을 설정 권고하고 있다 이와같이 각 나라마다 기준치가 상이한 것은 분석방법 및 각 나라에서 검출되는 DSP의 검출성분이



달라 기준치가 서로 조금씩 차이가 있다.

따라서 국내에서의 설사성 패류독 예방의 첫 번째는 유독 패류를 시장에 출하하지 않는 것이다. 현재 정기적으로 mouse 독성시험을 이용한 모니터링이 국립수산물과학원에 의하여 실시되고 있고, 가식부 1g당 0.05MU를 초과하면 출하가 잠정적으로 규제되고 있다. 이후에도 안전을 위하여 한층 더 독성 모니터링을 강화할 필요가 있다. DSP의 각 성분은 열에 대하여 안정하고 조리에 의한 감독을 기대하기 힘들지만 독은 중장선에 집중되어 있어 이를 제거하면 독력을 상당히 줄일 수 있다. 가리비 등의 대형 이매패에서는 폐각근만을 먹는다면 중독의 위험성은 적다. 그러나 진주담치, 바지락 등의 소형 이매패의 경우 중장선만을 제거하는 것은 곤란하므로 안전을 위하여 출하규제가 필요하다.

전술한 바와 같이 DSP에는 기본 골격과 작용을 달리하는 여러 종류의 화합물이 있다. 현행의 규제치는 mouse 치사독성에 의하여 결정되지만, 발암 promoter 활성을 가지는 OA군, 장기에 독성을 나타내는 PTX군, 작용이 밝혀져 있지 않은 YTX에 대하여 시급히 독성평가를 할 필요가 있다.

3) 기억상실성 패독

(1) 특성

기억상실성패류독(amnesic shellfish poison, ASP)은 이매패류, 게(*dungenes crab*, *Cancer magister*) 및 어류 등이 특정한 지역에서 발생하는 유독 규조류, *Pseudonitzschia spp.*을 섭취하여 독소를 축적하고 독소가 다량 축적된 수산물을 사람이 섭취함으로써 일어나는 식중독의 하나이다. 이 독은 패류뿐만 아니라 멸치, 고등어 등 어류에도 축적되어 페리컨이나 바다사자 등 대형동물에 영향을 미치기도 한다 (Walz 등, 1994; Wekell 등, 1994; Dorezas, 1998).

VIII. 자연독

캐나다에서 이 식중독이 처음 발생하였을 때 나타난 증상이 다른 식중독과는 달리 특이하게 기억을 못하는 증상이 있어 기억상실성패류독이라고 부르고 있다. 그렇지만 모든 중독에서 기억상실이 반드시 나타나는 것은 아니므로 원인물질에서 명명하여 domoic acid 중독증(domoic acid poisoning)이라고 부르기도 한다(Boesch 등, 1997).

기억상실성패류독의 원인 플랑크톤은 다른 패류독의 원인이 와편모조류인것과는 달리 규조류이다. 지금까지 알려진 원인 플랑크톤으로는 *Pseudonitzschia multiseries* <그림4>, *P. australis*, *P. delicatissima* 등의 *Pseudonitzschia* spp.이다.



그림4 *Pseudonitzschia multiseries*.

Pseudonitzschia spp.는 북위 62°에서 남위 65°에 이르는 거의 전세계 해양에서 분포하고, 증식 가능 온도는 2~28°C이며, 특이한 경우에는 -1.4°C에서도 발견되기도 하여 서식온도가 광범위하다(Bird와 Wright, 1989; Forbes와 Denman, 1991).

인공배지에서 *P. mutiseries*를 배양할 때 온도에 따른 조류의 증식은 5°C에서 0.25회/일, 20 및 25°C에서 각각 0.65와 0.60회/일 정도로 분열하지만 정지기에서 최고 밀도는 5~15°C의 경우가 20°C나 25°C보다 오히려 높다. 또한 온도에 따른 domoic acid 생성율은 5°C에서 0.01pg/cell/일이지만 25°C에서는 0.5pg/cell/일로 증가한다(Lewis 등,



1993). *P. multiseriata*는 배양시 domoic acid는 증식곡선의 정지기부터 생성되며 이 때 세균이 혼재할 경우 조류의 증식에는 거의 영향을 미치지 않으나 domoic acid 생성을 촉진한다(Douglas와 Bates, 1992; Bates 등, 1995). 그래서 *P. multiseriata*는 수온이 높을수록 증식도 빠르고, domoic acid 생성량도 많다.

그러나 북미에서 실제 이 조류의 bloom은 대부분 수온과 일조시간이 낮거나 낮아질 때 주로 발생하며 캐나다에서 사건 발생시 bloom도 수온 8~13°C의 11월~12월 초이다(Smith 등, 1990). 이렇게 *P. multiseriata*의 증식 최적온도는 온대지역의 하절기 수온에 해당하지만 수온과 일조시간이 낮은 시기에 주로 발생하는 것에 대해서는 아직 확실히 밝혀져 있지 않다.

우리나라 남해안에서 PSP가 진해만 일원에서 봄에 주로 발생하는 것과는 달리 domoic acid는 불특정한 시기에 산발적으로 검출되고 있다(변 등, 1999).

기억상실성패류독의 원인물질은 분자내에 3개의 carboxyl기와 1개의 imino기를 함유하고, 분자식 C₁₅H₂₁NO₆, 분자량 311의 신경 흥분성 아미노산인 domoic acid로 밝혀져 있다(그림5).

Domoic acid는 일본의 카고시마(鹿兒島) 지방에서 지역 주민이 회충 구제를 위하여 복용한 홍조 *Chondria armata*(지방명 domoi)에서 분리되어 명명된 것으로 동결시 매우 안정하고 대체적으로 가열에 의하여 잘 파괴되지 않는 것이 특징이며(野口와 松居, 1993), mouse 복강주사에서 LD₅₀은 3.6mg/kg이다(Grimmelt 등, 1990). 이 domoic acid는 해인초에서 분리한 kainic acid와 유사하다.

VIII. 자연독

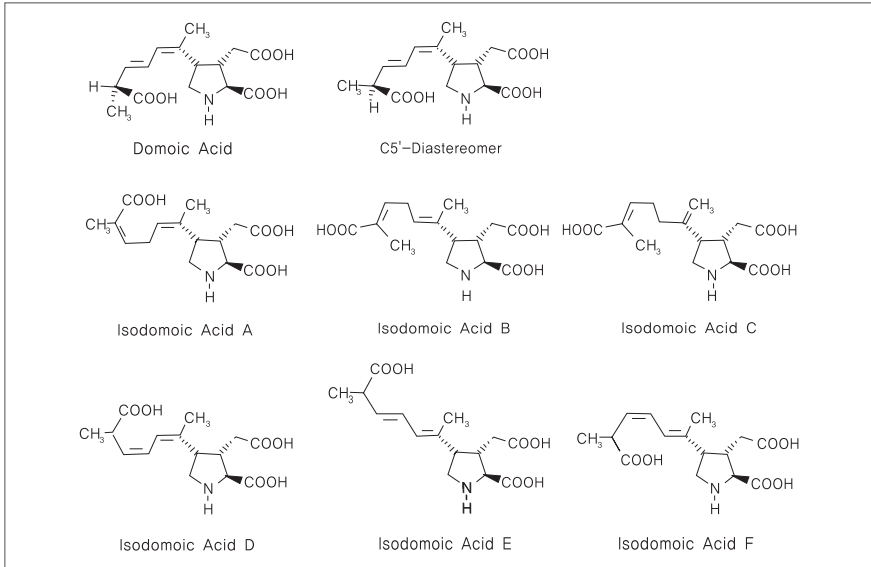


그림5 Domoic acid와 그 유도체의 구조

Domoic acid는 신경 흥분 전달물질로서 작용하며 kainic acid와 glutamic acid의 analogue로서 중추신경계에서 동일한 수용체에 결합하는데 수용체에 대한 친화성은 kainic acid의 3배, glutamic acid의 30-100배이다. 1987년 캐나다에서 사망자에 대한 부검시 뇌의 해마, 편도체, 시상 등에 신경 괴사가 나타났으며, 특히 해마가 심한 손상을 받아 domoic acid의 주 작용부위로 밝혀져 있다. 그래서 해마 장애가 기억상실에 결정적인 영향을 미친 것으로 추정된다. 동물실험에서도 domoic acid는 kainic acid와 같이 해마의 C3영역에 친화성이 강하여 이 영역을 선택적으로 손상시키는 것이 밝혀져 있고 domoic acid를 투여한 rat도 사람의 경우와 같이 발작, 기억 및 보행이상, 해마의 손상 등이 나타났다(Todd, 1993).

Novelli et al. (1992)은 진주담치에 존재하는 domoic acid가 정제된 domoic acid 보다도 사람 신경배양 세포에서 신경독성이 강하다고 하는데 이러한 독성의 증강은 패류



조직에 고농도로 분포하는 glutamic acid와 aspartic acid의 효과와 상승작용 때문으로 추정된다. 또한 domoic acid의 독성은 pH에 따라 달라지며 중성일 때 독성이 강하다. 이러한 pH에 따른 독성의 차이는 domoic acid 분자의 용해도와 흡수율의 차이 때문인 것으로 추정된다(Nijjar와 Madhyastha, 1997).

(2) 위해성 및 건강영향

1987년 캐나다에서 150여명이 중독되어 3명이 사망한 사건에서의 중독증상이 Todd(1993)의 보고서에 잘 나타나 있다. 보통 식후 24시간 내에 구토, 설사, 복통 등의 장염성 질환이 먼저 나타나고, 48시간 이내에 착란, 단기기억상실(short-term memory loss, 건망증과 유사함), 방향감각 상실 등과 같은 신경계 이상이 나타나며 심한 경우는 영구적인 신경손상으로 치매와 같은 증세로 진전된다. 이러한 영구적 신경계 손상은 48시간 이내에 신경계 질환으로 이환된 65세 이상의 고령자나 당뇨병, 만성 신장질환 및 고혈압과 같은 기초 질환이 있는 사람에게서 잘 발생한다.

일반적인 증세로는 메스꺼움(77%), 구토(75%), 복통(51%), 두통(43%), 설사(42%) 및 단기기억 상실(25%) 등이며, 보통 40세 이하에서는 설사가 주 증세이지만 50세 이상에서 단기기억상실을 나타내며 그 외 증세는 연령과 거의 관계가 없다.

캐나다에서 중독사건 발생시 domoic acid 섭취량에 따른 중독 증상은 건강상태에 따라 상이하지만 15~20mg 섭취한 사람은 전혀 영향을 받지 않았고, 60~110mg 섭취한 사람은 설사와 복통 등의 장염성 질환을 보였으며, 135~295mg 섭취한 사람은 신경계 장애 증세를 나타내었다.

(3) 중독사례

기억상실성패류독으로 인한 식중독은 캐나다의 동부지역에서 1987년 처음 알려졌으며



VIII. 자연독

미국에서도 '90년대 초에 식중독 사고가 발생한 바 있다. 그 외에 뉴질랜드, 홍콩 등에서도 이 독이 검출되고 있으며 가장 심한 곳은 미국의 캘리포니아에서 알래스카에 이르는 태평양 연안 수역이다.

우리나라에서는 이 식중독이 발생한 바 없으나 미국으로 수출된 굴 통조림이 원인식으로 추정되는 식중독이 발생한 바 있고(Roelke 등, 1993), 또 남해안에서는 원인 플랑크톤이 분포하고 있으며 일부 지역의 패류에서 domoic acid가 검출되고 있다(Lee, 1994; 이와 백, 1997; 변 등, 1999).

(4) 각국의 관리동향

현 시점에서 기억상실성패류독 중독시 특별한 치료법은 없으며 보조요법 정도이다. Teitelbaum 등(1990)은 발작에 diazepam과 phenobarbital이 효과를 나타낸다고 보고하고 있으나 뚜렷한 치료약은 없다. 그래서 패류독의 관리는 채취단계에 맞춰져 있다.

우리나라의 경우 기억상실성패류독소는 식품공전에 기준치를 정하고 있지 않지만 한국 패류위생관리 프로그램에서는 20ug/g 으로 기준을 정하여 수출용패류생산해역을 관리하고 있다. 일본 또한 기억상실성 패류독소를 기준치를 설정되어 있지 않으나 호주·뉴질랜드, 캐나다 및 국제식품규격위원회(Codex)에서는 이대패류의 가식부에 대하여 domoic acid로서 20ug/g을 기준치로 설정하고 있다. 한편 미국에서는 식용계의 내장에 대하여는 30ug/g, 그 외 수산물에 대하여는 20ug/g을 기준으로 정하고 있다



|관련기관 연락처

조직	담당업무	연락처
농촌진흥청 국립농업과학원 농업유전자원센터	- 버섯자원 수집, 분류, 보존, 증식 및 특성평가 - 버섯자원 종합정보 관리	031)299-1868 www.naas.go.kr
식품의약품안전청 식품평가부 식품오염물질팀	- 식품의 유해 중금속의 기준 및 규격에 관한 사항 - 식품의 유기·무기 오염물질의 기준 및 규격에 관한 사항 - 식품의 곰팡이 및 패류 독소의 기준 및 규격에 관한 사항 - 식품의 제조·가공 과정 중 생성되는 유해물질의 기준 및 규격에 관한 사항 - 식품의 방사능 오염의 기준 및 규격에 관한 사항	02)380-1674~5 www.kfda.go.kr

IX. 기타

1. 방사선

1) 방사선이란?

(1) 방사선의 정의 및 특성

방사선은 알파선(α -ray), 베타선(β -ray), 감마선(γ -ray) 및 엑스선(X-ray) 등이 있으며 빛과 같은 일종의 파장 에너지로서 각 기 다른 에너지 세기가 달라 투과력에 커다란 차이를 나타낸다. 이는 다시 입자로서의 알파선이나 베타선과 전자파인 감마선과 엑스선으로 분류할 수도 있다. 우리가 흔히 두려워하는 방사선 피폭과 같은 비상상황과 관련된 방사선은 감마선과 베타선이다. 감마선은 투과력이 강하고 베타선은 약하다. 방사선은 질병의 치료 등 의학 분야와 식품조사 및 산업분야 등 그 산업적 가치가 매우 다양하고 크기 때문에 오늘날 광범위하게 이용되고 있으나 사람이 다량의 고 선량 방사선에 노출되면 건강에 치명적인 위협을 줄 수 있기 때문에 이에 대비한 방사선 피폭 시의 비상계획 마련이 꼭 필요한 이유도 이 때문이다.

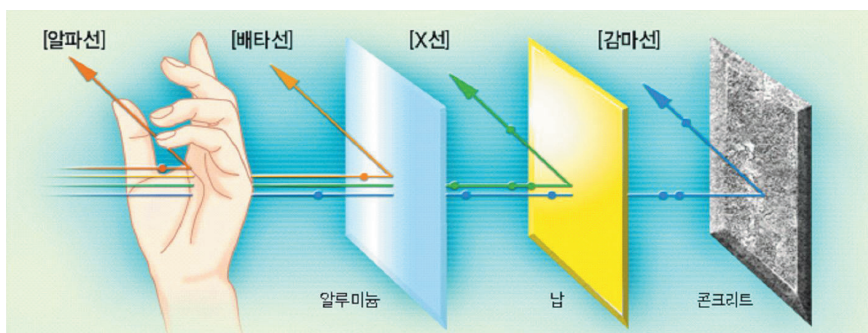


도표 1. 방사선의 종류 및 에너지 세기에 따른 투과력 비교



2. 방사선의 양과 단위

1) 흡수선량과 그레이 (Gy)

물질이 흡수하는 에너지를 의미하며, 방사선 생물학과 의학적 입장에서 고안된 것으로서 물질 1Kg이 1줄(J)의 에너지를 흡수할 때 흡수선량을 1그레이(Gy)라고 한다.

2) 선량당량과 시버트(Sievert, Sv)

조사하는 방사선의 종류와 에너지가 다르면 흡수선량이 동일해도 생물이나 조직에 대한 영향이 다르며, 시버트(Sv)로 표시된 선량당량은 그레이(Gy)로 표시된 흡수선량에 선질계수와 기타 수정계수를 곱한 것과 같다.

선질계수는 베타선(β -ray), 감마선(γ -ray) 및 엑스선(X-ray)은 1이고 중성자선은 에너지 차이에 따라서 2~10, 알파선(α -ray)은 20으로 계산하면 된다.

3. 외부조사와 내부조사

1) 외부조사

신체외부에 있는 방사선조사 선원(방사능물질)으로부터 방사선이 신체또는 식품 등에 도달해서 외부 피폭 또는 조사되는 것으로서 투과력이 강한 감마선(γ -ray)이나 엑스선(X-ray)이 문제가 될 수 있다.

2) 내부조사

경구 및 호흡경로에 의한 섭취, 주사 등에 의해 신체 내에 들어온 방사성물질로부터 방

IX. 기타

사선이 내부 장기 조직 등에 조사되는 것을 내부조사 또는 내부 피폭이라 하며, 투과력은 약하지만 지속적으로 방사선이 방출되어 생체에 문제를 야기할 수 있는 알파선(α -ray)과 베타선(β -ray)이 주로 문제 시 되고 있다.

4. 방사선 호메시스(Homeostasis)

■ 방사선의 생물학적 영향 및 응용

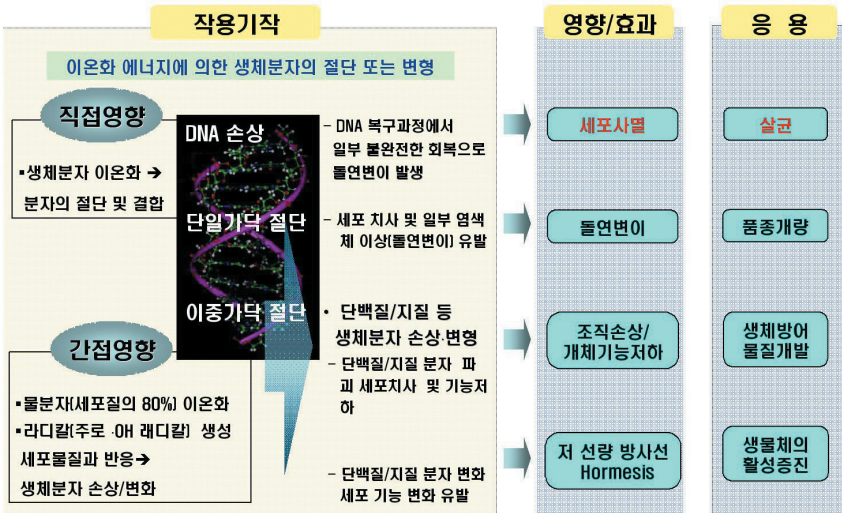
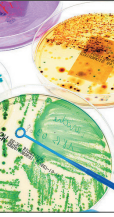


도표 2. 방사선의 생물학적 영향기전 및 산업적 응용



5. 방사선조사식품

1) 서론

식품에 이온화 방사선을 처리하는 식품 방사선 조사는 식품처리의 한 방법으로써 농산물의 발아나 숙도를 조절하고 부패를 감소시켜 저장기간을 연장하고 병원성 및 부패 미생물을 감소시키거나 살균할 수 있다. 따라서 식품의 안전성과 품질 향상을 위하여 효과적으로 사용되어 왔다(Diehl 1995; Delincee 1998). 액상식품에서 병원성 미생물을 제거하고 부패 미생물을 과과시키는 저온살균 효과와 같이 향신료, 해산물, 가금류, 육류 등의 고체식품에서 방사선 조사는 저장 안정성을 연장시킨다. 과일 및 채소류와 같은 농산물의 경우에는 해충 구제를 위한 화학훈증제(ethylene dibromide, methyl bromide, ethylene oxide, phosphine)나 발아억제제(maleic hydrazide, propham, chloroprotham) 등의 처리가 규제되면서, 이들의 대체 방안으로써 방사선 조사기법의 이용도가 증가되고 있다(ICGFI 1999).

