

| 연구동향 |



## 대한민국의 잔류농약 연구동향



임 무 혁

식품의약품안전청 식품평가부

### I. 서 론

농약은 농작물의 재배 과정에서 잡초, 병·해충 발생 등을 효과적으로 방제하기 위하여 사용되므로, 만약 지구상에 농약이 없을 경우, 약 70%에 상당하는 농산물 생산이 불가능하게 될 것으로 추산된다. 전 세계적으로 사용되는 농약성분은 약 800여종이며, 이 중 우리나라에 등록되어 사용되고 있는 성분은 410여성분이다. 원활한 식량공급을 위하여 불가피하게 사용되고 있는 농약은 대부분 합성된 화학물질로서 세계 각국에서는 농작물 재배 시 적정하게 사용되도록 “농약안전사용기준”이라는 제도를 도입하여 관리하고 있으며, 식품을 통해 섭취될 수 있는 잔류농약에 대한 안전성을 확보하기 위하여 농약안전사용기준을 바탕으로 “농약잔류허용기준”을 설정하여 관리하고 있다. 농약잔류허용기준은 사람이 일생을 거쳐 매일 섭취하여도 인체에 아무런 해를 주지 않는 수준을 평가하여 법으로 정한 것으로서 선진 외국이나 국제식품규격위원회(Codex)에서도 오래 전부터 운영하고 있다. 세계 각국에서는 잔류기준과 함께 식품에 잔류된 농도를 측정하기 위한 분석법을 개

발하여 수입·유통 식품 중 잔류농약 안전성을 확보하기 위하여 노력하고 있다. 우리나라에서는 1998년 식품의약품안전청 설립 이후 농림부에서 사용등록 되는 농약에 대하여 작물잔류성적을 바탕으로 농약잔류허용기준을 선진국과 같은 위해 평가를 통하여 설정해오고 있으며, 전국적인 농산물에 대한 잔류농약 모니터링 연구, 농약 총 식이 섭취량 연구, 잔류농약 시험법 개선 연구 등을 제한된 재원을 이용하여 수행하였다. 2004년부터 “국가 잔류농약 안전관리망 구축” 사업을 통하여 잔류허용기준 설정 및 국제적 조화, 농약 잔류분 석법 개발 및 선진화 등 다양한 연구를 진행하고 있다. 최근 우리나라의 잔류농약 정책과 관련된 연구 동향을 다음과 같이 소개하고자 한다.

### II. 농약잔류허용기준 관련 연구

#### 1. 농약잔류허용기준 설정 원칙

「농약관리법」에 의한 농약 등록을 위하여 제출된 GAP(Good Agriculture Practice in the

use of pesticides)에 의한 작물잔류성자료를 기초로 하여 해당 농산에 사용된 농약의 잔류 특성을 조사하고, 농약의 ADI(Acceptable Daily Intake, mg/kg bw), 국민평균체중, 식품 섭취량을 기초로 하여 위해평가를 실시하여 해당 농약의 이론적인 섭취량(TMDI, Theoretical Maximum Daily Intake)이 1인 1일 섭취허용량을 초과하지 않도록 안전한 수준의 농약잔류기준(안)을 정하고 국내외 의견 수렴을 거쳐 최종 기준을 설정하게 된다.

## 2. 잔류허용기준 설정 필요자료

- ADI : 화학물질이 함유된 사료를 랫드나 개에 장기간 동안 투여하여 아무런 영향을 미치지 않는량을 무작용량(NOEL 값)이라고 한다. ADI는 이 값에 안전율(최소1/100)로 곱하여 산출한 값으로 체중 1 kg당 허용되는 mg으로 표현한다.
- TMDI : 잔류허용기준설정 대상 식품 1일 섭취량에 각각 식품의 기준치를 곱하여 합한 값
- 작물잔류성자료(GAP 자료) : 농약의 사용등록을 위하여 작물에 병해충 방지를 위하여 사용한 농약의 농산물에 대한 잔류 자료
- 1인 1일 식품섭취량 : 국민을 대상으로 각 식품별 섭취량을 바탕으로 원료별로 최적화한 자료
- 국민평균체중 : 55 kg

## 3. 우리나라의 농약잔류허용기준 설정절차

- 3.1. 해당농산물에 어떤 농약의 사용이 필수적인 경우 해당 농약을 최소한으로 사용하면서 병해충의 방제에 효과가 있는 수준에서의 농약 작물잔류성 자료를 근거로 기준이 제안.
- 3.2. 설정하고자 하는 농약 및 작물에 대한 잔류성 자료상의 농약잔류량을 바탕으로 농약섭취량

계산을 위한 잠정 기준을 작성하고, 이 기준에 따라 이론적 농약최대섭취량(TMDI)을 계산.

- 3.3. 설정하고자 하는 식품들의 농약 최대섭취량의 합계가 해당 농약의 1인 1일 섭취허용량(ADI×평균체중)의 80% 이내일 경우 잠정 작성한 기준을 잔류허용기준(안)으로 제안(나머지 20%는 음용수 등을 비롯한 환경에 노출, 폭로에 할애).
- 3.4. 설정하고자 하는 식품들의 농약최대섭취량의 합계가 해당 농약의 1인 1일 섭취허용량(ADI×평균체중)의 80%를 초과할 경우 식이를 통한 농약섭취량 자료를 참고하여 잔류허용기준을 제안할 수 있으나 자료가 없는 경우에는 기준치를 조정하거나 식품수를 조정하여 농약의 1인 1일 섭취허용량의 80% 이내로 하여 제안.
- 3.5. 입안예고 : 잔류허용기준(안)을 WTO 등 국내외 관련기관에 보내 의견수렴.
- 3.6. 수정제안 : 각국 및 각계의 의견을 토대로 식품의약품안전청에서 수정제안.
- 3.7. 심의 : 식품위생심의위원회 상정.
- 3.8. 규제심사 : 국무조정실 규제개혁2심의관실
- 3.9. 고시 : 식품의약품안전청
- 3.10. 해당 농약 및 작물에 대한 안전사용기준설정(농림부)

## 4. 위해평가 방법

표 1은 GAP에 의한 작물잔류성적서를 요약한 예시이다. Teflubenzuron 농약을 GAP에 의하여

표 1. GAP에 의한 작물잔류성적서 요약

Crop	Formulation	Applied insect	Tested year	Pesticide residue in crop Guidelines on safe use			Guidelines on safe use		Draft MRLs
				Days after application	No. of application	Maximum residue (mg/kg)	PHI	No. of application	
Pepper	WP (2%)	Moths	2002	1	3	<0.05	3	3	0.2
				3	3	<0.05			
				5	3	<0.05			
Water melon	SC (5%)	Moths	2002	3	5	0.07	3	5	0.2
				7	4	0.05			
				14	4	0.03			
Broccoli	SC (5%)	Moths	2002	7	2	1.42	10	2	1.0
				10	2	0.75			
				14	2	0.21			

고추, 수박, 브로콜리를 재배하면서 해충 방제를 위하여 농약을 살포한 후 잔류량을 측정하여 제출된 자료를 바탕으로 기준(안)을 제안하였으며, 표 2는 제안된 기준(안)을 바탕으로 농약에 대한 정보, 위해평가, 제외국의 기준 비교 등을 정리한 기준 제안을 위한 위해평가 자료 예시이다.

표 2의 현재 우리나라에서 농약잔류허용기준 설정시 위해평가 방법을 예시로 나타내었다. 농약의 ADI값에 우리나라 국민 평균체중 55 kg을 곱하여 1인 1일 섭취허용량 0.55 mg을 구하고 각각의 농산물에 대한 신규 제안된 기준치와 식품섭취량을 곱한값과 기준이 설정되어 있는 농약에 대한

표 2. 농약잔류허용기준 제안서 예시

**Teflubenzuron**

- ADI : 0.01 mg/kg body weight (JMPR)
- ADI / person : 0.55 mg(0.01 mg × 55 kg)
- Application crop : persimmon, mandarin, Korean cabbage, mushroom, apple, cucumber, cabbage, pepper, watermelon, broccoli

Food	Recommended MRL	Food intake (kg/day)	Pesticide intake(mg)	MRLs (mg/kg)			
				Codex	Japan	Netherland	Taiwan
Pepper	0.2	0.0071	0.0014	0.1 (plum)	0.5 (sweet pepper)	-	1.0 Fruits
Water-melon	0.2	0.0136	0.0027	1 (pome fruits)	0.2 (melons)	0.2 (melon)	1.0
Broccoli	1.0	0.0053	0.0053	0.2	0.5	0.5 (vegetables)	1.0
Pesticide intake before revision (% per ADI)				0.0742 (13.6%)			
Pesticide intake after revision (% per ADI)				0.0836 (15.2%)			

TMDI 값을 합하여 0.0836 mg을 산출한다. 이 농약섭취량은 1인 1일 섭취허용량의 15.2%(0.0836 mg/0.55 mg\*100) 수준이었다. 제안된 잔류허용기준 및 기설정 농약기준에 대한 농약 섭취허용량이 TMDI의 80%를 초과하지 않게 위해평가를 실시하여 기준을 제안하고 있다.

### 5. 기준 설정 역사

1988년 농산물에 대하여 16종 농약에 대한 최

초 기준을 설정하였으나, 당시에는 사용이 금지된 농약 중심으로 기준을 설정하였으며, 식품의약품안전청 설립 이전에는 제외국의 기준을 참고하여 1인 1일 섭취허용량이 TMDI를 초과하지 않은 범위에서 기준을 설정하였다. 그러나 1998년 이후 식품의약품안전청 설립 이후부터 선진국과 GAP에 의한 작물잔류성적에 기초로 하여 제안된 기준(안)에 대하여 과학적인 위해평가를 실시하여 농약잔류허용기준을 설정하였다.