방사선을 조사하기 위한 시설은 국가의 규제를 받게 되며 조사목적에 따라 정치형식과 연속식 2종류가 있다. 정치형식 시설은 식품을 정확하게 일정시간 조사 후 새로운 식품을 조사시설에 넣는 형식이며, 연속식 조사시설은 일반적으로 식품산업에서 사용되고 있는 시설로 모든 식품에 대해서 설정된 선량이 조사되도록 일정한 속도로 식품이 연속적으로 조사실을 통과하는 형식이다(도표 3).

식품 방사선 조사에 이용되는 방사선의 종류는 방사성동위원소 Co-60과 Cs-137에서 방출되는 γ -선과 기계적으로 발생하는 5 MeV 이하의 X선 및 전자가속기에서 발생하는 10 MeV 이하의 전자선으로 한정되어 있다. Co-60 γ -선은 실제적으로 선원생산, 투과성, 균일한 처리성, 연속공정 등의 특징을 지니고 있어 식품조사 선원으로 가장 광범위하게 사용되고 있다(FAO 1962)

IX. 기타

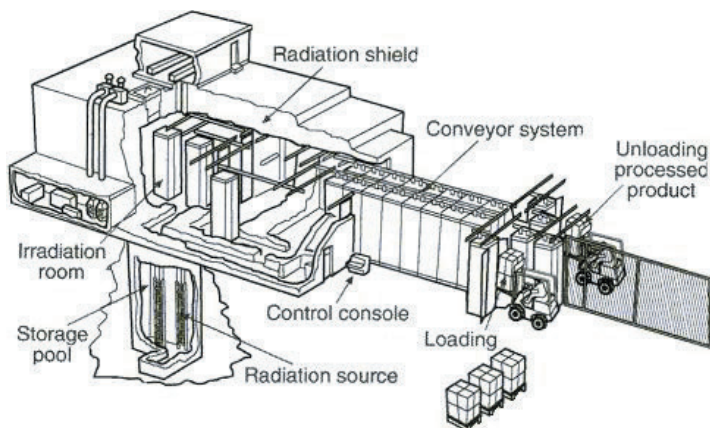
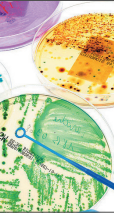


도표 3. 전형적인 산업용 Cobalt 60 방사선조사 시설

2) 방사선조사식품 현황

지난 50여 년간 국제기구 및 선진국의 주도하에 방사선 조사처리에 의하여 얻을 수 있는 유용성, 식품의 안전성, 영양학적 측면으로 체계적인 연구가 수행되었다(FDA 1986; Hackwood 1991). 1940년대 식품 방사선 조사의 원리가 발견된 이후로 1950년대 선진국에서 식품을 대상으로 하는 이온화 조사에 대한 적용연구가 본격적으로 시작되었으며, 1950년대 후반에는 부분적으로 우주선 식품을 대상으로 식품조사가 이루어졌다.

1960년대 유럽을 중심으로 세계 60여 개국에서 식품 조사 이용 및 조사식품 검지법에 대한 연구가 시작되었으며, 1961년에는 IAEA, FAO, WHO가 공동으로 조사식품의 건전성 평가를 위한 회의를 최초로 개최하여 방사선 조사식품 공동전문가위원회(Joint Expert Committee on the Wholesomeness of Irradiated Foods)를 설치하기로



하였다(FAO 1962). 1980년대 방사선 조사식품의 안전성이 인정되어 방사선 조사식품 공동전문가위원회(JECFI)는 “평균 10 kGy 이하로 조사된 모든 식품은 독성학적으로 안전하며 영양학적, 미생물학적으로도 문제가 되지 않는다”고 발표하였다(WHO 1981). JECFI는 1990년대 이후로도 10 kGy 이상의 고선량 조사식품에서도 방사선 조사에 대한 안전성과 건전성을 나타낸다는 보고서를 발표하여(WHO 1997; WHO 1997), 어떠한 선량으로 조사된 식품일지라도 영양학적으로 안정하다고 하였다(WHO 1999). 이런 결과를 토대로 Codex 식품규격위원회는 방사선 조사식품 및 처리시설에 대한 Codex 일반 규격 및 운영체제를 권장하고 있으며, 조사식품의 상업적 생산 및 국제 교역 등 그 활용도를 확대해 가고 있다(IAEA 1995).

우리나라는 식품공전에서 26개 식품에 대하여 방사선 조사를 허용하고 있으며, 허용대상 식품별 흡수선량을 정하고 있다. 축산물로는 가공식품 제조원료용 건조 식육은 7 kGy 이하, 난분은 5 kGy 이하로 흡수선량 기준을 정하고 있다.

식품에 방사선 조사의 이용이 증가함에 따라 허용국가 및 품목이 확대되고 국제교역 또한 늘어나고 있어 이에 따른 검역방법도 필요하게 되었다. 즉, 방사선 조사식품과 비조사식품을 구별할 수 있는 합리적인 검지방법이 필요하며, 모든 식품에 적용할 수 있는 검지방법을 개발하여 일반적으로 간편하게 사용할 수 있도록 많은 연구를 수행해야 함을 인식하게 되었다.

이렇게 방사선 조사의 활용성이 국제적으로 인식되고 소비자들 또한 조사식품에 대한 인지도 및 이해도가 높아지고 있기는 하지만 방사선 조사식품이라 하면 방사능을 함유한 식품, 핵무기 등을 떠올려 거부감을 가지고 있으며, 방사선 조사식품을 구별하기 위한 분석학적 방법이 없다는 것 또한 소비자의 이해 부족을 야기 시키고 있다. 따라서 방사선 조사식품에 대해 구체적인 이해 및 재인식이 필요하고 소비자에게 조사식품과 비조사식품에 대한 선택성을 부여하기 위하여도 방사선 조사여부를 확인할 수 있는 검지방법 연구 및 labelling이 필요하게 되었다(도표 4)

IX. 기타



도표 4. 국제적으로 사용되는 식품의 방사선조사 표시 마크

3) 방사선조사식품의 안전성

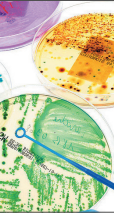
과거 수년전에 국내 대표적인 라면 제조회사의 제품들이 방사선 조사 사실을 표기하지 않았다는 이유로 유럽 국가들로부터 수입 금지 내지는 수거 조치되었거나, 최근 한국소비자원의 조사결과 방사선 처리된 농산물이 사용된 가공식품에 표시사항이 제대로 준수되지 않는 문제점 등으로 방사선조사 식품에 대한 관심이 증폭되고 있다.

방사선 조사는 1896년 방사능 물질이 발견된 이후 1921년 미국에서 육류의 기생충 오염 문제를 해결하기 위해 특허를 얻으면서 최초로 이용됐다. 그 뒤 1930년에는 프랑스에서 식품의 장기 안전보관을 위해, 2차 세계대전 동안에는 네덜란드에서 긴급 구호물자인 분유와 채소류의 안전저장을 위해 사용됐다.

1980년 스위스 제네바에서 열린 '식품방사선조사 공동전문위원회(JECFI)'에서 식품에 방사선을 쬐 경우 10K Gy(그레이 : 1그레이는 식품 1kg당 흡수한 에너지량이 1줄일 때를 말함)까지의 방사선량은 영양학적, 독성학적으로 안전하다는 결론을 내렸다.

그러나 한번 방사선을 쬐 식품에 대해서 다시 방사선을 쬐어서는 안되며 방사선을 쬐 원료를 사용해 제조, 가공한 식품에 다시 방사선을 쬐지 못하도록 규제하고 있다.

또 방사선을 쬐 식품은 용기에 넣거나 포장한 뒤 판매해야 하며 방사선조사 식품은 RADURA라는 국제로고를 소비자가 알아볼 수 있도록 직경 5cm이상의 크기로 표시



하도록 하였다.

2003년 현재 미국, 영국, 프랑스 등 전 세계 52개국에서 250여종의 식품에 방사선 조사를 허용하고 있다.

우리나라의 경우 2003년 12월 현재 감자, 양파, 마늘, 간장, 고추장, 된장가루와 밤, 말린 버섯, 생버섯, 알로에가루, 인삼제품류, 2차 살균이 필요한 환자식, 전분, 건조채소류, 효모·효소식품 등 19가지 품목에 대해 방사선을 쬐 수 있도록 허용하고 있다. 한편 식품의약품안전청은 방사선을 쬐이는 식품을 현재의 19개 품목에서 26개로 확대할 예정인데, 새로 추가될 품목은 소스류, 분말차, 계란 가공식품, 복합 조미식품, 조류식품 등이다(표1).

그러나 방사선조사에 대한 유해성 논란이 계속 끊이지 않고 있으며, 세계보건기구(WHO)에서 방사선 조사식품이 더 이상 독성실험이 필요 없다는 발표에도 불구하고 반핵 단체들과 일부 소비자 단체들에 의해 방사선조사에 대한 유해성 논란이 계속 끊이지 않고 있다. 또한 일반 소비자들은 '방사선 조사식품'을 '방사능 오염식품'으로 오인하거나 방사선에 대한 막연한 두려움을 안고 있기 때문에 체계적이고 과학적인 소비자 교육 프로그램을 통해 사회적 합의를 도출하는 것이 무엇보다 중요한 선행과제로 많은 전문가들은 분석하고 있다. 우리나라에서 소비자문제를 연구하는 시민의 모임은 지금도 방사선을 쬐인(방사선이 조사된) 식품의 안전성이 100% 확보됐다고 단정 짓기는 어렵다며 이 부분이 명확해질 때까지 허용을 유보해야 한다고 주장하고 있다.

IX. 기타

| 표1 국내 방사선 조사식품 허가품목 현황

품목	목적	허가선량 (kGy)	허가일자
감자, 양파, 마늘	발아발근억제	0.15	1987.10.16
밤	발아발근억제	0.25	
생버섯, 건조버섯	살충 속도조절	1.0	
건조식육 및 어패류 분말	살균 살충 (위생화)	7.0	1991.12.14
된장, 고추장, 간장 분말		7.0	
전분		5.0	
건조 채소류	살균 살충 (위생화)	7.0	1995. 5.19
건조향신료 및 이들 조제품		1.0	
효모/효소식품		7.0	
알로에분말		7.0	
인삼(홍삼포함)제품		7.0	
2차살균 환자식		1.0	
난분	살균 살충 (위생화)	5.0	2004. 5.21
곡류, 두류 및 그 분말		5.0	
조류식품		7.0	
복합조미식품		10	
소스류		10	
침출차, 분말차		10	

* 사용 방사선의 선원은 ^{60}Co 감마선원을 사용한다.



4) 방사선조사식품의 검지방법

〈물리학적 검지방법〉

건조하고 딱딱한 조직으로 구성되어 있거나 그런 부위를 가진 식품들은 방사선 조사에 의해서 생성된 자유 라디칼이나 흥분된 상태의 전자들을 일정기간동안 포획할 수 있다. 뼈를 함유한 육류, 뼈나 비늘 및 이빨을 가지고 있는 어류, 껍질을 가지고 있는 알, 조개류, 껍질이 있는 견과류, 결정화된 당을 함유한 건조된 과실류, 씨앗이나 조미료들이 전자스핀공명법으로 분석될 수 있다. 하지만, 뼈가 없는 근육 부위나, 물고기에서는 안정적인 라디칼을 형성하지 않아 방사선 조사 여부를 검지하는 방법으로 적합하지 않다 (Bernard A Goodman 1989).

시료를 연속적인 자기장안에 넣어 두고, 고주파의 전자기적 마이크로웨이를 가하여 자유라디칼들에 자기적 모먼트(스핀)를 띠게 한다. 이것이 ESR 스펙트럼으로 나타나게 하여 검출하는 원리이다. ESR 신호의 세기는 결정화나 hydroxyapatite의 정도가 커짐에 따라서 커지는 것으로 알려져 있다. 이 점은 방사선 조사를 얼마큼 했는가를 정량적으로 측정하는데 장애 요인으로 작용한다. 식육의 뼈 시료의 경우 개체의 뼈 골 치 밀도에 따라서 신호의 세기에 차이가 생길 수 있는 것이다.

ESR 분석법을 적용하기 위한 전처리 방법은 매우 간단하다. 50℃ 이내의 온도에서 시료를 건조하는 과정이 필요한데, 수분은 마이크로웨이브 에너지를 흡수하는 O-H dipole이 ESR 분석을 방해하기 때문이다. 50℃ 이하의 온도를 사용하는 이유는 식품의 구성 성분, 특히 당이 변형되는 것과 자유 라디칼의 재조합을 방지하기 위해서이다. 물론 식품중의 라디칼이 방사선 조사에 의해서 생성되지는 않는다. 식품을 가열, 파쇄하는 과정에서 생성될 수 있으며, 방사선을 조사하지 않은 뼈 시료에서 대칭적인 ESR 신호를 확인할 수 있다. 그렇지만, 방사선 조사 시료에서 보여 지는 특징적인 비대칭의 스펙트럼의 모양과 gyromagnetic factor (g-value)를 가지고 구별할 수 있다.

현재, ESR 분석법은 European Committee for Standardization (CEN), Codex 표준

IX. 기타

준검사항으로 여러 EU 가입국들과 전세계 많은 국가들에서 방사선 조사 식품의 국제 교역에서의 검사 방법으로 사용하고 있다.

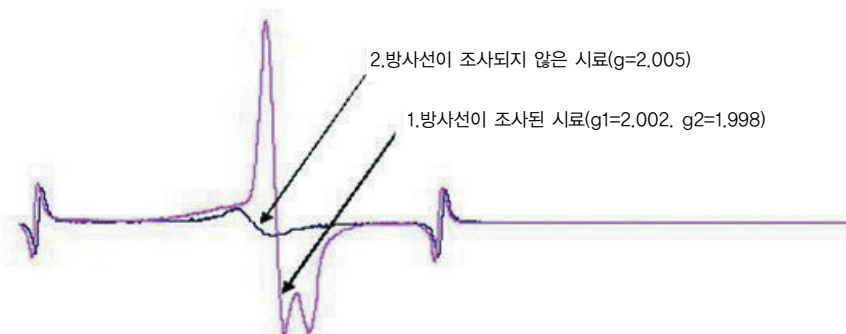


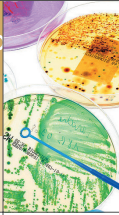
도표 5. 방사선 조사된 콩을 함유한 육류의 비대칭적인 시그널(1)과 방사선 조사되지 않은 콩을 함유한 육류의 대표적인 대칭형 시그널(2) 및 g값

〈화학적 검지방법〉

화학적 방법으로는 지방함유 식품에서 생성되는 지방분해산물인 hydrocarbon류 (Kim, Lee et al. 2004)와 2-alkylcyclobutanone류(Horvatovich, Miesch et al. 2000; Horvatovich, Raul et al. 2002; Horvatovich, Miesch et al. 2005; Horvatovich, Werner et al. 2006)를 GC 및 GC/MS로 분석하는 방법이 있다.

방사선 조사에 의해서 지방이 분해되어 생성되는 분해산물들(탄화수소류, 알데히드, 케톤, 에스테르, 과산화물 등)이 방사선 조사 축산식품의 풍미를 저해하는 물질들로 여겨져서 이에 관한 연구가 다양하게 수행되어 왔다.

지방산 C n:m (n=탄소수, m=이중결합)이 방사선 조사에 의해서 분해되면, 곁가지(카보닐 그룹의 alpha, beta 위치)가 잘려나가면서 휘발성 탄화수소류(C_{n-1}:m, C_{n-2}:m+1)와 2-alkylcyclobutanone(2-ACB, 네개의 탄소고리 2번 위치에 C_{n-4} 알킬



고리를 갖는다)을 생성하게 된다.

휘발성 탄화수소류의 검출은 가스크로마토그래피 불꽃 이온화 검출기(FID)로 간편하게 검출할 수 있지만, 이들이 방사선 특이적인 물질은 아니다. 하지만, 크로마토그램에서 보여지는 Cn:m에서 유래한 Cn-1:m/ Cn-2:m+1 조합은 방사선 조사에 의해서 생성된다는 것은 의심할 여지가 없다.

2-ACB는 방사선 조사에 의해서 생성되는 특이적인 화합물로 알려져 있다(Ndiaye, Jamet et al. 1999) 2-Dodecylcyclobutanone(2-dDCB)는 Palmitic acid (C16:0)에서 유래하며, 가스크로마토그래피 질량분석기로 분석될 수 있으며 방사선 조사된 식품의 명확한 증거로 사용될 수 있다(Stevenson and Stewart 1995)

탄화수소류와 2-ACB를 분석하는 방법은 매우 유사하다. 지방을 추출하고, Florisil SPE로 정제한 후, GC나 GC/MS(2-ACB의 경우)로 분석한다. 이 방법은 triglyceride가 1g%이상 함유한, 0.5 kGy이상의 흡수 선량이 조사된 식품에 적용할 수 있다(Ndiaye, Jamet et al. 1999). 탄화수소류와 2-DCB는 화학적으로 매우 안정하며, 저장기간에 따라서 어느 정도의 손실이 있는 것으로 보이거나 분석법의 정확도를 떨어뜨리지 않는 것으로 알려져 있고, CEN 표준 검사법으로 사용되고 있다(Anonymous 1996; Anonymous 1996). 이 표준검사법의 단점으로는 Soxhlet추출법으로 지방을 추출하는데 시간이 약 6시간 정도 소요되고 많은 양의 Florisil을 사용하여 지방으로부터 탄화수소류와 2-ACB를 정제해야 하는데 많은 시간과 용매가 소요되는 단점이 있다. Horvatovich는 분석시간의 단축과 값비싼 Florisil 정제 과정을 피하기 위해서 초임계추출법(Supercritical carbon dioxide extraction)을 적용하였다(Horvatovich, Miesch et al. 2000). 이 방법은 한번의 전처리로 탄화수소류와 2-ACB를 동시에 검출하고 정량할 수 있는 방법으로 알려져 있다.

IX. 기타

〈생물학적 검지방법〉

생물학적 방법에는 limulus amoebocytes lysate(LAL), direct epifluorescent filter technique/aerobic plate count(DEFT/APC) 등이 식품의 방사선 조사 여부 검지를 위하여 활용할 수 있는 방법으로 간주되고 있다.

거의 모든 식품에 DNA가 존재한다는 사실은 방사선 조사 식품을 검지하는데 광범위하게 사용될 수 있다. 하지만, 식품에서의 DNA 검출은 매우 어렵는데 변형되기 쉬우며 매우 낮은 농도로 존재하기 때문이다. DNA는 세포의 핵산분해효소(nucleases)에 의해 영상의 온도에서 매우 빠르게 변성된다. 이러한 사실로 인해 이 방법은 신선하거나 냉동 저장된 식품에 한해서 적용할 수 있다.

가장 성공적인 방법은 Ostling이 제안한 방법이다. 단순히 완충용액 내에서 단순히 흔들는 방법으로 세포에서 DNA를 추출하는 방법을 사용하였다. 이 세포 추출액을 agarose와 잘 혼합 한 후, 현미경 슬라이드에 코팅시키고 짧은 시간 (2분)동안 전기영동을 한다. 고분자량을 갖는 변형되지 않은 DNA를 갖는 세포들은 아주 조금만 이동하며 방사선 조사 식품에서 추출된 아주 작은 분자량의 DNA (DNA가 깨어짐)들은 비교적 많은 거리를 이동하게 된다. 전기영동을 통한 이러한 세포들의 형태는 머리부위는 세포로 구성되고, 꼬리부위는 저분자량의 DNA로 구성된 혜성의 형태를 나타내어 DNA comet assay로 알려져 있다. 흡수선량이 증가 하면, 혜성의 꼬리의 길이도 길어진다.