표 3. 우리나라 농약잔류허용기준 설정 역사

	고시번호	고시일	농약수	비 고
1	1988-60	1988. 09. 13	16종	농산물 최초신설
2	1990-85	1990. 12. 24	16종	농약신설
3	1991-88	1991. 12. 30	5종	농약신설 및 확대
4	1992-40	1992. 05. 07	-	개정
5	1993-72	1993. 08. 27	-	개정
6	1993-102	1993. 12. 31	67종	농약신설
7	1994-6	1994. 03. 07	-	개정
8	1994-28	1994. 07. 22	-	개정
9	1994-29	1994. 07. 26	17종	축산물 최초 신설
10	1995-6	1995. 02. 17	41종	농약신설 및 확대
11	1995-42	1995. 08. 23	11종	인삼 최초 신설
12	1996-10	1996. 02. 27	92종	농약신설 및 확대
13	1995-66	1995. 12. 29		개정
14	1996-74	1996. 12. 05	60종	농약신설
15	1998-58	1998. 05. 11	15종	개정
16	2000-16	2000. 03. 31	17종	농약신설 및 확대
17	2001-4	2001. 01. 12	54종	농약신설 및 확대
18	2002-1	2002. 01. 04	44종	농약신설 및 확대
19	2002-66	2002. 12. 05	94종	농약신설 및 확대
20	2004-18	2004. 03. 03	97종	농약신설 및 확대
21	2005-18	2005. 04. 08	83종	농약신설 및 확대
22	2006-15	2006. 04. 20	31종	건조농산물, 밀가루 신설
23	2006-55	2006. 12. 01	70종	농약신설 및 확대

## 6. 가공식품에 대한 잔류허용기준 설정 연구

### 6.1. 인삼제품

농약잔류허용기준은 원칙적으로 원료에 대하여 설정하고 있지만, 단일원료를 이용하여 가공한 식품에서 농축이 될 우려가 있는 제품에 대해서는 과학적으로 가공 중 농약의 변화율을 감안한 연구를 바탕으로 기준을 설정하고 있다. 표 4는 수삼을 재배하면서 직접 인삼포에 다음과 같은 농약을 살포하여 인위적으로 잔류시킨 후 상업적 규모로 건삼, 홍삼, 인삼농축액, 홍삼농축액으로 제조하였으며, 가공 과정별 제품에 잔류된 농약의 감소율을 측정하여 수삼을 기준으로 각 제품별 기준(안)을 제안한 연구 결과이다. 수분을 감안하여 이론적으로 산출할 경우 수삼을 기준으로 농약 잔류량은 건삼 및 홍삼은 4배, 인삼농축액 및 홍삼농축액은 8배 증가되지만 실제 연구결과인 표 4에서와 같이 농약성분은 가공과정 중 상당량이 분해되는 것으로 조사되었다.

### 6.2. 녹차 추출물

녹차 추출물은 건강기능식품의 원료로 인정되어 다양한 건강기능식품으로 개발되고 있으며, 일

표 4. 인삼제품(건삼, 홍삼, 인삼 및 홍삼 농축액) 농약감소 계수 연구

Pesticide	Ginseng	Residue (mg/kg)	Processing factor	MRLs
	Fresh ginseng	0.06	-	0.1*
	Dried ginseng	0.21	3.50	0.5**
Carbosulfan	Red ginseng	0.09	1.50	0.2**
	Ginseng extract	0.41	6.83	0.7**
	Red ginseng extract	0.16	2.67	0.3**
	Fresh ginseng	0.19	-	0.5*
	Dried ginseng	0.29	1.53	1.0**
	Red ginseng	0.28	1.47	1.0**
Fludioxonil	Ginseng extract	0.93	4.89	3.0**
	Red ginseng extract	0.87	4.58	3.0**

\*National MRL, \*\*Draft MRLs

반 식품의 제조에도 사용될 수 있다. 녹차 추출물은 열수 또는 주정을 이용하여 추출한 후 분말상태로 가공된다. 가공 과정 중 재배 과정 중에 사용된 농약성분이 농축될 우려가 있으므로, 과학적인 연구를 수행하여 기준(안)을 제안하였다. 표 5에는 녹차 재배 중 사용 등록된 농약을 살포하고 생업을 채취하여 상업적 규모로 덩어리과정 등의 공정