간편하고도 시간이 적게 소요되는 DNA comet assay는 고가의 장비가 필요하지 않으며 신선한 냉동 축산물의 분석에 적용될 수 있다. 이 방법은 CEN 표준검사법으로 여러 식품 분석 실험실에서 방사선 조사 식품의 검지기법으로 사용되고 있다(Anonymous 2000).

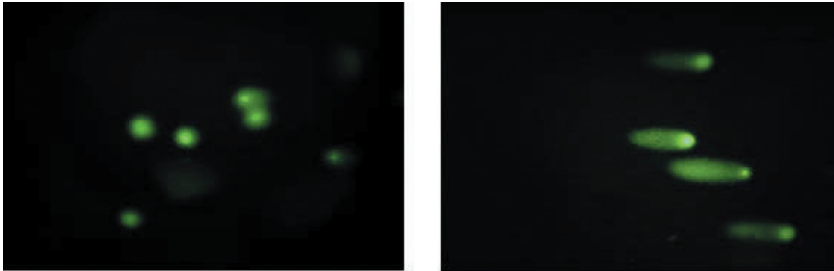


그림1 방사선조사 비조사 육류(좌)와 조사된 육류(우)의 코메트세포(형광 항체현미경 200배)

방사선 조사 식품의 검지방법들은 재현성, 간편성, 여러 종류 식품의 활용성 등 특성을 고려하여 연구되고 있으며,, 수많은 연구들을 통하여 특정 국가뿐만 아니라 국제 표준화 개발에 노력하고 있다.

〈맺음말〉

농림수산식품부 국립수의과학검역원은 지난 5개년 동안(2003~2007년) 유전자코메트 분석법(DNA comet assay), 전자스핀공명법(ESR), 지방산 유래 특이 탄화수소류를 분석하는 화학적 검지방법에 대한 연구를 수행하여 축산물에 최적화된 방사선조사 검지방법을 확립하였으며, 이를 통하여 축산물의 안전성을 확보하고 소비자에게 올바른 정보를 제공할 수 있는 기술력 보유하게 되었다.

2008년도에는 이렇게 확립된 검사법들을 축산물의 가공기준 및성 분규격 중 축산물시험법으로 등재함으로써 공인검사방법으로 사용할 수 있게 되었으며, 소비자에게 좀더 정확하고 올바른 정보를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

IX. 기타

| 관련기관 연락처

조직	담당업무	연락처
국립수의과학검역원 축산물검사부 축산물규격과	방사선조사 축산물 및 방사능오염 축산물의 기준 규격 및 검사 시험 조사 연구에 관한 사항	031)467-1992 (www.nvrqs.go.kr)
식품의약품안전청 유해물질관리단 위해기준과	방사선조사식품 및 식품 중 방사능 오염의 기준 및 규격 및 검사 시험 조사 연구에 관한 사항	02)380-1690 (www.kfd.go.kr)
FAO/IAEA 합동 식량농업 중 핵기술 프로그램	식량농업의 안전성과 품질 확보를 위해 FAO와 IAEA가 공동으로 식품방사선 조사 등에 대한 연구를 실시하고 그 결과를 제시	http://www.iaea.org/programmes/nafa/d5/index.html
미국 FDA	미국 FDA 사이트 중 방사선 조사에 대한 자료를 제공하는 사이트	http://www.fda.gov/opacom/catalog/irradbro.html
미국 EPA	미국 환경보호국에서 식품 방사선 조사에 대해 자료를 제공하는 사이트	http://www.epa.gov/radiation/sources/food_irrad.htm
Food Irradiation Watch (FI Watch)	호주 브리즈번에 위치한 비정부기구(NGO). 소비자에게 식품방사선 조사에 대한 정보 제공	http://www.foodirradiationinfo.org/
The Food Irradiation Information Website	소비자, 업체, 언론, 학계간 식품 방사선조사에 대한 커뮤니케이션을 증진하고자 개설된 사이트. 논문, 뉴스, 규정 등 각종 자료 게재	http://www.food-irradiation.com/



2. 아크릴아마이드

1) 아크릴아마이드란?

아크릴아마이드는 분자량 70.08로 무취의 백색결정이며, 비중은 1.122(30℃), 융점 84.5℃, 비점 87℃(2mmHg), 125℃(25mmHg)인 화합물이다. 물, 알코올, 아세톤에 용해되며 벤젠 등에는 용해되지 않는 물질로 실온에서는 안정한 물질이다. 아크릴아마이드는 음용수와 폐수처리의 응고제로 사용되는 폴리아크릴아마이드를 생산하는데 사용되어 왔다. 스웨덴 남부지방 철도 터널 공사에서 아크릴아마이드는 터널에서 발생된 누수의 보수용으로 사용되었는데, 이 중 약간의 아크릴아마이드가 폴리머로 굳어지지 않고 인근 강으로 흘러 들어갔다. 그 결과 물고기가 죽고 젖소들이 강물을 마시고 마비 증상을 보였다. 스톡홀름 대학의 과학자그룹은 인부들을 대상으로 아크릴아마이드 단백질의 부가물(adduct) 존재여부를 측정하였고, 터널공사 인부들뿐만 아니라 아크릴아마이드에 직업적으로 노출되지 않은 일반 대중에게서도 그 부가물이 존재한다는 것을 밝혔다. 2002년 4월, 스웨덴 식품규격청(Swedish National Food Authority)에서 특정식품을 고온에서 튀기거나 굽는 경우 생기는 것으로 처음 발표하였다.

2) 아크릴아마이드의 생성 및 함량

식품 내의 아크릴아마이드는 주로 유리 아미노산 아스파라진의 아미노그룹과 글루코스와 같은 환원당의 carbonyl group 사이의 가열반응을 통해 생성되는 것으로 보고되고 있다(그림 2). 이러한 전구체는 감자, 시리얼, 보리, 쌀, 밀 품 등의 식품에 풍부하고, 가금류, 육류, 생선 등의 동물성 식품군에는 적게 함유되어 있다. 그러나 아크릴아마이드의 생성원인 및 메커니즘에 대한 것은 확실하게 밝혀져 있지 않아 보다 많은 연구를 필요로 하고 있다. 다만, 고온에서 조리 및 가공하였을 때, 자연적으로 식품에서 생성되는 것으로 알려져 있으며, 가열시간에 따라 아크릴아마이드 수준이 증가하는 것으로 알려

IX. 기타

져 있다.

식품 내 아크릴아마이드 함량은 프렌치 후라이, 포테이토 칩, tortilla chip, bread crust, crispbread 등의 상업적으로 가공된 식품에서 높은 것으로 알려져 있다. 그리고 식품군마다 다양한 아크릴아마이드 수치가 분석되었을 뿐만 아니라 같은 식품군의 다른 제품에서도 다양한 아크릴아마이드 수치가 분석되었다. 즉 아크릴아마이드의 형성은 식품 내 존재하는 전구체의 양뿐만 아니라 다양한 가공 조건(온도, 시간, 튀김기름의 성질, 식품 매트릭스의 성질)에 의해 영향을 받는다고 추정할 수 있다.

아스파라진은 아크릴아마이드의 형성의 중요한 전구체로서 설명되므로, 다양한 식품 내에 아스파라진의 양이 중요하게 인식되고 있다. 유리 아스파라진이 많은 식품으로는 감자(93.9mg/100g), 렌즈콩(18-62mg/g) 등이 있다.

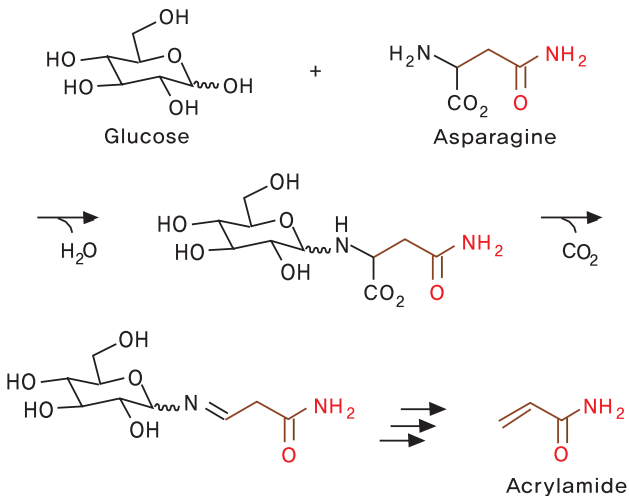


그림2 글루코스와 아스파라진으로부터 아크릴아마이드의 생성



3) 아크릴아마이드의 독성

아크릴아마이드는 흡입을 통해서 체내에 흡수될 수 있으며, 식수를 통해 경구로 투입된 아크릴아마이드의 체내 이용률은 50-75%으로 아주 높다. 그러나 식품 매트릭스 내에 아크릴아마이드의 체내 이용률에 대한 것은 아직 밝혀지지 않았다. 그러나 비흡연자이면서 직업적으로 아크릴아마이드에 노출되지 않는 사람도 헤모글로빈 부가물 수치가 높으며 아크릴아마이드 대사산물인 glyciadmid를 가지고 있으므로 식품 내의 아크릴아마이드가 부분적으로 체내에 흡수되고 있음을 알 수 있다.

체내에 흡수된 아크릴아마이드는 glutathione-S-transferase(GST)에 의해 GSH(glutathione reduced)와 결합되어 mercapturic acid [N-acetyl-S-(2-carbamoylethyl)-cysteine]로 소변을 통해 배설되는데 이는 아크릴아마이드의 중요한 해독화 경로이다. 아크릴아마이드의 흡수는 소화관을 통하여 쉽게 흡수되고 소변을 통한 배설이 빠르기 때문에, 빠른 시간 내에 흡수된 아크릴아마이드의 반이 소변으로 배설된다(FAO/WHO, 2002).

실험 동물에게 아크릴아마이드를 반복적으로 투여하였을 때 말초신경계가 가장 민감한 영향을 받아 손상된다. 독성 실험 시 근육과 고환의 기능이 퇴화되고 감소된 적혈구 파라미터가 관찰되었다. 말초 신경장애와 헤모글로빈 adduct의 형성은 직업적으로 노출된 사람에게도 나타난다. 1985년 WHO는 아크릴아마이드에 노출된 rat에 대한 연구에 의거하여 아크릴아마이드에 대한 TDI(Tolerable Daily Intake)를 $12\mu\text{g}/\text{kg bw}/\text{day}$ 으로 산출하였다. US-EPA는 1993년에 아크릴아마이드에 대한 RfD(reference dose)를 $0.2\mu\text{g}/\text{kg bw}/\text{day}$ 로 도출하였다. 쥐의 만성 독성 및 발암성 연구에 의하면, 말초신경계에 대한 LOEL(Lowest Observed Adverse Effect Level)은 $2\mu\text{g}/\text{kg bw}/\text{day}$ 이며, NOAEL(No Observable Adverse Effect Level)의 $0.5\mu\text{g}/\text{kg bw}/\text{day}$ 으로 산출되었다.

아크릴아마이드와 N-methyloacrylamide를 포함한 그라우트(시멘트의 보조 접합제)

IX. 기타

에 직업적으로 노출된 스웨덴 터널 근로자는 말초신경계 증상을 나타냈다. Hb-acrylamide 부가물의 양이 증가할수록($>1\text{nmol/g globin}$), 손과 발이 쭈시거나 마비되는 증상을 호소하는 사람들이 많은 것으로 나타났다. 중국의 아크릴아마이드를 만드는 공장에서 단기간 아크릴아마이드에 직업적으로 노출된 71명의 근로자는 약해진 다리, 발가락의 반사작용과 감각의 손실, 손의 피부가 벗겨지기 시작하여 손과 발이 마비되는 증상을 보였다. 장기간의 노출은 신경 장애에 따른 소뇌 신경 장애를 포함한 더 심한 증상을 나타냈다.

IARC는 아크릴아마이드와 N-methylolacrylamide를 인간에게 잠재적인 발암의심 물질이라고 규정하였다. 동물 실험연구에 따르면 아크릴아마이드는 mice의 뇌, 중심 신경 시스템, 갑상선, 내분비선 등의 암 발생률을 증가시켰다.

4) 저감화전략

아크릴아마이드의 섭취를 줄이기 위해서는 식품을 고온에서 장시간 조리하지 않아야 하며, 튀기거나 기름진 식품의 섭취를 줄이고 대신 찌거나 삶아서 익힌 식품을 섭취하고, 감자는 갈색으로 변하지 않도록 조리하는 등 가정에서의 조리방법을 개선하는 것이 좋다. 제조업체에서는 제조공정과 원료의 저장온도를 개선하는 등 아크릴아마이드 저감화를 위한 노력을 기울여야 한다. 특히, 감자는 6°C 이상의 음지에서 보관하고, 냉장 고에 오래 보관하지 않는 것이 좋다.

미국 Joint Institute for Food Safety와 Applied Nutrition/National Center for Food Safety and Technology (JIFSAN/NCFST/FDA)의 워크숍(에서 권고된 아크릴아마이드 저감화 전략은 다음과 같다.

(1) 우선적으로 건조식품을 기초로 한 각기 다른 식품군에서의 유리 아스파라진과 포



도당의 함량에 대한 데이터베이스를 만든다.

- (2) 가공되지 않은 식품 내의 아스파라진 함량과 가공후의 아크릴아마이드 함량간의 관계에 대한 정의를 내린다.
- (3) 시간, 온도, pH, 수분활성도, 표면적, 전구체의 영향을 받는 아크릴아마이드 형성 기작들을 정의한다. 열에 의해 발생하는 아크릴아마이드 형성의 초기속도는 아스파라진의 α -NH₂와 포도당의 carbonyl group이 두 단계의 반응을 통해 N-glycoside를 형성하는 것에 의해 결정되므로 형성속도는 각각 두 개의 전구체의 농도에 비례할 것이다. 따라서 아스파라진이나 포도당 함량을 줄이는 것으로부터 아크릴아마이드형성이 줄어드는 것을 기대할 수 있다.

특히 아스파라진 함량은 다음과 같은 방법으로 줄일 수 있다.

- (가) 기본적으로 감자나 곡류와 같이 asparagine 함량이 높은 원료는 아스파라진 함량이 낮은 품종을 선택해서 사용하도록 한다.
 - (나) 아스파라진의 생합성을 억제하는 효소를 개량한다.
 - (다) 산, asparaginase/amidase 효소 등을 이용하여 아스파라진을 아스파르산 또는 암모니아로 가수분해 시킨다.
 - (라) 아스파라진을 아세틸화한 N-acetylasparagine은 아크릴아마이드를 형성하는 N-glycoside 형성을 억제한다.
- (4) 이미 형성된 아크릴아마이드를 파괴한다.
- (가) 아크릴아마이드의 amide 그룹이 산이나 효소에 의해 acrylic acid 와 ammonia로 가수분해 되는 경우 가수분해한다.
 - (나) UV 광선, 전자파, 또는 자유기는 가공 식품의 monomeric acrylamide의 polymerization을 유도한다.

IX. 기타

(다) SH-를 포함하는 아미노산, 에스테르, 펩타이드, 단백질 등과 아크릴아마이드를 반응시킨다.

(라) 굽거나 튀길 때 citric산을 첨가하여 pH를 낮춤으로서 형성을 저해한다.

3. 트랜스지방산

1) 트랜스지방산이란?

지방은 동물성식품에 주로 존재하는 고체상태의 지방(fat)과 식물성식품에 주로 존재하는 액체상태의 기름(oil)으로 구분할 수 있다. 이러한 지방은 대부분 지방산으로 구성되는데 동물성식품에는 주로 포화지방산, 식물성식품에는 주로 불포화지방산(단일 또는 다중 불포화 지방산)이 존재한다. 트랜스지방산(그림 3)은 반추동물의 위에 소량 존재하지만 위험성이 낮고 대부분은 액체상태의 기름을 수소 첨가하여 고체화(경화)시키는 과정에서 생성되며 지방이 자동 산화되거나 지방을 가열시 일부 생성되기도 한다. 즉 액체상태의 기름에 존재하는 시스 형태의 지방산(천연적으로 이 형태로 존재함)이 수소 첨가시 전부 포화지방산으로 전환되지 않고 이중결합이 남아 트랜스 형태를 이루는 것이 트랜스지방이며 트랜스지방이 많이 함유된 유지를 부분경화유라고 한다.

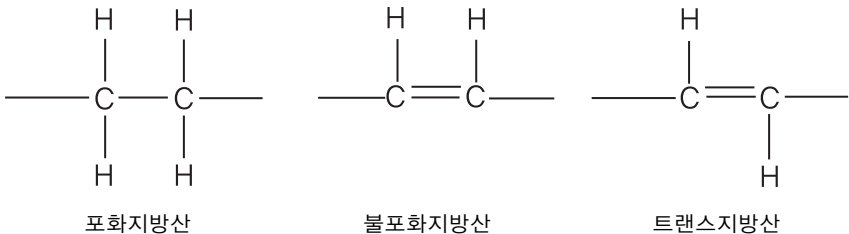
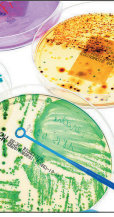


그림3 포화지방산, 불포화지방산 및 트랜스지방산의 구조



이와 같이 트랜스지방산이 많이 생성되는 경화유를 제조하는 이유는 입에 닿는 느낌이 좋고 부드러워 소비자들이 이러한 질감을 좋아하기 때문이고, 불포화도가 낮아 산패를 방지하므로 오랫동안 저장 가능한 장점이 있다. 그러나 소량 존재하는 트랜스 지방이 심혈관계 질환에 영향을 줄 뿐 아니라 다른 질병과의 연관성도 보고되고 있으며, 체내에서 불포화지방산과 유사하게 인식되므로 인체에 미치는 여러 가지 영향을 고려해야 한다.

2) 트랜스지방이 건강에 미치는 영향

일반적으로 단일 및 다중 불포화지방산은 관상 심장 질환의 위험을 감소시키는 경향이 있어 건강에 도움을 주므로 식사에 꼭 포함시켜야 한다고 알려져 있다. 반면에 포화지방산과 트랜스지방은 건강에 유익하지 않은 지방으로서 관상 심장 질환의 위험을 증가시키는 경향이 있다. 또한, 포화지방산은 심장병의 위험인자이자 나쁜 콜레스테롤로 알려진 LDL-콜레스테롤과 심장병에 대해 보호작용을 하는 좋은 콜레스테롤인 HDL-콜레스테롤 모두의 혈중 수치를 동시에 높이지만, 트랜스지방은 혈중 LDL-콜레스테롤 수치를 낮추고 HDL-콜레스테롤 수치를 높이는 작용을 한다. 이러한 결과를 근거로 트랜스지방이 포화지방산보다 더 나쁠 수 있다고 알려졌다.

이상과 같이 트랜스지방이 관상 심장 질환에 대해 주요한 영향을 준다는 역학 조사 연구 보고가 있다. 1976년부터 14년 동안 진행된 연구에서 간호사의 관상 심장 질환의 위험은 탄수화물로 소비되어야 하는 열량의 2%씩 트랜스지방으로 대체했을 경우 약 2배가 증가하였는데 이는 포화지방산으로 대체했을 경우보다 15% 증가한 수치이다. 또한 열량의 2%를 트랜스지방에서 불포화지방산으로 대체했을 때 관상 심장 질환의 위험이 53% 감소하였는데 이러한 수준은 열량의 5%를 포화지방산에서 불포화지방산으로 대체한 경우 43% 감소한 것을 감안할 때 감소정도가 훨씬 크다고 할 수 있다.

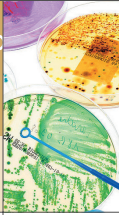
IX. 기타

트랜스지방과 다른 질환과의 관계는 아직 연구 결과들이 일치하지 않고 있다. 암에 대해서 최근의 보고는 전립선암과 연관이 있다는 보고는 있지만 아직 확정지을 수는 없다. 또한 제2형 당뇨 또는 비만과 트랜스지방과의 연관성도 마찬가지라 할 수 있다. 트랜스지방은 간에서 다른 지방과는 다르게 대사된다고 알려졌고 필수지방산 대사에 관련된 효소 중 하나를 저해하므로 간의 이상과도 관련 있다는 보고가 있다. 그 밖에 여성의 불임, 알러지 및 면역력 등과의 관계도 일부 보고되고는 있으나 아직 명확하지 않다.