표 5. 녹차 추출물 농약감소 계수 연구

Pesticide	Residue (mg/kg)		Processing factor	MRLs in green tea	Draft MRLs in extract of green tea
	Green tea	Extract of green tea			
Amitraz	4.15	1.28	0.31	10.0	10.0
Azoxystrobin	5.2	2.24	0.43	1.0	1.0
Bifenthrin	0.41	0.84	2.05	0.3	0.7
Bitertanol	18.5	45.53	2.46	10.0	25.0
Buprofezin	9.16	14.65	1.60	1.0	2.0
Carbendazim	0.99	2.31	2.33	2.0	5.0
Chlorfenapyr	2.99	0.02	0.01	3.0	3.0
Chlorfluazuron	29.38	27.24	0.93	10.0	10.0
Chlorpyrifos	7.23	8.95	1.24	2.0	3.0
Cyhalothrin	9.76	0.72	0.07	2.0	2.0
Difenoconazole	1.49	4.56	3.06	2.0	7.0

을 거쳐 녹차로 가공을 하였으며, 최종 80% 에탄올을 이용하여 추출한 후 건조하고 녹차 추출물로 가공하여 최종 잔류된 농약의 잔류량을 측정하여 산출된 가공계수를 이용하여 기준(안)을 제시하였다. 녹차의 잔류량 보다 낮은 경우에는 별도 기준을 설정하지 아니하고 녹차의 기준과 동일하게 적용하였다. 대부분의 농약성분은 최종 상당량이 분해되었으며 chlorfenapyr 및 cyhalothrin 같은 농약은 99% 이상이 감소되는 것으로 조사되었다.

### 6.3. 건조농산물

농산물 중 장기간 저장 및 유통을 위하여 건조 과정을 거치는 고추, 배추, 당근, 파, 대추, 구기자,

무 뿌리 등 다양한 품목들이 생산되어 수입·유통되고 있다. 이들 식품 또한 건조과정 중 농약성분이 수분이 감소됨에 따라 농축될 우려가 있으므로, 농작물을 재배하면서 GAP에 의한 농약 살포 방법을 변형하여 농약을 잔류시킨 후 상업적 규모인 벌크형 건조기에서 60℃로 충분히 건조하여 제품을 생산하였다. 최종 제품과 건조 전 농산물에 잔류하는 함량의 변화를 연구하여 가공계수를 구하고 이를 기준(안)으로 제시하였다. 표 6에는 우리나라에서 건조 고추에 대한 건조 중 농약 감소 연구를 수행하여 얻은 6종 농약에 대한 연구결과로 2006년 국제식품규격위원회에 기준(안)을 제안하여 현재 JMPR(Joint FAO/WHO meeting on Pesticide Residue)에서 검토 중에 있다. 표 7과 8은

표 6. Codex에 제안한 건조칠리고추 농약감소 계수 연구

Pesticide	Codex MRLs (mg/kg)		Proposed MRLs by Korea (mg/kg)*	Residues (mg/kg)		Processing factor
	Pepper	Dried chili pepper		Red pepper (fresh)	Red pepper (dried)	
Azinphos-methyl	1	10	3	0.93	2.71	2.91
Diazinon	0.05	0.5	0.3	1.49	6.80	4.56
Imidacloprid	1	10	3	1.75	4.33	2.47
Metalaxyl	1	10	4	2.31	7.56	3.27
Methomyl	1	10	4	1.80	6.05	3.36
Methoxyfenozide	2	20	7	1.10	3.55	3.23

\*Proposed to JMPR as new MRLs in dried chili pepper

표 7. 건조 배추 농약감소 계수 연구

Pesticide	Residues (mg/kg)			MRLs (Fresh)	Proposed MRLs (Dried) (mg/kg)
	Korean cabbage (Fresh)	Korean cabbage (Dried)	Processing factor		
Acetamiprid	5.38	15.65	2.91	3.0	10
Chlorfenapyr	1.25	6.63	5.30	0.5	3.0
Cymoxanil	1.18	5.32	4.51	0.5	3.0
Ethofenprox	2.32	7.29	3.14	2.0	7.0
Flufenoxuron	0.96	2.48	2.58	0.5	2.0
Indoxacarb	2.57	11.95	4.65	2.0	10
Methoxyfenozide	6.51	25.71	3.95	5.0	20
Tebufenozide	2.21	6.28	2.84	1.0	3.0
Zoxamide	4.25	15.81	3.72	3.0	15

표 8. 건조 파 농약감소 계수 연구

Pesticide	Residues (mg/kg)			MRLs (Fresh)	Proposed MRLs (Dried) (mg/kg)
	Welsh onion (Fresh)	Welsh onion (Dried)	Processing factor		
Azoxystrobin	3.25	8.61	2.65	2.0	7.0
Dimethomorph	3.82	13.52	3.54	3.0	15
Ethofenprox	3.15	12.19	3.87	2.0	10
Fluazinam	4.68	13.94	2.98	3.0	10
Imidacloprid	1.25	3.98	3.18	0.5	2.0
Indoxacarb	1.64	4.20	2.56	0.5	2.0
Methoxyfenozide	2.98	11.77	3.95	2.0	10
Myclobutanil	1.65	5.18	3.14	1.0	5.0