지금까지의 연구결과로는 트랜스지방과 심혈관 질환과의 관련성 외에는 명확히 알려진 질병은 없다고 할 수 있으므로 더욱 연구 결과가 축적되어야 할 것으로 사료된다. 트랜스지방은 불포화지방산의 모양은 하고 있으나 포화지방산과 같이 작용할 뿐 아니라 체내에서는 불포화지방산이 있어야 할 자리를 트랜스지방이 대신 차지하므로 신체의 구성성분 및 대사에 미치는 영향이 트랜스지방의 위해성을 설명하는 간접적인 원인이 될 수 있다고 할 수 있다.

3) 식품 중 트랜스지방 함량

트랜스지방을 많이 함유하는 대표적인 식품은 마가린과 쇼트닝이다. 식약청에서 2004-2006년 사이에 실시한 국내 유통 가공식품 중의 트랜스지방 함량 모니터링의 결과를 살펴보면, 식품 100 g당 g으로 나타냈을 때 마가린과 쇼트닝(14.4 g) 다음으로 트랜스 지방을 많이 함유한 식품은 전자렌지용 팝콘(11.0 g), 도우넛(4.7 g), 튀김용 냉동 감자(3.5 g)였다(표 2).



| 표2 국내 유통 가공식품 중의 트랜스지방 함량 |

제품 유형		트랜스지방 함량 (g/식품 100 g) (평균±표준편차)	모니터링 연도
유지류	식용유지	1.0 ± 0.5	'04
	쇼트닝, 마가린	14.4 ± 10.2	'04
과자류	비스킷류	1.6 ± 1.8	'06
	초콜릿 가공품	2.1 ± 1.6	'06
	스낵류	0.5 ± 1.2	'06
	전자렌지용 팝콘	11.0 ± 0.1	'04
	팝콘	0.1 ± 0.1	'04
제빵류	빵류	0.6 ± 0.8	'05
	케익류	2.5 ± 1.7	'05
	도우넛	4.7 ± 1.7	'05
패스트푸드류	햄버거	0.4 ± 0.4	'05
	피자	0.4 ± 0.2	'05
	후라이드 치킨	0.2 ± 0.2	'06
	감자튀김	2.0 ± 0.8	'06
	튀김용 냉동감자	3.5 ± 2.4	'05
	튀김류	0.3 ± 0.2	'05
기타	마요네즈	ND	'05
	커피프림	ND	'05
	인스턴트 스프 (분말)	0.2 ± 0.2	'05

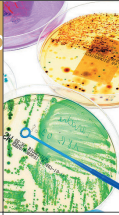
출처 : 식품의약품안전청 ; ND : 불검출

IX. 기타

한편, 한국식품연구원에서도 국내에서 생산된 농축수산물 98종, 식육가공품 30종, 스낵류 30종 등의 트랜스지방 모니터링 결과를 발표하였고 그 결과의 일부는 표 3과 같다. 트랜스지방은 가스 크로마토그래피법으로 분석하며, 그 결과, 식품의 종류에 따라, 같은 종류의 식품일지라도 제조방법과 원료에 따라서도 큰 차이를 보였다. 마가린류는 12종의 분석치를 비교했을 때 식품 100 g당 최소 0에서 부터 최대 16.94 g의 큰 편차를 보였고 모든 식품 중에 최고치를 보였다. 과자류, 빵류, 초콜릿류는 유지류를 제외하고 전반적으로 트랜스지방 함량이 높았는데 최대치로 보면 식품 100 g당 쿠키는 7.3 g, 케익 5.82 g, 초콜릿 4.56 g, 빵 2.77 g 순이었다. 팝콘도 트랜스지방 함량이 0.09 - 12.22 g으로 종류에 따라 큰 차이를 나타냈다. 육류 및 유제품은 후라이드 치킨을 제외하고는 전반적으로 낮은 수준이었고 후라이드 치킨도 0.02-4.51 g으로 다양한 함량을 보였다.

표3 국내 식품 중의 트랜스지방 함량

제품 유형		트랜스지방 함량 (g/식품 100 g)	
		최소	최대
식용유	올리브유	-	-
	대두유	-	-
	참기름	0.10	0.33
	옥수수유	-	0.71
	기타	-	0.82
유제품, 쇼트닝, 마가린	우유	0.04	0.09
	버터	1.21	3.16
	치즈	1.46	1.85
	쇼트닝	1.07	6.56
	마가린	0	16.94
과자류, 빵류, 초콜릿류	쿠키	-	7.30
	케익	0.22	5.82
	초콜릿	0.09	4.56



제품 유형		트랜스지방 함량 (g/식품 100 g)	
		최소	최대
과자류, 빵류, 초코렛류	빵	0.68	2.77
	피자	0.17	0.35
햄버거, 감자칩, 팝콘	햄버거	0.25	0.36
	감자칩	1.48	5.25
	팝콘	0.09	12.22
육류 및 육제품	생선 (통조림)	0.00	0.07
	후라이드 치킨	0.02	4.51
	햄	0.06	0.25
	소시지	0.00	0.22
	베이컨	0.04	0.16
	오리	0.08	0.11
	치킨 (생)	0.06	0.14
	쇠고기	0.18	0.92
	돼지고기	0.05	0.21
	개고기	0.05	0.08
기타	쇠고기 양념	0.00	0.01
	스프	0.00	0.19
	즉석면	0.00	0.01

출처 : 한국식품연구원

IX. 기타

4) 한국인의 트랜스지방 섭취량 추정

트랜스지방 모니터링 결과와 1일 식품 섭취량 자료(식약청, 보건사회진흥원)에 근거하여 한국식품연구원에서 국민 1인 1일 트랜스지방 섭취량을 추정하였다. 표 4와 같이 국민 1인 1일당 트랜스지방 섭취량은 최소 0.47 g, 최대 4.8 g으로서 평균 약 2.6 g으로 추정되고, 이는 식약청에서 발표한 1일 추정섭취량인 0.37 g보다 약간 높은 수준이다. 미국(5.3 g), 캐나다 (8.4 g)의 1인 1일 섭취량보다는 낮으나 우리나라 성인여성의 열량 권장량인 2,000 kcal로 비교할 때 WHO의 권고 수준인 2.2 g/2,000 kcal에 비교하면 약간 높은 수준이므로 관리가 필요하다고 할 수 있다.

| 표4 식품 종류별 트랜스지방 섭취량 추정치 |

식품의 종류	섭취량	트랜스지방 섭취량 추정치(g/1일)	
식물성 기름	10 g	최소	0.00
		최대	0.04
쇼트닝, 마가린	30 g	최소	0.23
		최대	1.72
과자, 빵, 즉석식품	50 g	최소	0.19
		최대	2.41
육제품	90 g	최소	0.05
		최대	0.60
면류	50 g	최소	0.00
		최대	0.03
합계	230 g	최소	0.47
		최대	4.80

출처 : 한국식품연구원



5) 트랜스지방의 관리 현황 및 저감화 대책

국제적으로 트랜스지방의 규격을 설정하고 식품의 영양 표시에 트랜스지방을 포함시키도록 하는 등 트랜스지방에 대한 규격을 강화하고 있고 가공식품 중 트랜스지방의 저감화를 위해 노력을 기울이는 추세이다. 주요 국가별 트랜스지방 관리 현황을 살펴보면, 가장 먼저 규제를 정한 나라는 덴마크로서 2003년 6월부터 가공식품의 지방 중 2% 이하로 규제하였고, 식품 100 g당 1 g 미만 일 때 트랜스지방이 존재하지 않는다고 규정하였다. 미국은 2006년 1월부터 식품에 트랜스지방 함량을 표시하도록 하였고 식품 100 g당 0.5 g 이하 일 때 트랜스지방이 존재하지 않는다고 규정하였다. 캐나다는 미국과 동일하게 규제하였고 적용 시기는 2005년 12월부터였다. 프랑스는 2006년 1월부터 과자 및 빵류 중 100 g 당 1 g 미만으로 규제하였고, 영국은 1일 섭취량 4.4 g 미만으로 권고하였다. 코덱스(CODEX)에서는 트랜스지방의 정의 및 표시방안 등을 논의(3단계)하였고 세계보건기구(WHO)에서는 하루 섭취 열량 중 트랜스지방에서 기인되는 열량이 1% 이하가 되도록 권고하였다(2,000 kcal 기준시 약 2.2 g에 해당함).

국내의 관리 현황을 살펴보면 앞에서 언급한 것처럼 식약청에서 2004년에서 2006년까지 가공식품 중 트랜스지방 함량 모니터링한 결과를 바탕으로 가공식품의 표지에 트랜스지방 함량을 표시하는 방안을 마련하였다. 2006년 9월부터 1년 동안은 자율적으로 표시하도록 하고 2007년 12월부터 의무표시를 시행하도록 하였으며 2006년 9월부터 원료 유지의 권장규격 5%를 설정하였다. 또한 학계, 산업계, 소비자단체, 식품산업체 및 식약청 관계자로 구성된 트랜스지방 저감화 추진위원회를 구성하여 트랜스지방 저감화를 위한 식품산업체 공정 개선방안 등 원천적 저감화 기술 및 표시방안과 권장규격설정 방안 등 정책적 수단을 연구 및 검토 중에 있다. 식품 중 트랜스 지방 함량 모니터링 및 섭취량 조사가 지속적으로 추진될 예정이다.

IX. 기타

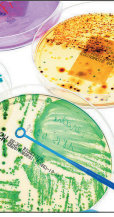
6) 소비자에 대한 권고사항

트랜스지방에 대한 소비자의 관심이 과거에 비해 매우 증가하였으나 정확하게 인식하지 못하고 있는 부분이 많다. 예를 들어, 소비자들은 마가린이나 쇼트닝이 트랜스지방 자체인 것으로 알고 있다. 지금까지는 마가린이나 쇼트닝이 트랜스지방이 많은 부분경화유로 제조되었으나 부분경화유가 아닌 다른 유지를 개발하여 제조하면 마가린이나 쇼트닝 자체가 문제를 일으키지는 않는다고 할 수 있으므로 이러한 식품을 적게 하는 것과 무조건 배척하는 것은 다르다고 할 수 있다. 트랜스지방 섭취를 줄이기 위해 소비자들이 다음의 사항을 지키도록 권고하고 있다(식약청 자료 참조). 첫째, 가정에서 조리할 때 특히 튀김 시 액상의 식용유를 사용하도록 한다. 토스트나 볶음밥 등에 마가린을 사용할 때 조금만 첨가하도록 한다. 둘째, 가공식품 선택시 원재료명을 꼭 확인하고 원재료명에 정제가공유지(부분경화유), 쇼트닝(대두), 마가린(대두)로 표기한 제품의 섭취는 줄이도록 한다. 2007년 12월부터 트랜스지방과 포화지방 함량이 영양표시에 꼭 포함되도록 의무화하였으므로 소비자들도 꼭 영양표시를 확인하는 습관이 필요하다. 셋째 균형된 식생활을 통해 포화지방산 및 트랜스지방 섭취량을 줄여야 한다.

4. 다이옥신

1) 개요

다이옥신은 염화탄화수소 화합물로 서로 비슷한 화학적 구조를 가지는 한 부류의 물질을 대표하는 이름이며 화학 산업에서 불순물로 존재하는 물질이다. 화학적으로 벤젠고리에 염소가 결합된 위치에 따라 이름이 정하여지며, 연구결과 2,3,7,8-TCDD가 가장 독성이 강하다고 알려져 있다. 쓰레기의 소각, 종이 또는 펄프의 표백과정, 여러 종류의 플라스틱 제조, 유기 염소계 농약(제초제)의 제조 등에서 배출 또는 생성되어지기도 한다. 다이옥신은 화학적으로 안정하여 변형이 잘 일어나지 않고 자연에서 오랫동안 존재



하며 지방에 잘 녹는 성질로 인하여 생체 축적도가 높다. 인간의 필요에 의해서가 아님에도 불구하고 인간 활동의 여러 과정에서 만들어진 다이옥신은 물, 공기, 토양 등의 자연환경과 우리의 음식물까지도 오염시키고 있다.

다이옥신이 인체에 미치는 영향은 계속 연구가 진행되고 있으며, 사람이 2,3,7,8-TCDD에 노출된 경우 여러 종류의 암이 유발될 가능성이 있는 것으로 알려져 있다. 또한 동물실험이나 외국 오염 사례에서의 역학조사에 의거하여 알려진 다이옥신의 독성은 성인의 경우 생식 기능장애, 출산율의 저하, 태아의 비정상적인 발달의 가능성, 호르몬 조절기능의 변화, 면역체계의 이상, 어린이의 성장 발달 지연 가능성 등이 있으며 다이옥신에 대한 노출 정도, 신체 건강 상태에 따라 개인차가 있을 수 있다.

2. 환경에 존재하는 다이옥신 양

1) 공기중의 다이옥신

각종 쓰레기의 소각과 자동차의 매연이 공기 중에 다이옥신이 존재할 수 있는 주원인이다. 도심의 공기 중 다이옥신의 양은 0.01 - 0.1 pg/m³ 정도이며, 이 농도를 기준으로 하루에 사람의 체내로 유입되는 다이옥신의 양을 계산하면 약 0.003 - 0.03 pg/kg/day 이 된다. 미국 환경보호청(US EPA)은 공기로부터 인체에 유입될 수 있는 다이옥신의 양을 0.006 pg/kg/day으로 규제하고 있다. 쓰레기 소각의 부산물은 약 10,000 pg/g의 고농도 다이옥신을 포함하기도 하며, 부산물의 입자크기, 지형적인 분포와 부산재가 포함하는 다이옥신의 농도에 따라 사람에게 전가되는 다이옥신의 양이 달라진다. 농작물에 오염되는 다이옥신은 농약에 불순물로 존재하게 되는 다이옥신 또는 각 지역의 공기 중 다이옥신의 농도에 기인하며 약 0.01 pg/m³ 정도이다. 농약제조를 엄격히 관리한 결과 불순물로서의 다이옥신양은 점점 줄어가는 추세이다.

IX. 기타

2) 토양중의 다이옥신

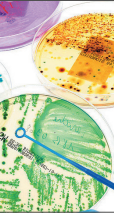
농약의 사용과 오염된 공기는 계속적으로 토양을 오염시키고, 오염된 토양은 농작물의 오염을 가져오게 된다.

3) 물에서의 다이옥신

공기 또는 토양에 오염되어있는 다이옥신이 수계(water system)로 들어가거나, 금속 공업, 종이공장에서 표백용으로 사용하는 염소 등의 화학공정에 의하여 다이옥신이 자연수에 유입되게 된다. 그러나 다이옥신은 물에 거의 녹지 않으므로 하상 침전물에 흡착이 일어나게 된다. 이러한 용해도의 성격상 음용수에서는 1 ppt 이상의 다이옥신이 검출된 예는 없다. 미국 환경보호청은 음용수중의 2,3,7,8-TCDD의 농도를 0.03 ng/L로 제한하고 있으며, 폐기물, 유출, 또는 사고로 인한 유출의 경우 다이옥신 농도가 1 파운드(= 약 454 g) 또는 그 이상인 경우는 반드시 환경보호청에 보고하도록 명시하고 있다. 다이옥신에 오염된 자연수는 그곳에 사는 물고기에 생체축적을 가져오며, 미국에서는 최고 85 pg/g의 다이옥신이 물고기에서 검출된 예가 있고 평균적으로 0.4 pg/g의 다이옥신이 검출되는 것으로 보고되어있다. 만일 성인 한사람이 하루에 6.5g의 물고기를 섭취한다면 0.5pg/kg/day의 다이옥신이 체내로 들어오게 된다. 미국 식품의약품안전청(FDA)은 다이옥신 함량이 25pg/g 이하인 물고기의 경우는 심각한 건강장애를 일으키지 않는 것으로 발표하고 있으며 2,3,7,8-TCDD의 농도가 50 pg/g 이상인 물고기나 어패류는 먹지 않을 것을 권고하고 있다.

3. 신체부하량

신체부하량(body burden)이란 일정 시간동안 체내에 존재하는 화학물질(유해물질)의 총량을 말한다. 조사된 바에 의하면 미국인 체내에 평균적으로 존재하는 다이옥신의 양



은 7-13 pg/g fat(1pg = 1조분의 1그램)으로서 1인 체내에서 순환되고 있는 다이옥신이 약 100,000 pg인 셈이다.

4. 독성

다이옥신에 노출될 경우 일어날 수 있는 독성에 대하여 EPA가 발표한 연구결과를 증상에 따라 구분하면 다음과 같다.

1) 염소성 여드름(Chloracne)

다이옥신에 노출된 경우 가장 먼저 나타나는 증상으로 사람의 경우 신체부하량이 6 - 3000 ng/kg 범위에서 증상이 나타나며 실험동물의 경우 23 - 13,900 ng/kg에서 이러한 증상이 나타난다. 따라서 낮은 경우는 신체부하량의 약 7배가 되는 농도에서 염소성 여드름이 나타날 수 있다.

2) 발암성

다이옥신의 신체부하량이 109 ng/kg에 이르면 사람에게 발암의 위험이 있으며 이는 평균 신체부하량의 약 8배에 해당한다. 다이옥신 농도 10,000 - 20,000 pg/kg/day 에 노출시킨 쥐(rat)의 경우 종양(tumor)의 형성이 10-20%에 이르렀고 이 결과를 사람에게 적용하면 0.01 pg/kg/day 의 낮은 농도에서도 종양 형성의 가능성이 있게 된다.

3) 남성호르몬의 감소

미국 National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH)는 직업상의 노출로 혈액 중 다이옥신이 함유되어 있는 남성의 경우 남성호르몬인 테스토스테론

IX. 기타

의 양이 감소함을 발견하였다. 테스토스테론의 감소가 통계학적으로 확실하나 감소량이 적고 측정된 값은 여전히 정상의 범위에 있었다.

4) 면역체계 독성

원숭이(marmosets)의 경우 다이옥신의 농도가 10 ng/kg에서 면역체계와 관련된 백혈구의 변화가 관찰되었다.