배추 및 파에 대한 건조과정 중 농약의 감소율을 연구하여 과학적으로 산출된 가공계수를 이용한 건조배추 및 건조파에 대한 기준을 제안한 사례이다. 우리나라에서는 2004년부터 현재까지 건조농산물 감소계수 연구를 수행하여 건조고추, 건조당근, 건조 무뿌리, 건조양파, 건조대추, 건조구기자, 건조파, 건조배추 등에 잔류허용기준을 설정하여 운영하고 있으며, 유통 형태가 주로 건조품이면서 농약 성분의 농축 가능성이 있는 식품에 대하여 지속적으로 확대할 예정이다.

## 7. 농약잔류허용기준 선진화를 위한 연구

우리나라의 농약잔류허용기준 정책에 대한 문제점 파악 및 선진화를 위한 기초연구를 우선 수행하였으며, 이를 바탕으로 장기적인 계획 하에 “한국형 농약잔류허용기준 시스템”을 구축하고자 다음과 같이 연구를 수행하였다.

### 7.1. 식품 중 농약잔류기준 체계개선 연구 (2004년)

식품 중 잔류농약의 안전성을 강화하기 위하여

과학적이고 합리적이며 국제적 기준과 조화를 이룰 수 있는 잔류기준 설정체계로 개선하기 위한 방안을 제시하고자 1) 국제기구(Codex Alimentarius Commission) 및 JMPR, 미국, 유럽연합, 일본, 대만 등의 농약잔류허용기준 설정방법에 대한 자료를 수집, 분석 2) 국내 현행 잔류기준 설정원칙, 기준의 적용 및 운영에 대한 문제점 파악 및 개선 대책 제시 3) 수출입식품에 대한 농약잔류허용기준의 적용체계에 대한 타당성을 검토하고 국제적 조화를 이루기 위한 향후 추진방향을 제시 4) 농산물에서 건조 과정이나 가공과정 중 잔류농약 함량의 변화에 따른 감소계수의 필요성과 연구추진 방향을 도출하였다. 본 연구결과를 기초로 하여 향후 잔류허용기준 설정 시 참고자료로 활용하였다.

### 7.2. 잔류농약 재평가 사업(2005년)

식품의약품안전청 설립 이전(1998년 이전)에 설정된 202개 농약성분에 대한 평가를 위하여 현행 기준에 의한 TMDI를 계산한 결과 29개 성분이 ADI의 80%를 초과하였으며, 당시까지 고시된

202개 농약성분에 대하여 포장잔류시험에 근거한 잔류기준을 검토한 결과 89개 성분에 대한 382개 기준을 제안하였다. 기준이 없는 농산물의 경우 적용할 수 있는 식품군별 최저기준을 제안하였다. 국내에서 농약의 감소계수를 효율적으로 축적하기 위해 식품 175개 항목과 농약 263개 성분에 대해 우선순위매김을 수행하였다. 식품의 우선순위는 식품소비량, 모니터링에서의 검출율에 의하여 결정되었으며 농약의 우선순위는 농약사용량, 위해지수, 모니터링에서의 검출건수에 의하여 결정되었다. 잔류농약 재평가 연구결과를 바탕으로 2007년 현재 식약청 설립 이전 기준에 대한 대대적인 개편을 진행중에 있으며, 농약 우선순위를 바탕으로 건조 농산물 농약 감소계수 연구에 활용하고 있다.

### 7.3. 잔류농약 평가시스템 구축(2006년)

우리나라로 농산물을 수출하는 주요 국가의 농약잔류 허용기준을 조사하여 국내 잠정 import tolerance를 제안하고 이를 토대로 수입식품에 대한 농약관리 지침안을 제시하였다. Codex 농약 잔류분과의 활동지원을 위해 필요한 정보를 축적하고 Codex 활동에 즉각적이고 능동적으로 대처해 나갈 수 있는 전문가 working group을 결성하는 한편, 국내에서 우선적으로 준비되어야 할 전문 정보 및 자료를 확보하였다. 일반국민, 생산자, 관련 전문가들의 신속하고 정확한 정보 제공을 위한 잔류농약 웹 사이트를 구축하여 농약잔류허용기준 데이터베이스, 잔류농약 표준품 관리 프로그램 개발 및 네트워크 구축, 농약 시험법, 농약성분 정보 등을 제공하고 있다(<http://rndmoa.kfda.go.kr/residue/index.jsp>).

### 7.4. 잔류농약 평가시스템 구축(2007년)

기 수행된 연구결과를 바탕으로 한국형 농약잔류허용기준 설정 기반을 구축하고 잔류농약 홈페이지의 성능 향상을 위하여 현재 수행 중에 있다. 농약잔류허용기준 설정을 위한 자료 고찰, 조사, 연구를 위한 전문가 풀을 구성, 운영하여 재평가된 농약기준을 개정하기 위한 방안 연구, 우리나라의 실정에 알맞은 선진국형 모델을 개발, 기준 설정 면제농약 목록 제시, 농약 등록 및 기준설정 시기 간격을 줄이기 위한 방안을 마련한다. Codex의 건조 칠리 고추 기준 개정을 위한 자료 제출, 자료 요구시 대응 및 Codex 회의 참석 및 의제 대응을 위한 준비, 잔류농약 표준품, 시험법, 국내 및 국외 농약 정보 등을 위한 잔류농약 웹 사이트 업그레이드 및 운영을 하고 있다.

## Ⅲ. 농약잔류 시험법 관련 연구

식품에 잔류된 농약을 분석하기 위한 방법은 현행 식품공전에 수재되어 있으나, 체계적으로 우리나라 실정에 알맞은 분석법으로 정리되어 있지 못한 현실이다. 우리나라는 식품 중 상당 부분을 수입에 의존하고 있어서 잔류농약에 대한 안전성 확보를 위하여 농약 잔류분석법의 개선이 시급하여 계획을 수립하고 단계적으로 시험법 개선사업을 수행하고 있다. 우선 다중농약 다성분 분석법을 개선하여 스크리닝법으로 하고, 정량방법은 분석자가 재현성 있고 편리하게 수행할 수 있는 방법으로 개선하여 농약의 계통별 다성분법 또는 단성분 분석법으로 농산물에 밸리데이션하여 식품공전에 수재하고 있다.

## 1. 다중농약 다성분 분석법

### 1.1. 식품 중 동시 다성분 분석법 개선 연구 (2004년)

농산물 중에 잔류하는 다중 다성분의 농약을 동시에 분석할 수 있는 식품공전상의 동시 다성분 분석법의 실효성을 검증하고 개선 보완하고자 수행한 연구로 식품공전 83번 방법의 대상 농약의 검출한계(LOD)를 조사하고 감응도에 문제가 있는 농약들을 걸러낸 후 물에 첨가한 농약들의 회수율을 파악하여 문제가 있는 농약들을 선정하였다.

### 1.2. 축산물의 농약잔류시험법 개선 연구 (2005년)

현행 축산물에 대한 잔류농약 시험법을 개선하기 위하여 gel permeation chromatography (GPC)를 사용하는 전처리 방법을 변형, 확대 적용하여 하나의 방법으로 2종의 다성분 동시 분석방법을 개발하였다. 현행 식품공전 축산물 중 농약시험법에 대하여 대상농약 및 분석과정을 전면 재검토한 결과, 분석법의 중첩, 대상성분 설정의 오류, 분석과정의 불합리성을 대상성분의 특성에 따라 개별 분석법을 합리적으로 재분류하였으며 각 분석법을 개선하거나 새로운 분석법으로 개발하였다.

## 2. 계통별 다성분 분석법 및 단성분 분석법

### 2.1. 잔류농약 개별 분석법 개선 사업 (2004년~현재)

식품공전의 농산물 중 개별 분석법의 경우 분석 대상성분에 대한 물리화학적 특성과 각 분석법에 대한 기술적 검토를 통하여 대상성분과 분석법을 재분류하였다. 기존 개별 분석법에 새로운 기술을

도입하고 분석 작업의 간편화 및 신속화를 위한 과정 개선을 수행하되 물리화학적 특성의 유사성에 따른 분석 대상성분의 재분류 등의 작업을 거쳐 개선된 혹은 새로운 분석법을 개발하였다. 각 분석법마다 재확인(confirmation)을 위한 별도의 기기분석법을 추가하였다. 70~110%의 회수율 범위와 10%이내의 분석오차(CV) 한계를 만족하고 검출한계(LOD)는 잔류허용기준의 최소 1/2 또는 0.05 mg/kg 이하로 개발되어 식약청 뿐만 아니라 잔류농약의 연구 및 관리와 연관된 정부 및 연구기관의 표준분석법으로도 충분히 보급 활용될 수 있으며 잔류농약 관련 연구가 활성화되는 효과를 기대할 수 있다.

### 2.2. 인삼의 농약잔류 분석법 개선 사업 (2006년)

인삼 제품(수삼, 건삼, 홍삼, 인삼농축액, 홍삼농축액)은 복잡한 매트릭스를 가지고 있어서 까다로운 분석대상 식품 중의 하나이다. 인삼 제품 중 잔류된 농약을 정확하게 정량하기 위한 방법을 개발하였다. 인삼에 대한 잔류분석법의 경우 수삼 및 인삼가공품에 대한 회수율시험을 2수준 3회 반복으로 수행한 결과, 농산물 중 잔류농약 시험법의 경우 잔류농약분석법 기준인 70~120%의 회수율 범위와 10%이내의 분석오차(CV) 한계를 만족하였다. 확립된 분석법의 실용적 검출한계(LOD)는 잔류허용기준의 최소 1/2 또는 0.05 mg/kg 이하로 개발하였다.