이상과 같은 여러 종류의 독성을 가져 올 수 있는 다이옥신은 전체 210종의 이성체 중 17종이며 나머지는 독성이 무시 될 정도이거나 없다. 가장 독성이 강한 것으로 알려진 2,3,7,8-TCDD를 기준값 1로 정하고 17종의 다이옥신에 대하여 상대 독성값을 계산한 독성등가계수(Toxic Equivalent Factor, TEF)를 실제 오염된 다이옥신 농도 계산에 사용하고 있다. 독성등가지수를 사용하여 계산된 시료중의 다이옥신 농도를 독성등가값(Toxic Equivalent Quantity, TEQ) 이라 하며 계산식은 다음과 같다.

$$\text{총 독성등가값(TEQ)} = \sum(\text{다이옥신농도} \times \text{TEF})$$

표5는 WHO가 1998년 및 2005년에 발표한 다이옥신 및 퓨란의 독성등가계수로서 많은 연구자들이 1995년도 독성등가계수를 여전히 사용하고 있으나 신경독성 등의 연구결과가 더하여져 새로이 설정된 2005년도 독성등가계수를 점차 사용하여 가는 추세이다. 또한 화학적 구조와 독성과의 관계를 LD50로 나타내면 표6과 같다. LD50란 실험동물군의 50%에 해당하는 개체가 죽는 유해물질의 양을 말하는 치사량(lethal dose)이다



| 표5 WHO 독성등가계수 |

Compound	WHO 1998 TEF	WHO 2005 TEF*
chlorinated dibenzo-p-dioxins		
2,3,7,8-TCDD	1	1
1,2,3,7,8-PeCDD	1	1
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.1	0.1
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.1	0.1
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.1	0.1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.01	0.01
OCDD	0.0001	0.0003
chlorinated dibenzofurans		
2,3,7,8-TCDF	0.1	0.1
1,2,3,7,8-PeCDF	0.05	0.03
2,3,4,7,8-PeCDF	0.5	0.3
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.1	0.1
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.1	0.1
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.1	0.1
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.1	0.1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.01	0.01
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.01	0.01
OCDF	0.0001	0.0003
non-ortho substituted PCBs		
PCB 77	0.0001	0.0001

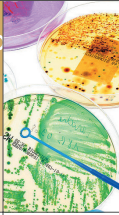
IX. 기타

Compound	WHO 1998 TEF	WHO 2005 TEF*
PCB 81	0,0001	0,0003
PCB 126	0,1	0,1
PCB 169	0,01	0,03
mono-ortho substituted PCBs		
105	0,0001	0,00003
114	0,0005	0,00003
118	0,0001	0,00003
123	0,0001	0,00003
156	0,0005	0,00003
157	0,0005	0,00003
167	0,00001	0,00003
189	0,0001	0,00003

* Numbers in bold indicate a change in TEF value

Reference - Van den Berg et al :

The 2005 World Health Organization Re-evaluation of Human and Mammalian Toxic Equivalency Factors for Dioxins and Dioxin-like Compounds, ToxSci Advance Access, 7 July 2006



| 표6 다이옥신의 화학적 구조와 독성과의 관계^a |

Dioxins & Furans	LD50 (μg/kg)
2,3,7-TriCDD	29,444
2,3,7,8-TCDD	2
2,3,7,8-TCDF	7
1,2,4,7,8-PCDD	1,125
1,2,3,7,8-PCDD	3
2,3,4,7,8-PCDF	< 10
1,2,3,4,7,8-HxCDD	73
1,2,3,6,7,8-HxCDD	70-100
1,2,3,7,8,9-HxCDD	60-100
2,3,4,6,7,8-HxCDF	120
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	> 600

^a단일 경구 투여후 30일 동안 관찰한 결과임.

5. 일일섭취내용량

음식물, 호흡, 피부접촉 등을 통하여 인체에 유해물질이 유입되는 것을 노출 또는 섭취라 표현하며, 다이옥신의 경우 90%이상이 음식물을 통한 노출이고 1~3%는 호흡에 의한 것으로 알려져 있다. 일일섭취내용량(Tolerable Daily Intake, TDI)은 사람이 평생(70년) 동안 섭취하여도 건강에 지장이 없는 농도 또는 100만 명중 1명이 암에 걸릴 수 있는 농도를 의미하는데, 이 수치는 각각 다른 여러 노출 경로, 평균 신체부하량과 체내 잔류량이 제거되는데 소요되는 약 8년의 기간을 감안하여 산출한 값이다. 각 나라 별로 설정된 다이옥신의 일일섭취내용량을 표7에 나타내었다.

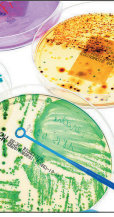
IX. 기타

| 표7 다이옥신의 일일섭취내용량

국 가	일일섭취내용량 (pg TEQ/kg체중/일)
한국	4
WHO	1-4
네덜란드	4
덴마크	1
독일	1
미국	1
벨기에	5
스웨덴	5
영국	10
일본	4
캐나다	10

6. 잔류허용기준

다이옥신의 잔류허용기준은 국제적으로 우리나라와 유럽연합만 설정하고 있으며 표8과 같다. CODEX, 미국, 일본 등 기타 국가에서는 잔류허용기준이 설정되어 있지 않다. 우리나라의 잔류허용기준은 각 품목에서의 잔류조사 결과와 우리나라 국민의 식육 섭취량이 유럽인의 식육 섭취량에 비하여 1/3 정도임을 반영하여 설정된 TDI 등을 고려하여 설정된 것이다.



| 표8 잔류허용기준 |

품목	우리나라 (pg TEQ/g fat)	유럽연합 (pg TEQ/g fat)	비 고
쇠고기	4.0	3.0	
돼지고기	2.0	1.0	
가금육	3.0	2.0	우리나라는 닭고기

위의 잔류허용기준을 적용하여 현재 우리나라는 수입식육에 대한 다이옥신 검사를 실시하고 있으며 국내산 식품에 대하여도 잔류조사를 실시하고 있다.

5. 멜라민

1) 서론

2008년 9월 13일 경 중국산 유제품의 멜라민 문제로 인해 전 세계적으로 엄청난 파장을 일으키게 되면서 중국산 수입 식품에 대한 우리나라 소비자들의 불신은 극에 달하게 되었다. 그러나, 이로 인해 국내 식품 전반에 대한 소비자 불안이 커지게 되면서 오히려 문제의 시발점이 중국산 식품이었음에도 불구하고 실질적으로는 국내 소비자와 식품 산업계가 피해를 입는 당사자가 되어 큰 부담을 지게 되어 안타까운 마음을 금할 수 없다. 사실 멜라민 문제는 지난해 6월 미국에서 멜라민이 들어간 사료를 먹고 죽은 애완 동물 문제가 알려지게 되면서 잠시 이에 대한 언론 보도가 있었지만, 올해 9월 중국산 우유나 유제품 등에 의도적인 멜라민 첨가로 인하여 전 세계적인 일대 사건이 발생하리라고는 어느 누구도 상상조차 할 수 없었다.

이렇게 예기치 못한 사건에 대해서 서로에게 책임 공방을 한다거나 일시적인 사회적 이

IX. 기타

슈로서 대두되어 마녀사냥 잡기 식으로 대응하기보다는 우리나라 수입식품의 안전관리 체계를 근본적으로 되짚어 보고 개선시켜 나아가는 계기로 삼는 것이 무엇보다도 중요하다. 왜냐하면 식품 중 멜라민 문제를 올바로 이해하고 그 본질적인 문제점에 대해서 적절하게 조치하는 것이 우리가 취해야 될 올바른 대응자세이며, 무엇보다도 소비자 건강을 보호하는 것은 물론, 국내산 식품의 안전성과 품질에 대한 차별화 전략을 통하여 국제 경쟁력을 제고함으로써 우리나라 식품산업을 더 한층 발전시켜 나갈 수 있는 계기를 마련할 수 있기 때문이다.

2. 식품 중 멜라민의 올바른 이해

1) 멜라민이란?

멜라민은 분자식 $C_3H_6N_6$, 분자량 126.12의 무색 결정성 물질로, 물에는 잘 녹지 않는 ($3.1g/l$, $20^\circ C$) 약한 수용성을 띠는 물질이다. 멜라민은 합성수지의 원료로 사용되어 내연성과 내열성이 있기 때문에 주로 바닥타일, 화이트보드, 주방기구 및 포장용기 등의 플라스틱 제품에 사용되거나, 아교 및 난연제 등에 사용되고 있다. 미국에서 1958년에 소(cattle)의 비단백 질소로 사료에 사용된 적이 있으나 1978년 이후 사용 금지되고 있다.

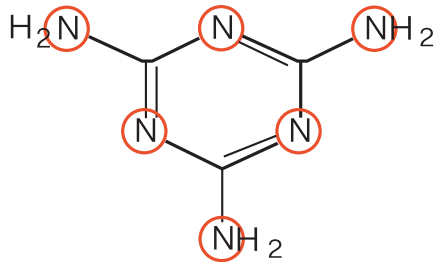


그림4 멜라민의 분자구조(모식도)



분자구조 상으로 볼 때 질소(N)가 많은 특징이 있기 때문에 이를 중국과 같이 식품에 의도적으로 첨가하게 되면 실험실 분석과정에서는 비단백태 질소화합물(Non protein nitrogen compound : NPN)의 총량에 포함되어 실제 단백질 함량 보다 많은 것처럼 보이게 할 수 있었던 것이다. 다시 말해서 우유에 넣어서는 아니 되는 주로 합성수지 등의 원료로 사용되고 있는 멜라민을 넣어 사람의 건강에 위해를 가하면서 부당 이득을 취한 불법행위라고 볼 수 있다.

멜라민이 물에 잘 녹지 않고 에테르(ether)에는 녹지 않는 특성이 있지만 가수 분해되는 경우 아멜린(ammelene), 아멜라이드(ammelide) 및 시아누르산(cyanuric acid) 등의 유사물질(Analogues)을 생성하게 되며, 살충제인 사이로마진(cyromazine)이 포유동물의 체내로 들어오게 되면 대사산물로 멜라민이 생성(metabolite)되기도 하며 식물에 뿌려진 사이로마진이 멜라민으로 전환되어 가축이나 사람에게 전달될 수 있다는 연구 보고가 있다. 다시 말하면, 의도적으로 멜라민을 첨가하지 않은 경우에도 비의도적인 여러 경로를 통해서도 인체로의 유입 가능성이 있음을 시사해주고 있는 것이다.

중국의 경우 목장 원유에 의도적인 멜라민 첨가로 단백질 함량을 조작하거나 가축 사료에 첨가한 멜라민이 축산물에 잔류된 경우와, 비의도적으로 혼입된 경우, 즉 포장(용기)지 멜라민 용출, 초지에 살충제 또는 멜라민 첨가된 사료나 비료 등 통한 가축의 체내 잔류 등 여러 경로를 통해 오염된 축산물이 비의도적으로 식품의 가공원료로 사용되는 경우를 구분하여 관리할 필요가 있다.

〈WHO 발표자료('08.09.25)〉

- 멜라민은 식물, 염소, 암탉, 쥐 등에서 살충제 대사산물로 발견
- 멜라민이 비료에도 사용되고 있음
- 산성식품(예 : 레몬, 오렌지 주스, 커드화된 우유)이 고온에서 압축되는 몰드로부터

IX. 기타

멜라민 오염 발생이 가능

- 시아누르산(Cyanuric acid)은 멜라민 제조제나 FDA가 승인한 반추동물 사료 첨가제, 수영장 살균제(dichloroisocyanurate)의 분리물 등에서도 검출됨.
- 식품에 접촉되는 물질(포장용기) 등 다양한 경로를 통하여 반드시 의도적인 혼입(adulteration)이 아니라도 비의도적인 혼입(Non-adulteration)으로도 식품에서 검출될 수 있음.

2) 멜라민의 대사 및 임상조건

체내에 들어간 멜라민은 대부분 신장을 통해 오줌으로 배설되고 극미량이 근육이나 신체 장기 등에 잔류하게 되며, 생체 내 반감기는 약 3시간으로 알려져 있다. 실험동물인 랫드의 경우 24시간 내에 90% 정도가 오줌으로 배설되고, 24시간 이후에는 신장과 방광에만 잔류된다.

국제암연구센터(IARC)는 멜라민을 인체 발암성으로 분류할 수 없는 것(Not Classifiable as to carcinogenicity to Humans)'으로 분류(Group 3)하고 있어 발암성은 없는 물질로 볼 수 있다. 멜라민에 의해 생성된 동물의 신장 및 방광 결석을 분석한 결과, 그 주요 구성 성분은 멜라민과 시아누르산 중합체로 이루어져 있는데, 멜라민 투여(섭취)로 동물의 신장 내에 멜라민이 축적되면 주변 신장세포의 괴사(necrosis)와 염증이 유발되고 지속되면 섬유증(fibrosis)이나 세뇨관 손상을 유발할 수 있는 것으로 보고되고 있다. 그러나 신장과 방광과 같은 비뇨기계 독성 이외의 장기에서 독성을 나타냈다는 연구결과는 아직까지 보고된 바 없다. 따라서, 생체에서 문제가 될 수 있는 것은 주로 신장 기능 장애라고 볼 수 있는데, 중국에서 멜라민이 들어간 조제분유를 섭취한 영?유아의 경우에도 신장결석 등으로 인한 신장기능장애로 사망하거나 후유증을 앓고 있는 것을 볼 때 같은 맥락에서 그 위해성을 유추해 볼 수 있을 것이다.



3) 멜라민과 시아누르산의 독성

〈멜라민(Melamine)의 독성〉

- 급성 독성 : 저 독성 물질로 반수치사량(LD50)은 3,161 mg/kg bw(랫드, 경구),
어류 반수 치사 농도는 약 1,000 mg/l
- 만성독성 : 다뇨, 결정뇨, 신장이나 방광 등에 결석 유발, 결석에 의한 자극으로
방광상피세포 증생(랫드)
- 무독성량 : 63 mg/kg 체중/일 (지표: 신장 중 결석 형성)
- 유전독성 및 발암성 : 비 유전독성 물질로, 랫드 수컷에서 4500 ppm (225
mg/kg bw/d)을 103 주간 매일 투여 시 방광 결석 형성에
의한 자극으로 인하여 방광암 유발 가능, 인체 비 발암
물질로 구분(Group 3, IARC 1999)

〈시아누르산(Cyanuric acid)의 독성〉

- 급성독성 : 저독성 물질, 반수치사량 (LD50): 7,700 mg/kg bw (랫드, 경구)
 - 만성독성 : 신장조직 손상, 신세뇨관 확장, 세뇨관상피세포의 괴사 또는 증생,
신세뇨관에 cyanurate 결정 형성
 - 무독성량 : 154 mg/kg bw/day (지표: 신장기능 장애)
 - 유전독성 및 발암성 : 비변이원성, 비발암성 물질로 기형 유발성 없음
- ※ 인체 섭취량의 98%는 대사되지 않고 24시간 내에 뇨로 배출됨

IX. 기타

〈멜라민 및 시아누르산의 복합 독성〉

- 멜라민이나 CA는 체내에서 대사되지 않고 위장 관에서 흡수 후 24시간 이내 대부분이 신장을 통하여 뇨로 배출됨
- 그러나, 두 물질이 함께 섭취될 경우 신장에서 불용성 결정인 melamine cyaurate가 형성되어 신장 독성의 강도가 높아짐

※ 물질별 용해도(물)

- 멜라민(3240 mg/l), CA(2000 mg/l), Melamine cyaurate(2 mg/l)

표9 멜라민, 시아누르산 단독 투여와 혼합 투여 시의 독성 비교

실험예	Melamine 단독	CA 단독	Melamine+CA	Melamine+CA+ammelide+ammeline
실험1 (고양이)	사료중 80 및 160 mg/kgbw를 11일간 공급 ⇒신장기능 장애 없음	CA32(4일), 80(3일), 160mg/kgbw (3일) 총 10일간 투여 ⇒신장기능 장애 없음 신장 중 CA 22ppm	Melamine 32+CA 32 mg/kgbw 2일간 공급 ⇒신장기능 장애 유발, melamine cyaurate 결정 형성	
실험2 (랫드)			Melamine 400 +CA400mg/kg bw 를 3일간 투여 ⇒신장기능 장애 유발	Melamine400+CA 40+ammelide 40 +ammeline40mg/kg bw 1일 또는 3일 투여 ⇒ 신장기능 장애 유발



4) 멜라민의 위해성평가

현재까지 국내외적으로 수집된 자료와 국내 전문가의 잠정적인 대략적인 위해평가결과 등을 종합하여 보면 다음과 같이 요약할 수 있다.

- ① 멜라민은 멜라민 합성수지의 원료로서 주로 코팅제로 사용되거나 식품 중 단백질 함량 증가의 목적으로 불법사용 되거나 비의도적 혼입(오염)되는 경우 공중보건 상 문제를 야기할 수 있다.
- ② 시아누르산은 멜라민의 화학적 유사물질로 멜라민과 마찬가지로 저 독성 물질로 분류될 수 있으며, 체내에 흡수 시 오줌을 통하여 24시간 이내 90% 이상이 대사 되지 않은 상태로 바로 배출되고 인체 비 발암성 물질이다.
- ③ 멜라민과 시아누르산은 단독 투여 시보다는 혼합 투여 시에 신장에서 불용성물질인 멜라민-시아누루산(melamine cyaurate)이 형성되면서 신장결석형성이 용이해지고 그에 따른 신장 독성이 강해지므로, 두 가지 물질을 총량적으로 검사 관리할 필요가 있다.
- ④ 의도적인 첨가 시 사용되는 멜라민에 시아누르산 혼입되거나 비의도적인 유래 가능성을 배제할 수 없으므로 멜라민 단독의 경우에 적용하는 안전계수보다는 복합독성을 고려하여 보다 큰 안전계수를 적용할 필요가 있다. 또한, 멜라민과 시어누루산(Cyanuric acid) 또는 멜라민 유사물질 복합의 일일섭취내용량(TDI)은 현재까지의 과학적인 정보만으로는 명확하게 설정하기 곤란하다.
- ⑤ 성인은 매일 체중 kg당 약 0.5 mg 이상의 멜라민을 장기간 섭취 시 배뇨 이상, 신장 및 방광 결석으로 인한 건강장해 유발이 가능하다.

※ 멜라민의 일일섭취내용량 (Tolerable daily intake, TDI)
- 0.5 mg/kg 체중/일 (세계보건기구 WHO, '08.9.25)

IX. 기타

- 0.63 mg/kg 체중/일 (미국, 2007)
- 0.5 mg/kg 체중/일 (EU, 2007)

- ⑥ 영·유아는 분유에 대한 식품 의존도가 높으며 신장의 기능 발달이 미성숙하여 특히 1~2세 유아의 경우 멜라민에 대한 고 위험도 집단일 수 있다.
- ⑦ 식품 중 멜라민에 대하여 잠정적으로 대략적인 위해성평가를 실시한 국내 전문가 평가결과와 선진외국 전문가들의 안전성 평가결과, 특히 신생아나 면역결핍 아 등 영·유아 집단을 제외한 나머지 연령 집단의 경우 멜라민 일일섭취내용량 (TDI) 범위 이내에서 안전한 것으로 평가하고 있다.

- ※ 보건복지가족부(국민건강영양조사), 미국 EPA, USDA 등의 생리적 성장발달 단계, 영양섭취기준, 활동량에 따른 영·유아 분류 기준
- 영아(12개월 까지), 유아(두개 그룹: 1-2세, 3-6세)

〈WHO 멜라민 및 시아누르산의 독성·위해성평가〉

2008년 11월 30일부터 12월 6일까지 멜라민의 국제권고 사항 마련을 위하여 WHO 멜라민 및 시아누르산의 독성 및 위해성 평가 전문가회의의 결과를 요약하면 다음과 같다.