## 3. 농약잔류 분석법 해설서 개발(2007년~)

우리나라에선 현행 식품공전 농약 잔류분석법에 대하여 이해를 돕기 위한 해설서는 거의 전부

한 실정이다. 식품 중 잔류농약 분석에 대하여 국가적인 능력을 향상시키기 위하여 분석법에 대한 기초 지식과 원리위주의 해설서를 개발하여 널리 보급하고자 한다. 2008년부터는 식품공전 농약잔류 분석법 개별에 대한 해설서를 개발하여 잔류농약 분석 전문가 및 일반인들에게 보급·교육하고자 한다.

#### IV. 잔류농약 모니터링 관련 연구

##### 1. 식품 중 잔류농약 모니터링 연구 (1968년~현재)

우리나라에서는 1968년부터 잔류농약 모니터링을 실시하였으며, 해마다 조사대상 농약과 식품을 점차 확대하여 실시하였으며, 현재 식품의약품안전청에서는 계속사업으로 매년 모니터링사업을 실시하고 있고 축적된 자료를 토대로 식품위생정책 및 농약잔류허용기준 제·개정시 과학적 근거 자료로 활용하고 있으며, 농약에 취약한 농산물은 관련기관에 그 결과를 통보하여 농민들의 농약 사용 안전기준 준수를 촉구하고 있다. 본 연구는 지방 식약청에서 공동으로 실시하고 있으며 국민이 섭취하는 식품을 표 9에서와 같이 5개년으로 나누어 매년 전국 15개 지역에서 4회에 걸쳐 안전성 여부를 조사하였다.

표 10. 잔류농약 모니터링 결과

Food	Total samples	No. of pesticide found	% of found	Above MRLs	Violation rate (%)
Cereal grains	344	19	5.5	0	0
Beans	128	0	0	0	0
Nuts and seeds	72	0	0	0	0
Potatoes	112	0	0	0	0
Fruits	712	98	13.8	11	1.5
Vegetables	1,408	150	10.7	43	3.1
Tea leaves	40	0	0	0	0
Total	2,816	267	9.5	54	0.19

표 10은 식품의약품안전청에서 2001년에서 2003년까지 전국적으로 잔류농약 모니터링 한 결과로 대부분 수확에서부터 소비 기간이 짧은 채소류 및 과일류에서 부적합 농산물이 나타나며, 검출빈도 또한 다른 농산물에 비하여 높게 조사되었다. 전체적인 농약 검출률이 9.5%에 부적합한 농산물은 0.19%로 조사되었다. 이 결과는 세척, 박피, 가열 등 전혀 전처리 되지 않은 상태에서 모니터링 한 결과이므로 실제 섭취상태에서는 거의 농약이 잔류되지 않을 것으로 생각된다. 표 11은 국민들이 소비하는 식품의 상태로 세척, 가열, 박피 등의 처리를 한 후 식품 섭취량에 따라 다소비 식품위주로 실제 섭취하는 식품 중에 잔류되어 있는 농약을 조사한 결과, 1000여종의 조사대상 농약성분 중 15종 성분만이 검출되었으며

표 9. 잔류농약 모니터링 계획

Year	Food Commodity
1	쌀, 감자, 대두, 사과, 대추, 포도, 배추, 미나리, 취나물, 냉이, 무우 뿌리, 도라지, 고추, 참외, (새)송이버섯
2	쌀, 보리, 고구마, 팥, 도토리, 배, 복숭아, 딸기, 양배추, 썩갯, 고춧잎, 고사리, 당근, 더덕, 가지, 수박
3	쌀, 밀, 토란, 녹두, 은행, 감, 금귤, 바나나, 무우 잎, 아욱, 파, 토란줄기, 연근, 오이, 토마토, 느타리버섯
4	쌀, 옥수수, 완두, 밤, 밀감, 레몬, 파인애플, 상추, 근대, 양파, 고구마줄기, 우엉, 피망, 호박, 양송이버섯
5	쌀, 조, 메밀, 강낭콩, 동부, 땅콩, 참깨, 오렌지, 자몽, 키위(다래), 시금치, 들깨잎, 마늘, 마늘쫑, 부추, 생강, 표고버섯