① 중국의 멜라민 오염사고 역학분석 결과

- 2008년 11월까지 중국에서 분유의 단백질 함량을 높이기 위하여 인위적으로 첨가한 멜라민으로 인하여 294,000명의 유아가 영향을 받았으며 6명이 사망하였음
- 손상의 대부분은 신장, 방광 또는 뇨도 결석형성



- 결석성분은 멜라민과 뇨산으로 구성
- 문제분유중 멜라민(<0.05~4700 ppm, 평균 1212 ppm), Cyanuric acid 등 멜라민 유사체 (멜라민 존재량의 0.1% 수준) 존재

② 식품중 멜라민 분석법

- ELISA, HPLC-UV/DAD, GC-MS, GC-MS/MS 및 LC-MS/MS 방법이 있으며 이중 LC- 또는 GC-MS/MS방법은 멜라민 및 멜라민 유사체의 확인검사법으로 이용되고 있음
- 멜라민을 검사하는 실험실은 국제분석능력검사프로그램에 참여할 것이 권장됨 (FAPAS 또는 유럽검사기관)

③ 일반식품 또는 인위적인 멜라민 추가식품을 통한 멜라민 노출량

- 일반식품을 통한 멜라민 총섭취량: 0.019-13 $\mu\text{g}/\text{kg bw}/\text{일}$
- 일반 유아용분유를 통한 멜라민 섭취량: 0.54-1.6 $\mu\text{g}/\text{kg bw}/\text{일}$
(존재량: <0.004-0.346 ppm)
- 유아용분유외의 일반식품을 통한 멜라민 섭취량: 0.03-0.12 $\mu\text{g}/\text{kg bw}/\text{일}$

④ 멜라민 인위첨가 식품을 통한 멜라민 섭취량

- 중국 산루 분유를 통한 멜라민 섭취량: 8.6-23.4 $\text{mg}/\text{kg bw}/\text{일}$ (함량: <0.05-4700 ppm)
- 멜라민오염 일반식품을 통한 멜라민 섭취량: 0.16-0.7 $\text{mg}/\text{kg bw}/\text{일}$

⑥ 위해평가

- 어린 랫드, 13주 경구독성 시험에서 관찰되는 방광결석 형성이 가장 예민한 독성임
(→위해평가 독성자료로 활용)

IX. 기타

- 대조군 및 최저투여량에서도 방광결석이 관찰되어 좀더 과학적인 접근을 위하여 무독성량(NOAEL) 접근법보다는 Benchmark level법으로 접근, 정상적인 랫드에서 4.5%의 방광결석이 유도되므로 BMDL10 (35 mg/kg bw/일)을 독성 end point로 채택
 - 안전계수 200 적용 (종간차이 10, 개체차이 10, 사람에서의 민감도 등 과학적 자료부족 2) ⇒ 0.2 mg/kg bw/일 (소숫점둘째자리 반올림)
 - 멜라민 TDI: 0.2 mg/kg bw/일
 - 시아누르산 TDI: 1.5 mg/kg bw/일
 - 멜라민 오염 유아용분유를 통한 멜라민 섭취량: 8.6-23.4 mg/kg bw/일 (TDI의 40-120배)
 - 유아용분유외의 멜라민 오염식품을 통한 멜라민 섭취량: 0.16-0.7 mg/kg bw/일 (TDI의 0.8-3.5배)
- ※ 여러 나라에서 정한 멜라민 기준과 TDI 비교결과 충분한 안전역을 확보하고 있음을 확인
- 유아용분유 기준: 1 ppm (TDI의 13%)
 - 유아용 분유외의 일반식품 기준: 2.5 ppm (TDI의 16%)

〈캐나다, WHO 멜라민 권고 채택〉

캐나다정부에서는 WHO 회의결과를 근거로 멜라민 기준을 변경하였다(Health Canada, 2008. 12. 11)



- ① 캐나다, WHO의 멜라민과 시아누르산 독성효과에 대한 회의결과 도출된 권고를 채택 할 것이라고 발표
 - 멜라민 관련 WHO 권고를 채택한 첫 번째 국가가 됨.
 - WHO는 기존 국가별 설정한 잠정기준의 공공보건 보호 효과를 인정하면서도 멜라민에 대한 과학적 지식의 부족의 이유로 일일체중 1kg당 멜라민 일일섭취허용량(TDI) 0.2mg으로 권고함.
- ② 캐나다, 조제분유 멜라민 허용량(allowable level)을 1ppm에서 0.5ppm으로 낮추어 노출량(exposure stay)이 WHO의 TDI 권고를 넘지 않도록 함.
 - 캐나다는 다른 국가와 달리 조제분유가 즉석섭취식품(ready-to-eat products)으로 판매되기 때문임.
- ③ 참고로, 캐나다에서 새로운 잠정기준을 초과하는 멜라민이 함유된 조제분유는 없었다고 발표

3. 국내 · 외 식품 중 멜라민의 기준 설정현황

1) 국가 별 멜라민 허용기준 설정현황

- ① 중국(국가질량검험검역총국 등 5개 부처 공동 발표 : 10.7)
 - 영 · 유아 식품(조제분유 등) : 1ppm (mg/kg),
 - 액체우유(원유포함), 분유, 기타 조제분유 : 2.5ppm (mg/kg)
 - 우유를 15%이상 함유하는 기타식품 : 2.5ppm (mg/kg)

※ 인위적으로 유성분 외 이물질 첨가 금지

IX. 기타

② 미국 식품의약품안전국(US FDA : 11. 28)

- 유아용 식품(조제분유) : 1.0 ppm
- 기타 모든 식품 : 2.5 ppm

③ 뉴질랜드(9.29/6.20)

- 원료 5ppm, 조제분유 1ppm, 일반식품 2.5ppm : '08.9.29
- 농약 기준
 - 양고기 0.3ppm(Cyclomazine+Melamine), 가금류 및 계란 0.15ppm (C+M), 염소고기, 타조 및 예뮤 알 1.0ppm : '08. 6.20

④ 유럽연합(EU) · 영국(9.26)

- 유제품 15%이상 함유되었거나 유제품 함량 입증에 곤란한 모든 중국산 수입 제품, 2.5ppm 이상 제품 폐기

⑤ 대만(9.24)

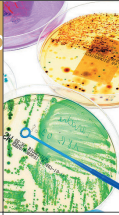
- 조제분유 1ppm, 일반식품 2.5ppm

⑥ 홍콩(9.23)

- 우유, 36개월 이하 유아들이 주로 소비하는 제품 및 임산수유부가 주로 소비하는 제품 : 1ppm 이하
- 그 밖의 일반식품 : 2.5 ppm 이하

⑦ 일본(후생성)

- 미국의 위험평가에 따른 섭취 한계량 및 영국식품안전청(EFSA) 허용기준을 준용하여 중국 등 위해 가능성이 있는 수입식품에 대해서 0.5 ppm 이상의 멜라민이 검출되는 경우 조치하고 있음.



⑧ 캐나다 ('08.12.11)

- 영유아식품(조제분유) : 0.5 ppm
- 그 밖의 일반식품 : 2.5 ppm 이하

⑨ 우리나라 ('09. 3. 2일)

- 영유아용식품 : 물검출(정량한계 0.5 ppm)
 - 식품 등의 기준 및 규격 상의 영아용 조제식, 성장기용 조제식, 영·유아용 곡류조제식, 기타 영·유아식, 특수의료용도등식품, 축산물의 가공기준 및 성분규격 상의 조제분유, 조제우유, 성장기용 조제분유, 성장기용 조제우유, 기타조제분유, 기타조제우유
- 상기 품목을 제외한 식품 및 축산물 : 2.5 ppm 이하

2) 멜라민의 일일섭취내용량 및 포장용기 규격

〈일일섭취내용량(TDI)〉

- 세계보건기구(WHO : 9.25) : 0.5 mg/kg bw/day
- 미국(FDA) : 0.63 mg/kg bw/day
- 유럽식품안전청(EFSA, European Food Safety Authority) 0.5 mg/kg bw/day

※ 일일섭취내용량(TDI)이란?

- 비의도적으로 혼입되는 물질을 평생 동안 섭취해도 건강 상 유해한 영향이 나타나지 않는다고 판단되는 양을 말함

IX. 기타

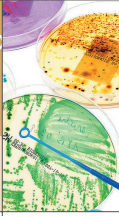
〈식품 포장용기의 멜라민 용출 규격〉

- 국내 : 멜라민 잔류허용기준은 용출규격으로 30mg/l 이하
- 유럽연합(E U) : 용기에 사용허가 및 용출규격은 30mg/kg 이하

3) 멜라민 검사법

멜라민 검사방법은 검사대상 식품의 종류와 특성에 따라 달라질 수 있으며, 현재 적용되고 있는 검사 방법은 표10과 같으며, 우리나라의 경우 미국 식품의약품안전국(US FDA)의 방법을 준용하고 있다.

농림수산식품부 국립수의과학검역원에서는 유제품이 문제에 중심이었던 만큼 소비자에게 보다 신속 정확하게 검사 결과를 알리기 위해서 비교적 단시간에 검색(스크리닝)할 수 있도록 1차 검사에서는 액체크로마토그래프법(LC)을 적용하고 조금이라도 의심되는 시료가 발견되는 경우 액체크로마토그래프질량분석법(LC/MS/MS)으로 최종 확인검사하는 방법을 병행하여 실시하였다. 그러나, 식육 및 육가공품의 경우 일반 식품과는 다른 식육 제품의 성상과 특성을 고려하여 액체크로마토그래프질량분석법(LC/MS/MS)을 이용한 멜라민 정밀검사를 실시하여왔다. 이러한 효율적이고 과학적인 검사방법의 적용결과 국내 유통중인 육가공품 770여점에 대한 수거검사결과 모두 불검출로 확인되어 그 안전성을 신속하게(약 5일 소요) 소비자에게 알릴 수 있었으며, 멜라민이 오염된 중국산 계란가공품을 검출하여 신속한 안전 조치를 취할 수 있었다.



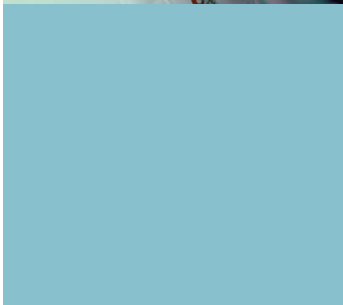
| 표10 식품 중 멜라민 검사법 현황 |

시험법	분석기기	정량한계(ppm)	비고
식약청(멜라민 시험법)	HPLC	1.0	홈페이지
	LC-MS/MS	0.05	입안예고('08.1.24)
농림수산식품부 (축산물 중 멜라민 시험법)	HPLC	1.0	국립수의과학검역원 ('08.9.29)
	LC-MS/MS	0.05	
미국 FDA 멜라민 시험법	HPLC	-	홈페이지(최근 삭제)
	GC-MS	10	홈페이지
	LC-MS/MS	0.025~0.25	홈페이지
미국 FSIS 멜라민 시험법	LC-MS/MS	0.05	홈페이지
일본(후생노동성)	LC-MS/MS	0.5	홈페이지

| 관련기관 연락처 |

조직	담당업무	연락처
국립수의과학검역원 축산물검사부 축산물규격과	축산물 중 멜라민의 기준 규격 및 검사 시험 조사 연구에 관한 사항	031)467-1992 (www.nvrqs.go.kr)
식품의약품안전청 유해물질관리단 위해기준과	식품 중 멜라민의 기준 규격 및 검사 시험 조사 연구에 관한 사항	02)380-1690 (www.kfd.go.kr)

MINISTRY FOR FOOD, AGRICULTURE, FORESTRY AND FISHERIES



02

농식품안전관리 현황과 과제

1. 식품안전 여건의 변화
 2. 식품위험과 식품사고
 3. 농식품 안전관리 현황
 4. 농식품 안전관리 개선방안
- 〈참고〉 과학적인 식품안전관리



1. 식품안전 여건의 변화

식품이란 “의약으로 섭취하는 것을 제외한 모든 음식”으로 정의⁸⁾되어 있으며 이에는 농산물, 축산물, 수산물 및 그 가공품뿐만 아니라 물, 술, 소금 등을 포함한다.

정부에서는 식품의 안전관리를 위해 농수산업 분야의 생산이나 채취·어로 등 일부를 제외한 대부분의 식품관련 사업자는 사업의 신고·허가 등의 절차를 거치도록 하고 있으며, 각각 취급하는 품목별로 안전성관련 기준을 준수하도록 하고 있다.

식품위생법을 비롯한 농산물품질관리법, 축산물가공처리법 등 다양한 법률을 통하여 안전한 식품이 생산·유통될 수 있도록 기준의 설정, 규제와 모니터링, GAP·HACCP와 같은 안전관리 프로그램의 인증, 신고 또는 허가된 영업활동에 대한 감시 등을 수행한다.

우리 국민들이 소비하는 식품은 단지 우리나라에서 생산될 뿐만 아니라 많은 부분 외국의 식품을 원료 또는 완제품으로 수입한 것이다. WTO/DDA 등으로 형성된 자유무역의 환경, 해외여행의 증가 등으로 인하여 외국 문화가 적극적으로 수용되고 있고 외국 식품의 국내 유통량도 크게 증가되고 있다. 또한, 세계 최고 수준의 IT기술, 인터넷 접근성을 가지고 있는 우리나라는 세계 각국에서 일어나고 있는 뉴스, 이슈 등에 대하여 실시간으로 접할 수 있는 환경으로 국민들은 여과 없이 쏟아져 들어오는 외국의 식품안전과 관련된 정보에 그대로 노출되어 있다.

핵가족화, 맞벌이 확대 및 소득의 증대 등은 소비자의 편의성 추구를 촉진하게 되고 이러한 시장의 요구에 따라 신선편이식품, 즉석식품 및 집단급식 등이 크게 늘어나고 있다.

식품 소비 중 외식이 차지하는 비중이 50%에 이르고 있으며 초·중등학교의 99.7%⁹⁾가 급식을 실시하고 있다. 이는 식품의 생산·유통 양식을 변화시키고 있으며, 식품안전관리의 대상과 방법의 변화를 요구한다.



간혹 발생하는 식품안전 이슈들은 때로는 건강상의 위해가 될 수 있는 위해요인에 의해 발생되며, 때로는 위해가 예견되지 않는 사안이 국민들을 불안에 떨게 하기도 한다.

2. 식품위험과 식품사고

세계식량농업기구(FAO)와 세계보건기구(WHO)가 합동으로 설립한 국제식품규격위원회(CAC ; Codex Alimentarius Commission)에서 발간한 식품위생기본서(Food Hygiene Basic Text, 2003)에 따르면 식품안전은 “식품이 사람의 건강에 위해를 주는 원인이 되지 않는다는 것의 보증”이라고 정의하고 있다. 식품이 그 자체로서 또는 식품 속에 함유되어 있는 유해물질로 인해 건강에 위해가 되어서는 안 된다는 뜻으로 볼 수 있다.

식품으로부터 건강상의 위해(harm)를 입을 가능성(Probability)과 심각성(Severity)의 확률 함수를 위험(Risk)라고 하며, 이 위험의 인자를 위해요인(hazards)이라고 한다. 이 위해요인은 생물학적·화학적 또는 물리적 요인으로 나누어 볼 수 있다.

식중독균이나 자연독성 등에 기인하는 위해는 급성질환을 일으키며 이러한 질환들은 비교적 오랫동안 연구되어 왔기 때문에 원인이나 예방에 대한 과학적 지식과 규제 조치들이 충분히 축적되어 왔다. 하지만, 인수공통전염병, 화학첨가물, 환경오염물질 등과 같은 위해요인은 오랜 잠복기를 거쳐 발병하는 만성질환으로 무엇이 질병을 유발했는지 알아내기 어렵다.

8) 식품위생법 제2조(정의)

9) 2008년, 식의약품통계연보



| 표1-1 식품의 위해요인 관리 |

구분	위해요인		건강위해
생물학적 요인- 유해생물 (감염증)	식중독세균	감염형 : 살모넬라균, 장염비브리오균, 병원성 대장균 등 독소형 : 포도상구균, 보툴리누스균, 병원성대장균(E-coli O-157) 등	고열, 구토, 두통, 설사, 위장장애, 장염 등을 동반하는 식중독 (급성질환)
	인수공통전염병	소해면상뇌증(광우병), 결핵, 탄저	야곱병, 결핵 (만성질환)
화학적 요인- 유독성분 (중독증)	자연독성	식물성 ; 버섯, 감자 등 식물 동물성 : 복어 및 어패류 등 곰팡이 독	각종 암, 신경계질환, 기형아출산 등 (주로 만성질환)
	화학첨가물	식품첨가제, 식품용기 재료, 변조제, GMO 농축산물 및 식품	
	환경오염 물질	중금속, 잔류농약, 다이옥신, 동물용 의약품 등	
물리적 요인	쇳조각, 유리조각 등		물리적 손상

* 자료 : 위협받는 소비자식탁 어떻게 할 것인가?, 2004년, 엄영숙

최근 사회적으로 이슈가 되었던 사건들을 살펴보면 1997년 미국에서 발생한 병원성 대장균인 O-157에 의한 어린이 사망사고, 2006년의 학교급식에 의한 집단 식중독 사고 등은 실제로 건강상의 피해를 본 사례이나 다이옥신이나 말라카이트 그린, 잔류농약 등 대부분의 화학적 요인에 의한 사고들은 위해의 정도가 매우 낮거나 위해가 발생할 가능성이 아주 낮음에도 불구하고 이슈가 되어 소비자들을 불안하게 만든 것들이다. 또한 2003년의 불량만두소 사건과 같이 확연하게 위해가 예견되지 않는 사안임에도 사회적으로 커다란 파장을 일으킨 사건도 있다.



| 표1-2 최근의 식품관련 사건 |

발생년도	사건명	비고
1996	영국산 쇠고기 광우병 파동	생물학적 요인
1997	미국에서 O-157균 사건	생물학적 요인
1999	벨기에산 돼지고기 다이옥신 검출	화학적 요인
2003	미국에서 광우병 발생	생물학적 요인
	중국산 꽃게에서 납 검출	불분명
2004	국내 불량만두소 사건	불분명
2005	김치 기생충란 검출	생물학적 요인
	김치 납 검출	화학적 요인
	장어에서 말라카이트 그린 검출	화학적 요인
2006	학교급식에서 집단 식중독 발생	생물학적 요인
	폐금속광산지역 중금속 오염 사건	화학적 요인
	조제분유에서 금속성 이물 검출	물리적 요인
2007	녹차 농약검출	화학적 요인
	고추장, 고춧가루에 설탕가루 논란	물리적 요인
2008	미국산 쇠고기 수입 논란	생물학적 요인
	멜라민 오염 사건	화학적 요인

위해요인이 명확하고 그 피해의 정도가 예견되는 사건의 경우 그에 대한 조치 방안을 강구하는 것이 상대적으로 쉽다. 밝혀진 위해요인을 저감을 위한 대책을 마련하여 다시 발생하지 않도록 조치하는 것이 어느 정도는 가능하다. 그러나 위해가 낮거나 예견되지 않음에도 불구하고 사회적·경제적으로 커다란 피해를 준 사건들의 경우에는 피해자만 남고 가해자는 불분명해지며 조치 방안도 위의 경우와는 매우 다를 수 있다.



3. 농식품 안전관리 현황

가) 식품안전관리 체계·제도

정부의 식품안전 업무는 위험평가(Risk Assessnet), 식품의 위해 여부를 판단하여 규제하기 위한 기준설정, 식품을 생산 또는 취급하는데 지켜야 할 관리기준의 설정, 시장 유통 중인 식품의 검사, 수입 식품의 검역 및 검사, 인증·표시, 단속, 처벌 등을 포함한다.

식품을 수입할 때 병해충 및 질병감염 여부를 밝히는 검역은 농림수산식품부가 담당하고 있으며 위해기준 설정은 식품의약품안전청에서 담당하고 그 밖의 위험평가 및 안전관리 업무는 품목별·단계별로 농림수산식품부와 식품의약품안전청 등에서 분담하는 체계를 갖고 있다.

| 표1-3 품목별·단계별 업무 분담 체계 |

구 분	1차 생산(품)		2차 생산(품)		유 통 (보관/운반등)	소 비 (식당, 백화점등 최종판매단계)
	생산	수입	국내가공	수입		
농산식품	농식품부		식약청(농식품부)			
	* 위해기준설정 : 식약청					
축산식품	농림수산식품부					식약청(농식품부)
	* 위해기준(유해물질 잔류허용기준) 설정은 식약청이 농식품부와 협의후 설정					
수산식품	농식품부	(위탁)	식약청(농식품부)			
	* 수입은 식품위생법에 의해 위탁 * 위해기준설정 : 식약청					
기 타	- 물은 환경부, 주류는 국세청 등 부처별 특성에 따라 관리					

* 인증 농식품은 생산부터 소비까지 모든 단계를 농식품부에서 관리



식품안전 관련 법률은 식품안전기본법, 식품위생법을 기본으로 품목별로 농산물품질관리법, 축산물가공처리법, 수산물품질관리법 등 28개 법률에 나누어 규정되어 있다.

| 표1-4 주요 식품안전 관련 법률 |

법률	주요내용	비고
식품안전기본법	국가 지자체의 책무, 소비자의 권리, 식품안전정책위원회 등 규정	'08.12.14시행
식품위생법	위해식품의 유통금지, 기준 규격, 영업의 구분, 영업자 준수사항 등	
농산물품질관리법	농산물안전성조사, 인증, 규격, 원산지표시, GMO표시 등 규정	
축산물품질관리법	축산물 검사, 위해축산물 유통금지, 축산물의 기준 규격, 인허가 등	
수산물품질관리법	수산물 안전성조사, 인증, 해역조사, 검역 등	

2) 농산물 안전관리

농산물의 재배부터 유통되기 이전 단계까지의 안전관리는 농산물품질관리법에 따라 농림수산식품부가 담당하고 농약·중금속 등 잔류허용기준의 설정 및 유통이후 단계의 안전관리는 식품위생법에 따라 식품의약품안전청장 및 지방자치단체에서 담당한다.

또한, GAP·친환경농산물 인증 등의 인증농산물의 안전관리는 유통 이후까지 농림수산식품부가 담당하며, 수입농산물의 경우 검역은 농림수산식품부의 식물검역원, 안전성검사는 식품의약품안전청에서 담당한다.



제2장 농식품안전관리 현황과 과제

농산물을 포함한 식품의 원료 원산지표시, GMO 농수산물의 표시 관리는 농림수산식품부가, 가공식품 원료 GM표시는 식품의약품안전청이, 음식점에서의 원산지표시는 농림수산식품부와 식품의약품안전청이 공동으로 관리한다.

| 표 1-5 농산물 안전관리 체계 |

재배	유통	가공	판매	음식점
	<ul style="list-style-type: none"> •식품운반업 •식품냉동냉장업 (양곡유통업) 	<ul style="list-style-type: none"> •식품제조 가공업 (도정 제분업) 	<ul style="list-style-type: none"> 식품소분 판매업 (양곡판매업) 	<ul style="list-style-type: none"> •식품접객업
농산물품질관리법, 농약관리법	<ul style="list-style-type: none"> 식품위생법(양곡관리법, 친환경농업육성법, 농산물품질관리법) ※ GAP, 친환경 인증 농산물관리, 원산지 GMO표시관리(농산물품질관리법) 			
농식품부	<ul style="list-style-type: none"> 식품의약품안전청 (농식품부) 			

※ 수입농산물의 검역은 농식품부(식물방역법), 안전성검사는 식품의약품안전청(식품위생법)으로 관리

농림수산식품부에서는 농산물의 안전한 농산물을 공급하기 위하여 농업인에 대한 교육을 실시하고 안전성검사를 강화하여 왔으며 GAP·이력추적관리제도를 도입하여 확대하는 시책을 추진하고 있다.

생산단계 농산물에 대하여 잔류농약, 중금속, 곰팡이독소 등 유해물질에 대한 안전성을 조사하여 시장에 출하하였을 때 기준을 초과할 우려가 있는 농산물은 현지에서 폐기, 출하연기 등의 조치를 함으로써 시중유통을 차단한다. 이러한 안전성조사제도는 '96년 도부터 시행하고 있으며 이를 점차 확대해 나가고 있다.

* 농산물 안전성조사 건수 : (07) 150품목, 41천건 → ('08) 160, 49

또한, GAP·이력추적관리 등 안전관리제도를 2006년에 도입하여 농산물 생산량의



2% 수준까지 확대하였다.

* 인증실적 : ('07) 54품목, 634건, 17천농가 → ('08.9)53, 725, 19

원산지표시 및 GMO표시의 정착을 위하여 1,100여명의 사법경찰관리와 2만5천명의 명예감시원이 시장에 대한 감시활동을 수행하고 있다.

3) 축산물 안전관리

가축의 사육부터 축산물의 판매단계 단계까지 안전관리는 농림수산식품부에서 담당하고 최종 소비단계의 안전관리는 식품의약품안전청과 지방자치단체에서 담당한다.

축산물의 기준·규격 중 동물용의약품, 다이옥신 등 잔류물질의 기준은 식품의약품안전청장이 정하여 고시하고, 가공기준 및 성분규격은 농림수산식품부 소속의 국립수의과학검역원에서 설정하여 고시한다.

표 1-6 축산물 안전관리 체계

농 가	가 축 시 장	도 축	가 공	보 관 운 반	판 매	음 식 점
		<ul style="list-style-type: none"> •도축업 	<ul style="list-style-type: none"> •식육가공업 •유 가공업 •알 가공업 	<ul style="list-style-type: none"> •축산물보관업 •축산물운반업 	<ul style="list-style-type: none"> •축산물판매업 	<ul style="list-style-type: none"> •식품접객업
축산법, 가축전염병예방법, 사료관리법, 약사법, 축산물가공처리법						식품위생법
농림수산식품부						보건복지가족부

* 수입 축산물의 검역·검사는 농식품부(수의과학검역원)에 통합



농림수산물부에서는 안전한 축산물의 생산·공급을 위하여 도축되는 전 축산물에 대한 전수검사를 실시하고 있으며, 매년 항생제 등 잔류물질 검사와 미생물검사를 각각 12만건씩 실시하고 있다. 잔류물질 기준을 위반한 농가는 6개월간 출하를 제한하고 그 기간에 출하시는 반드시 정밀검사를 거쳐 합격해야 식육으로 유통시킬 수 있다.

2003년에는 도축장에 HACCP적용을 의무화하였고 2006년부터는 사육단계에서부터 판매장까지 모든 단계에 HACCP 적용을 추진하고 있다.

현재 전체 축산물 생산량의 60%정도가 HACCP을 적용하고 있고 2012년까지 이를 80% 수준으로 확산시킬 계획이다. 이를 위하여 축산물 HACCP 기준원을 설립하여 컨설팅 및 인증심사를 위한 역량을 강화하고 있다.

이력추적제는 2004년에 시범사업에 착수하여 2007년에 소 및 쇠고기 이력추적에 관한 법률을 제정하였고 2008년 12월에 소 200만두에 대하여 귀표 부착을 완료하였으며 이를 점차 유통단계까지 확대해 나가고 있다.

4) 수산물 안전관리

수산물의 양식에서 유통하기 전(前) 단계의 안전관리는 농림수산물부에서 담당하고 가공·유통이후 소비단계의 안전관리는 식품의약품안전청과 지방자치단체에서 담당한다.

수산물 중 항생물질, 중금속 등 잔류기준은 식품위생법에 따라 식품의약품안전청장이 고시한다. 수입수산물의 안전성 검사는 식품위생법에 근거를 두고 정부업무의 임 위탁 규정에 따라 식품의약품안전청장으로부터 위임·위탁업무로 농림수산물부 소속의 국립수산물품질검사원에서 수행한다.



| 표 1-7 수산물 안전관리 체계 |

생산·수입	유통	가공	판 매	음식점
	<ul style="list-style-type: none"> •식품운반업 •식품냉동냉장업 	<ul style="list-style-type: none"> •식품제조 가공업 •선상수산물가공업 •어유(간유)가공업 •냉동 냉장업 	<ul style="list-style-type: none"> •식품소분 판매업 	<ul style="list-style-type: none"> •식품접객업
수산물품질관리법	식품위생법 (수산업법, 수산물품질관리법) 품질인증수산물 관리, 원산지 GMO표시 관리(수산물품질관리법)			
농림수산식품부	식품의약품안전청 (농림수산식품부)			

※ 수산물 수입검사는 식품위생법에 따라 식품의약품안전청에서 수산물품질검사원으로 위탁

수산물의 안전성 확보를 위해 양식단계부터 공판장에 출하하는 단계까지의 수산물에 대한 안전성검사를 실시하여 기준을 초과할 우려가 있을 경우에는 현지에서 폐기하거나 출하를 연기시켜 시중 유통을 차단한다.

*수산물 안전성조사 건수 : (07) 45종 6,200건 → ('08) 45, 6500

안전한 수산물을 생산하기 위하여 양식장에 HACCP을 적용하도록 하고 있으며 2007년도부터는 이력추적제를 시범적으로 실시하고 2008년에는 수산물품질관리법을 개정하여 법률에 근거를 마련하였으며 현재 생산량의 10%정도가 이력추적제에 참여하고 있다.

또한, 수입수산물의 안전성을 확보하기 위하여 수출국가와 위생협정을 맺어 현지 공장에 대한 위생점검을 실시하는 등 수출국 현지 부서의 안전관리를 강화해나가고 있다.



4. 농식품안전관리 개선방안

1) 검토배경 및 추진경과

농림수산식품부에서는 식품안전 여건의 변화에 따라 과학적인 안전성 검사체계를 구축하고 식품안전에 대한 국민 불안 해소를 위한 소통을 강화의 필요에 따라 “농식품안전관리 개선방안”을 마련하였다.

이 개선방안은 장태평 농림수산식품부 장관이 취임사 등에서 밝힌 “농장에서 식탁까지, 국경에서 가정까지 안전한 식품공급” 비전을 달성하기 위하여 제2차관을 단장으로 하는 농축수산물안전관리T/F를 구성하고 6차례의 과장급 검토회의, 2회의 실·국장·소속기관장 정책심의회 및 자문회의 등을 거쳐 '08.12.26 최종 확정하였다.

2) 개선방안의 주요내용

농식품안전관리 개선방안의 주요내용은 크게 과학적인 안전성검사체계 구축 및 정보공개 확대를 통한 신뢰기반 구축으로 볼 수 있다.

(1) 안전성검사체계 개선

식품의 안전성검사는 품목별·단계별로 농림수산식품부와 식품의약품안전청 등이 분담하고 있다.

농산물 및 수산물의 출하 전까지의 검사는 각각 농산물품질관리원, 수산물품질검사원이 담당하고 있으며 유통단계의 경우는 지방자치단체의 보건환경연구원에서 담당한다. 다만, GAP·친환경 등 인증수산물의 검사와 원산지·GMO표시에 대한 단속은 농림수산식품부에서 담당한다.

축산물은 소비자단계를 제외한 모든 단계를 수의과학검역원과 지방자치단체의 축산물검사기관에서 검사를 담당한다.



| 품목별 안전성검사 담당기관 |

단 계	농산물	축산물	수산물
생 산	농관원 농산물품질관리법	수과원, 시도 축산물가공처리법	수검원, 수산과학원 수산물품질관리법
수 입	식약청 식품위생법	수과원 축산물가공처리법	수검원 식품위생법
유통 (도축 가공)	식약청, 시도 식품위생법	수과원, 시도 축산물가공처리법	식약청, 시도 식품위생법
판 매	식약청, 시도 식품위생법	수과원, 시도 축산물가공처리법	식약청, 시도 식품위생법
소 비	식약청, 시도 식품위생법	식약청, 시도 식품위생법	식약청, 시도 식품위생법

축산물은 축산물가공처리법 소관 전 품목인 117개 품목을 대상으로 검사를 실시하며, 식육의 경우에는 도축장에서 식용가능여부를 전수 검사한다. 농수산물은 생산량이 많거나 위해 우려가 높은 품목으로 농산물 160품목, 수산물 45종에 대하여 검사를 수행한다.

검사는 기준·규격이 설정되어 있는 유해물질 중 부적합 빈도, 검출량, 사용량, 경제성 등을 고려하여 검사대상을 선정하며, 축산물의 검사 규모는 국가잔류조사계획에 따라 식육 중 잔류물질 12만건/년, 미생물 12만건/년을 정기적으로 검사하는 반면 농수산물은 매년 검사규모를 늘려가고 있다.



제2장 농식품안전관리 현황과 과제

| 검사대상 성분 |

구분	농산물	축산물	수산물
기준설정 항목 및 성분수	잔류농약 399성분 중금속 2성분 곰팡이독소 1성분 식중독균 5종(신선편이)	잔류물질 171성분 미생물 12종 성분규격 87항목	항생물질 36성분 중금속 방사능 4종 미생물 8종 독소 2종 성분규격 10항목
검사항목 및 성분수	잔류농약 160성분 중금속 2성분 곰팡이독소 1성분 식중독균 5종	잔류물질 94성분 미생물 12종 성분규격 87항목	잔류물질 33성분 중금속 방사능 4종 미생물 1종 독소 2종
근거 사유	부적합빈도, 검출량, 사용량, 경제성 등을 고려	대상성분의 위해도, 국내사용여부 등을 고려	생산량, 부적합빈도 등을 고려

| 검사 규모 |

구분	검사규모
농산물	생산량, 부적합율 등을 참고하되 전년대비 일정수준 증가 (‘07)41천건 → (‘08)49 *간이분석 제외
축산물	잔류조사계획에 따라 일정수준 유지 잔류물질 : (‘07)122,330 → (‘08)122,850 미생물 : (‘07)120,000 → (‘08)120,000 수거검사 : (‘07)7,500 → (‘08)8,500
수산물	양식장수, 부적합품목 등을 고려하되 전년대비 일정수준 증가 (‘07)6,000 → (‘08)6,980 * 건수 = 시료수×검사성분수



1 안전성 검사의 과학적 기반 강화

농수산물의 안전성검사 규모는 매년 확대하고 있으나 과학적·통계적 근거가 미흡한 면이 있고 식품안전사고는 대부분 기준이 설정되지 않았거나 예측하지 못한 유해물질에 오염되었을 경우에 발생하는 것으로 규제조치 목적의 검사만으로는 안전관리의 효과를 얻기 어려웠다.

이에 따라 앞으로는 검사의 효율성 확보를 위해 통계기반의 검사대상 및 규모를 산정하고 식품사고에 대비할 수 있도록 1,000건 정도의 예비적인 검사계획을 수립하는 한편, 유해물질에 대한 과학적인 평가체계를 갖추기 위해 검사와 별도로 조사(survey) 계획을 수립하여 추진하기로 하였다. 조사는 크게 두 가지로 프로젝트로 구분한다. 하나는 신종유해물질, 위반 가능성이 높은 유해물질을 찾아내기 위한 “탐색조사”이고 다른 하나는 안전성 수준 진단 및 국민의 유해물질 섭취량을 평가 등 위험평가의 기반이 되는 “잔류실태조사”이다.

탐색조사는 '09년도 조사계획에 반영하도록 하고, 잔류실태조사는 '09년도에 계획을 수립하여 '10년부터 본격적으로 추진해 나갈 계획이다.

2 소비자 수요 충족 및 지자체 등과 연계 강화

그 동안의 안전성검사는 생산단계에 집중된 백화점식 검사로 소비자의 다양하고 높은 요구 수준에 부응하는데 한계가 있었으며 축산물을 제외한 농수산물의 경우에는 지방자치단체 및 민간검사기관의 참여가 저조하였다.

이에 따라 '09년부터는 지역특산물, 학교·군부대 등 대형급식소에 납품되는 농축수산물의 안전성 검사를 지원하는 한편 안전성 검사과정에 소비자를 참여시켜 국민의 식품



안전에 대한 불안을 적극 해소해 나갈 계획이다.

또한 지역에서 생산되는 농산물에 대한 안전성관리를 강화하기 위해 지방자치단체의 검사능력을 제고하고 민간 검사기관의 역할을 제고하여 안전성검사를 효율화해 나갈 방침이다.

3 안전성 검사·조사 개선을 위한 법령 개정

농축수산물의 안전관리에 사용하는 용어를 정비하고 과학적인 안전관리를 위한 위험평가, 잔류물질조사, 지자체와 민간검사기관 활용 등을 위한 법률적 근거 마련해 나갈 것이다.

우선, 안전성검사관련 고시·훈령 및 행정지침 등은 조속히 개정하고 '09년에는 식품안전기본법, 축산물가공처리법 및 '09년 1월 국회에 제출한 농산물품질관리법 개정안 등의 위험평가 규정을 인용하여 “잔류조사 지침”을 농림수산식품부 훈령으로 제정할 것이다.

또한, 농산물품질관리법과 수산물품질관리법을 통합하여 농수산물품질관리법으로 개정하고 축산물가공처리법을 확대하여 축산물위생안전에 관한 법률로 개정할 계획이다.

(2) 정보공개 확대

식품안전정보의 공개와 관련된 규정은 식품안전기본법에 포괄적으로 규정되어 있고 농산물품질관리법, 수산물품질관리법에는 정보공개로 인하여 선의의 피해가 예상되거나 소비자의 구매행태에 직접적으로 영향을 미칠 수 있는 정보의 경우 심의회를 거쳐 공개하도록 되어 있으며 축산물가공처리법, 식품위생법에는 위해 축산물 또는 위해식품의 회수조치를 한 경우 공표하도록 규정되어 있다.



〈정보공개 관련규정〉

■ 농산물품질관리법, 수산물품질관리법

• 농림수산식품부 장관은 농수산물의 안전 및 품질에 관한 정보를 「공공기관의 정보공개에 관한 법률」 허용 범위에서 국민에게 제공하도록 노력해야 함

- 다만, 공개로 인하여 선의의 피해가 예상되거나 소비자의 구매형태에 직접적인 영향을 미칠 수 있는 정보는 각각 농산물품질관리심의회, 수산물품질관리심의회의 심의를 거쳐 공개

* 공개의 범위, 방법 등에 대해서는 구체적으로 명시되지 않음

■ 축산물가공처리법

• 축산물에서 공중위생상 위해발생의 우려가 있어 강제회수 또는 자발적 회수조치를 한 경우 영업자가 공표

* 영업자 명칭, 주소, 품명, 제조년월일 또는 유통기한, 회수사유 및 방법 등

■ 식품안전기본법

• 관계행정기관의 장은 사업자가 식품안전법령 등을 위반한 것으로 판명된 경우 해당 식품 및 사업자에 대한 정보를 「공공기관의 정보공개에 관한 법률」 제9조제1항 제6호에도 불구하고 공개할 수 있음

* 9조1항6호 : 이름, 주민등록번호 등 개인 사생활의 비밀 또는 자유를 침해할 수 있는 정보는 비공개

농수산물의 안전성조사 결과는 분기·년별로 실적자료를 설명자료 없이 기관별 홈페이지에 공개하고 있으나 부적합 농수산물의 세부내역을 공개하지 않고 있고 축산물의 경우는 잔류물질 검사결과 위반 농가의 농장명, 주소지 등 세부내역을 수시로 인터넷을



제2장 농식품안전관리 현황과 과제

통해 공개하고 있다.

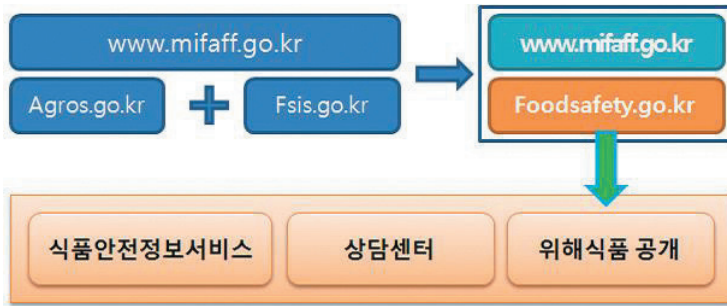
| 검사관련 정보공개(공표) 현황 |

구분	공개내용	공개주체	방법 및 시기
농산물	농산물안전성조사결과	농관원장	홈페이지, 분기 보도자료(사안발생시)
축산물	잔류물질위반농가	수과원장	홈페이지, 수시
	회수대상축산물	영업자	홈페이지, 일간지, 발생시마다
	수입축산물 검사결과 부적합내역	수과원장	홈페이지, 월
	축산물위생감시실적	수과원장	홈페이지, 분기
	축산물수거검사실적	수과원장	홈페이지, 분기
	시도별원유검사실적	수과원장	홈페이지, 분기
수산물	수입수산물검사결과	수검원장	홈페이지, 분기

일반적인 농축산물 안전·품질·표시 등의 정보는 농산물품질관리원, 수의과학검역원, 수산물품질검사원 등 각 기관별 홈페이지와 농식품안전정보서비스(agros.go.kr), 수산물안전정보서비스(fsis.go.kr)을 통해 공개하고 있다.

1 식품안전정보 공개 사이트를 통합하여 정보전달 효과 제고

현재, 농축산물은 www.agros.go.kr, 수산물은 www.fsis.go.kr로 과거 농림부와 해양수산부에서 운영하던 식품안전정보를 서비스 그대로 분산하여 운영하고 있으며 농림수산식품부 홈페이지와 연계 체계도 미흡한 편이다. 이를 위해식품의 공개와 '08년 11월에 개설한 농식품안전상담 기능을 통합하여 <http://www.foodsafety.go.kr>로 서비스할 예정이다.



2 정보 수집 · 전파 체계 강화

농림수산식품부의 16개과 · 팀, 소속기관 · 외청으로 분산되어 있는 식품안전 정보관리 체계를 정비하여 정보의 집중 · 분산을 조정한다. 생산자단체 등의 이해관계자와 정보 교류는 전문정보를 바탕으로 해당 과 · 팀에서 담당하며 신문 · 방송, 인터넷 등 미디어와 커뮤니케이션은 홍보담당관실에서 주관하고, 식품안전대책 및 안전사고에 대응한 긴급정보관리는 국무총리실의 식품안전사고 긴급대응단과 연계하여 소비안전팀에서 총괄하는 체계로 변화시킨다.

3 식품안전 정보의 적극적인 생산과 공개의 확대

농림수산식품부 소속기관에서 수행하는 안전성 검사 결과는 기관별 업무처리 실적을 홈페이지에 게시하는 수준이고 모니터링조사 결과도 최종 집계만 공개함으로써 자료의 활용도가 낮고 데이터의 재해석에 따라 의혹이 증폭되는 경우도 발생하고 있다. 이러한 검사결과는 정책연구를 제외하고는 활용도가 매우 낮으며 정보의 수요자인 국민의 눈



높이에 맞는 이해하기 쉬운 자료는 거의 없는 실정이다.

따라서, 국민이 가장 궁금해 하는 법령을 위반한 위해식품 정보는 제품명, 상호명 등 소비자가 해당 식품을 식별할 수 있도록 자세한 자료, 행동요령 등을 포함하여 공개할 것이며, 위해식품의 공개·전파를 위한 긴급경보시스템(RAS, Rapid Alert System)의 구축을 추진한다.

상습위반자는 경각심 제고 차원에서 법령을 개정하여 생산자명을 포함한 상세정보의 공개를 추진한다. 또한, 국민의 눈높이에 맞는 다양한 정보를 만들어 낼 계획이다. 유해 물질, 안전정책 등을 알기 쉽게 제공하기 위하여 다양한 홍보기법을 동원할 것이다.

4 정보공개 규정 정비

위와 같이 위해 식품의 세부내역을 공개하기 위하여 관련 업무처리요령, 지침 및 법령의 개정을 추진한다. 우선 현재 법령으로 가능한 안전정보의 효율적인 공개를 위해 '09년 상반기 중에 "농산물의 안전 및 품질에 관한 정보관리 규정"을 개정한다. 하반기에는 농산물, 수산물품질관리법을 통합하면서 위해 농수산물의 공개와 관련한 규정 신설을 추진한다.

5 위험정보교류(Risk Communication) 강화

식품안전 정보는 전문적인 내용이 많기 때문에 국민들이 이해하기 어려운 면이 있으며, 유해물질에 의한 위험을 감내하고자 하는 인식의 차이도 매우 크다. 그럼에도 식품안전 정보를 상호간에 나누기 위한 체계가 미흡한 것이 현실이다.

국민의 식품안전 정책결정 및 집행과정에 참여를 확대하고 현장체험 등의 다양한 교류를 확대 추진하며, 학계·식품업계·생산자단체 등과 함께 정보와 의견을 서로 나눌 수



있도록 네트워크 구축을 확대해 나가는 등 위험정보교류를 강화해 나갈 것이다.

현재, 농식품안전정보관리 업무를 담당하고 있는 재단법인 농림수산정보센터를 법률에 근거를 두어 안정적인 업무처리를 할 수 있도록 하고 '08년에 신설한 상담센터에 정보 관리 기능을 보강하여 위험정보교류센터(CRC, Center for Risk Communication)로 확대할 계획이다.

3) 세부실천과제

과학적인 농식품안전관리 및 정보공개로 통한 신뢰 강화, 그리고 안전한 식품 공급 기반을 강화하기 위하여 총 116개의 세부실천과제를 추진한다.

분야별 과제수

중점추진과제	과제수	중점추진과제	과제수
검사체계 개선	45	참여소통강화	36
검사신뢰도 제고	3	긴급대응체계 구축	3
수입관리 강화	6	소통강화	6
안전성검사 강화	5	안전성교육 강화	5
안전성검사 개선	2	정보공개 확대	3
위반자 관리 강화	3	정보관리 강화	5
위험목록 작성	3	참여확대	7
위험평가 체계 구축	6	추적조사체계 구축	7
조사체계 구축	8	기반강화과제	35
조직 제도 개선	6	안전성기반 확충	9
탐색조사 강화	3	안전성연구 강화	4
		자재관리 강화	8
		질병관리 강화	3
		표시인증 개선	11

참 고

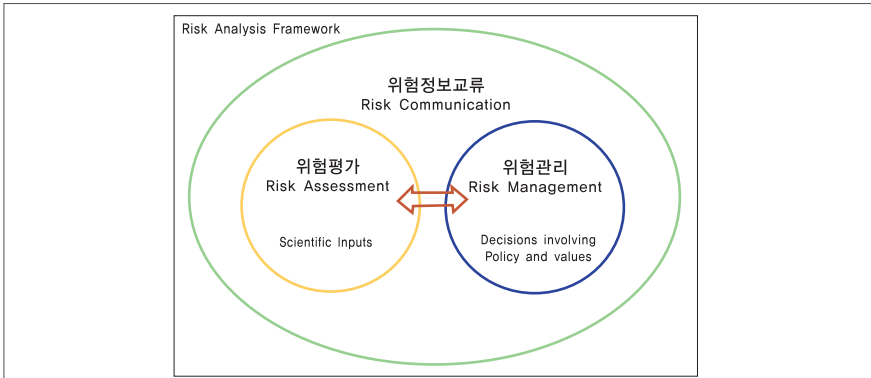
과학적인 식품안전관리

1. 위험분석 (Risk Analysis)

위험분석이란 최적의 식품안전관리 방안을 선정하기 위해 체계적이고 투명하게 식품과 관련된 위험요소에 관하여 과학적인 또는 비과학적인 정보를 수집하고 분석·평가할 수 있는 절차를 가진 체계를 말한다.

위험분석은 체계화된 의사결정 절차로서 위험평가(Risk Assessment), 위험관리(Risk Management), 위험정보교환(Risk Communication)의 3가지 요소가 밀접하게 연관되어 있으며 상호 보완적인 역할을 한다. 위험분석은 각 단계가 반복되고(iterative) 지속적(ongoing)으로 수행되는 절차이다.

위험분석은 개방적이고 효과적인 내·외부의 의견교환이 요구되는 고도로 상호작용하는 절차이다. 위험관리자(Risk Manager)는 위험평가자(Risk Assessor), 위험분석팀 상호간의 의견교환을 수행해야 하며 여러 다른 분야의 이해관계자와도 커뮤니케이션을 수행해야 한다.



[그림 1-1] 위험분석체계, FAO Food and Nutrition Paper 87



2. 위험관리(Risk Management)

위험관리(Risk Management)는 “모든 이해관계자와의 협의 하에 위험관리의 방법·대안을 평가하는 절차로서 소비자의 건강보호와 관련된 위험평가(Risk Assessment) 및 기타 요소들을 검토하며 필요시 적절한 예방책과 관리대안을 선정하는 절차이다.”

위험관리(Risk Management)는 위험을 나타내는 상태를 개선하거나 위험의 요인을 제거하기 위하여 수행되는 사전활동(Preliminary Risk Management), 위험관리조치의 평가(Evaluation of Risk Management Option), 위험관리방법의 결정(Implementation of Risk Management Decision), 위험관리 조치의 모니터링 및 재검토(Monitoring and Review) 등을 말한다. 위험관리는 한 번의 수행으로 끝나는 것이 아니라 위의 커다란 4가지 절차를 반복적으로 수행한다.

표 1-1 위험관리의 절차 및 내용

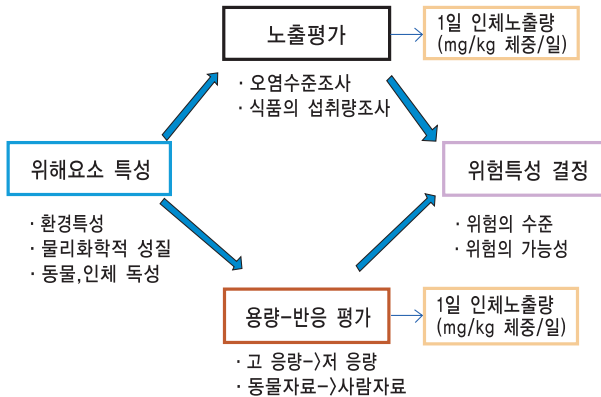
위험관리 단계	수행내용
Preliminary Risk Management Activity	위험관리를 위한 사전활동 - 리스크프로파일 작성(Develop a Risk Profile) - 우선순위 결정(Rank Hazard) - 위험평가정책 수립(Establish a Risk Assessment Policy) - 위험평가팀 구성(Commission the Risk Asswssment)
Evaluation of Risk Management Option	위험관리 조치안에 대한 평가 - 가능한 모든 조치를 검토하여 - 최선의 조치방법을 선정
Implementation of Risk Management Decision	위험관리 방법을 결정 - 최종 위험관리 조치 방안을 결정 • 과학적·경제적 비용대비 편익을 고려 - 위험관리 조치를 시행

위험관리 단계	수행내용
Monitoring & Review	위험관리 조치 결과를 모니터링하고 방안을 재검토 - 위험관리 조치 결과의 모니터링(Assess Success of Measures Taken) • 최종 소비단계 모니터링 등 - 위해요인의 저감조치 결과를 재검토(Review Result)

3. 위험평가(Risk Assessment)

식품과 관련하여 건강에 위해를 받을 가능성과 위험의 정도는 위험평가(Risk Assessment) 과정을 통하여 정량적 또는 정성적으로 산출한다.

위험평가는 위해요소의 확인(Hazard Identification), 위해요소의 특성(Hazard Characterization), 위해요소의 인체 노출량 평가(Exposure Assessment), 위해요소의 위험특성(Risk Characterization)을 결정하는 4개의 주요 단계가 관련된 체계적이고 과학에 근거한 절차이다.



[그림 1-2] 위험평가(Risk Assessment) 절차



|표 1-2 위험평가의 절차 및 내용|

위험평가 단계	수행내용
Hazard Identification	건강에 위해를 주는 물질·위해요소가 무엇인지 밝히는 것
Hazard Characterization	위해요소의 특징과 인체에 허용되는 양을 산출하는 것
Exposure Assessment	사람이 위해가 되는 물질에 얼마만큼 노출(섭취)되어 있는지 확인하는 것
Risk Characterization	위해요소가 인체에 얼마만큼 위험한지 확률적으로 산출

4. 위험정보교환(Risk Communication)

위험정보교환은 위험관리 및 위험평가와 함께 위험분석의 필수적인 요소이다. 위험정보교환은 위험분석팀의 구성원 및 외부 이해관계자들에게 적절한 시기에 관련된 정보를 정확히 제공함으로써 식품안전 위험에 관련된 특징, 영향에 대한 지식을 향상시키는 데 기여하고, 상호간의 의견을 교환함으로써 식품안전과 관련하여 인식 공유의 폭을 넓힐 수 있게 하는 유효한 수단이다.

위험정보교환(Risk Communication)에 대하여 국제식품규격위원회(CAC)는 다음과 같이 정의하고 있다.

“위험·위험과 관련된 요소 및 위험인식과 관련된 위험분석 과정을 통하여 위험평가자, 위험관리자, 소비자, 업체, 학계 및 기타 이해 집단들 사이에 위험평가 결과의 설명과 위험관리 결정의 근거를 포함한 정보와 의견의 상호교환”



제2장 농식품안전관리 현황과 과제

위험정보교환은 이해관계자 사이에 정보와 의견을 상호 교환하는 것으로 식품안전관리 모든 단계에서 필요로 하며 특히, 위해요소에 대한 우선순위를 결정할 때와 리스크평가 방침을 세울 때, 그리고 리스크관리 조치 방안을 결정하기 전에는 반드시 커뮤니케이션을 실시해야 한다.

위험정보교환의 근본적인 목적은 특정 대중을 목표로 명확하고 이해하기 쉬운 용어를 사용하여 의미 있고 적절하며 정확한 정보를 제공하는 것이다.

위험정보교환은 신뢰 구축 및 유지를 목표로 삼아야 하고 위험관리 조치에 대한 결정사항을 수용할 수 있도록 유도되어야 한다. 위험정보교환은 많은 사람들의 의견이 합의가 이루어질 수 있도록 조장되어야 하며 제안된 위험관리 방안에 대해 모든 관련기관에서 흡족할 수 있는 수준이어야 한다.

INDEX



색인목록



INDEX

감초 추출물	131	라살로시드	103
게르마늄(Germanium)	172	락티톨	130
결핵(Tuberculosis)	252	로타바이러스(Rotavirus)	211
곰팡이 독소	217	루페누론(Lufenuron)	75
구리(Copper)	155	리스테리아 모노사이토제네스 (Listeria monocytoggenes)	200
그라야노톡신(Grayanotoxin)	272	마비성패독	286
글리실친산삼나트륨	128	말라카이트 그린	101
기생충성 인수공통전염병	244	말라티온(Malathion)	44
지역상실성패독	286	맥각독	222
나라신	106	메토밀(Methomyl)	55
납(Lead)	140	메티다티온(Methidathion)	45
노로바이러스(Norovirus)	210	메틸브로마이드(Methyl Bromide)	76
니켈(Nickel)	166	멜라민	341
니트로푸란제	96	모넨신	103
다이아지논(Diazinon)	39	몰식자산프로필	124
다이옥신	332	바실러스 세레우스(Bacillus cereus)	208
데옥시니발레놀	238	바이러스성 인수공통전염병	243
데히드로초산	121	바시트라신	104
데히드로초산나트륨	121	밤버마이신	105
동클로로필	134	방사선	304
동클로로필린나트륨	134	버섯독	263
동클로로필린칼륨	134	버지니아마이신	105
디디티(DDT)	30	베타 카로틴	135
디부틸하돌시톨루엔	124	베타-아포8'-카로티날	136
디엘드린(Dieldrin)	31	병원성대장균(Escherichia coli O157:H7)	197
디카복시미드계 농약	62	병원성미생물	178
디페노코나졸(Difenoconazole)	68		



보존료	119	수은(Mercury)	150
복어독	275	스테비오사이드	131
부틸히드록시 아니졸	123	스트로빌루린계 농약	65
브루셀라(Brucellosis)	248	시안 배당체(Cyanogenic glycoside)	267
비소(Arsenic)	147	식품첨가물	112
비에치시(BHC)	28	식품첨가물의 분류	117
비타르계 합성착색료	134	아빌라마이신	104
비타민 C	125	아세살팜칼륨	130
비타민 E	125	아스코르브산칼슘	125
비타민 E 초산에스테르	125	아스코르빌 팔미테이트	126
사이퍼메트린(Cypermethrin)	60	아스파탐	130
삭카린나트륨	128	아연(Zinc)	159
산화방지제	122	아족시스트로빈(Azoxystrobin)	65
살리노마이신	105	아질산나트륨	118
살모넬라균(Salmonella spp.)	196	아크릴아미드	319
삼이산화철	135	아플라톡신	223
설사성패독	292	야황산계 식품표백제	126
성장촉진호르몬제	107	안식향산	120
세균성 인수공통전염병	243	안식향산나트륨	120
셀레늄(Selenium)	169	에리소르브산	124
소르브산	120	에리소르브산나트륨	124
소르브산나트륨	120	에토프로포스(Ethioprofos)	41
소성장호르몬	110	엔도설판(Endosulfan)	26
소해면상뇌증(Bovine Spongiform Enterophallophathy, BSE)	257	엔테로박터 사카자키 (Enterobacter sakazakii)	209
솔라닌(Solanine)	270	여시니아 엔테로콜리티카 (Yersinia enterocolitica)	207
수용성 안나토	135		



INDEX

오크라독신	228	카보퓨란(Carbofuran)	54
유기염소계 농약	20	캠필로박터(Campylobacter jejuni)	203
유기인계 농약	32	콜리스틴	107
이디티에이 이나트륨	126	크롬(Chromium)	161
이디티에이 칼슘이나트륨	126	클레속심메틸(Kresoxim-methyl)	67
이미다클로프리드(imidacloprid)	72	클로람페니콜	99
이산화티타늄	135	클로로타로닐(Chlorothalonil)	24
이소말트	129	클로르페나피르(Chlorfenapyr)	71
이소프로티올레인(Isoprothiolane)	74	클로르피리포스(Chlorpyrifos)	38
이프로드이온(Iprodione)	62	클로스트리디움 보틀리눔 (Clostridium botulinum)	204
이피엔(EPN)	40	클로스트리디움 퍼프린젠스 (Clostridium perfringens)	204
인공감미료	128	클리실리신산이나트륨	129
인독사카브(Indoxacarb)	73	클립토스포리디움 (Cryptosporidium parvum)	212
자일리톨	130	타르색소	132
장염비브리오(Vibrio parahaemolyticus)	205	타르색소 알루미늄레이크	133
제랄레논	228	타일로신	106
조류인플루엔자(Avian Influenza, AI)	255	탄저(Anthrax)	246
주석(Tin)	175	터서리부틸 히드로퀴논	124
중금속	138	테부코나졸(Tebuconazole)	69
진균성 인수공통전염병	244	테부포스(Tebufofos)	46
착색료	131	토마틴	131
천연착색료	132	톡소플라즈마(Toxoplasma gondii)	212
철클로로필린나트륨	134	톨클로포스(Tolchlofos-methyl)	47
카드뮴(Cadmium)	143	트랜스지방산	324
카바릴(Carbaryl)	50		
카바메이트계 농약	48		
카벤다짐(Carbendazim)	52		



트리아졸계농약	68
파라옥시안식향산 에스테르류	121
파클로부트라졸(Paclobutrazole)	69
파툴린	233
파프리카 추출 색소	136
페노뷰카브(Fenobucarb, BPMC)	55
페니트로티온(Fenitrothion)	43
펜발러페이트(Fenvalerate)	61
퓨모니신	235
프로사이미돈(Procymidone)	64
프로피온산나트륨	122
프로피온산칼슘	122
피레스로이드계 농약	57
헵타클로르(Heptachlor)	31
황변미독	234
황색포도상구균(Staphylococcus aureus)	202
효소처리 스테비아	131
D-리보오스	131
D-만니톨	130
D-말티톨	129
D-솔리톨	129
D-크실로오스	131
L-소르보오스	131
L-아스코르브산나트륨	125
L-아스코르빌 스테아레이트	126



농식품 **유해물질** 편람
HARMFUL MATERIAL

이 편람은 공무원, 미디어 종사자 등이 식품 중 유해물질 정보를 쉽게 찾아 식품안전에 대한 이해를 높일 수 있도록 하기 위하여 농림수산식품부에서 제작하였습니다.

발행처 농림수산식품부

발행일 2009년 2월

편집인 농림수산식품부 우동식, 조장용, 한태희
국립수의과학검역원 김미경, 운재호, 정상희, 정석찬
국립수산과학원 이희정
농촌진흥청 김원일, 김진경, 남흥식, 류재기, 박상원,
 백민경, 이종식, 임건재
한국식품연구원 전향숙

문의처 농림수산식품부 소비자안전팀 02-500-1994, 1995

기 획 이뉴기획 02-507-8482

인 쇄 경 성 02-503-3223

농식품안전상담센터 1577-1203

<http://www.food.go.kr>, <http://www.foodsafety.go.kr>