표 11. 농약 총식이 섭취량 조사 결과

Pesticide	Pesticide intake ( $\mu\text{g}/\text{person}/\text{day}$ )						ADI per Person ( $\mu\text{g}$ )	% EDI per ADI
	Cereal grains	Potatoes	Beans, nuts and seeds	Vegetables	Fruits	Total		
Aldrin	0.0008	0	0	0	0.0063	0.0071	5.5	0.129
BHC	0.0058	0	0	0	1.2759	1.2817	440	0.291
Chlorpyrifos	0.0189	0	0.0001	0.2846	0.0804	0.384	550	0.07
DDT	0.0031	0	0	0	0	0.0031	11,000	<0.001
Dichlorfluanid	0.0204	0	0	0	0.1262	0.1466	16,500	0.001
Dimethoate	0.0258	0	0.0001	0	0.3902	0.4161	550	0.076
Endosulfan	0.1771	0	0.0001	2.0414	0.0183	2.2389	330	0.678
EPN	0	0	0	0	0.0065	0.0065	126.5	0.005
Etrimphos	0.678	0	0.0006	0	0.3267	1.0533	165	0.609
Fenitrothion	0.0238	0	0	0	2.122	2.1458	275	0.78
Isofenphos	0.1055	0	0	0	0.1694	0.2749	55	0.5
Malathion	0.0101	0	0	0	0	0.0101	1,100	0.001
Metribuzin	0.0002	0	0.0001	0	0.0001	0.0004	687.5	<0.001
Procymidone	0	0	0	0.57	0.0449	0.6149	5,500	0.011
Pendimethalin	0.0003	0	0	0	0	0.0003	2,365	<0.001
Total	1.0698	0	0.003	2.896	4.5669	8.5357	-	-
% ratio	12.53	0	0.04	33.93	53.5	100	-	-

검출량 또한 매우 낮게 조사되어 우리의 식생활에서는 거의 농약을 섭취하지 않으며, 섭취된 농약은 1일 섭취허용량과 비교하였을 때 매우 안전한 수준으로 평가되었다.

## V. 잔류농약 표준품 관련 연구 (2005년~현재)

식품 중에 잔류농약 검사를 하기 위하여 사용하는 표준품의 경우 각 국가검사기관별로 보유하기에는 종류가 많고, 가격이 비싸며, 농약성분별 유효기간이 있어서 관리하기가 어려운 실정이다. 이를 해결함과 동시에 검사기관별 유기적인 네트워크

구축과 유지를 위하여 6개 지방 식품의약품안전청 및 16개 시·도보건환경연구원 등을 대상으로 식품 중 농약 정밀검사에서 사용되는 농약을 포함하여 최근 3년간 부적합 및 검출이력이 높은 농약들을 대상으로 정성용 혼합 표준품 용액을 제조함과 동시에, 정량용 표준품(부적합 및 다빈도 검출 검출농약) 87종을 일괄 구입하여 공급하였다. 그림 1은 잔류농약 표준품과 같이 각 검사기관에서 다성분 분석시 이용될 혼합용액에 대한 크로마토그램이다. 최근 시·도 보건환경연구원 등에서 유통 농산물중 부적합 빈도가 높은 농약성분을 정리한 자료로 각 기관에 보급하여 효율적인 검사에 이용하도록 하였다(그림 2). 아울러 까다롭고 재현하기 어려운 잔류농약 분석법을 동영상

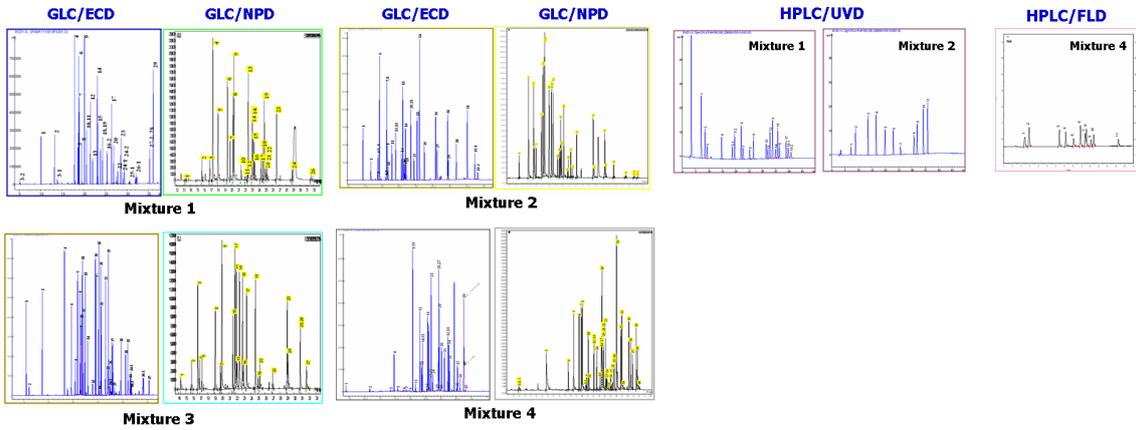


그림 1. 잔류농약 표준품 혼합용액 및 크로마토그램

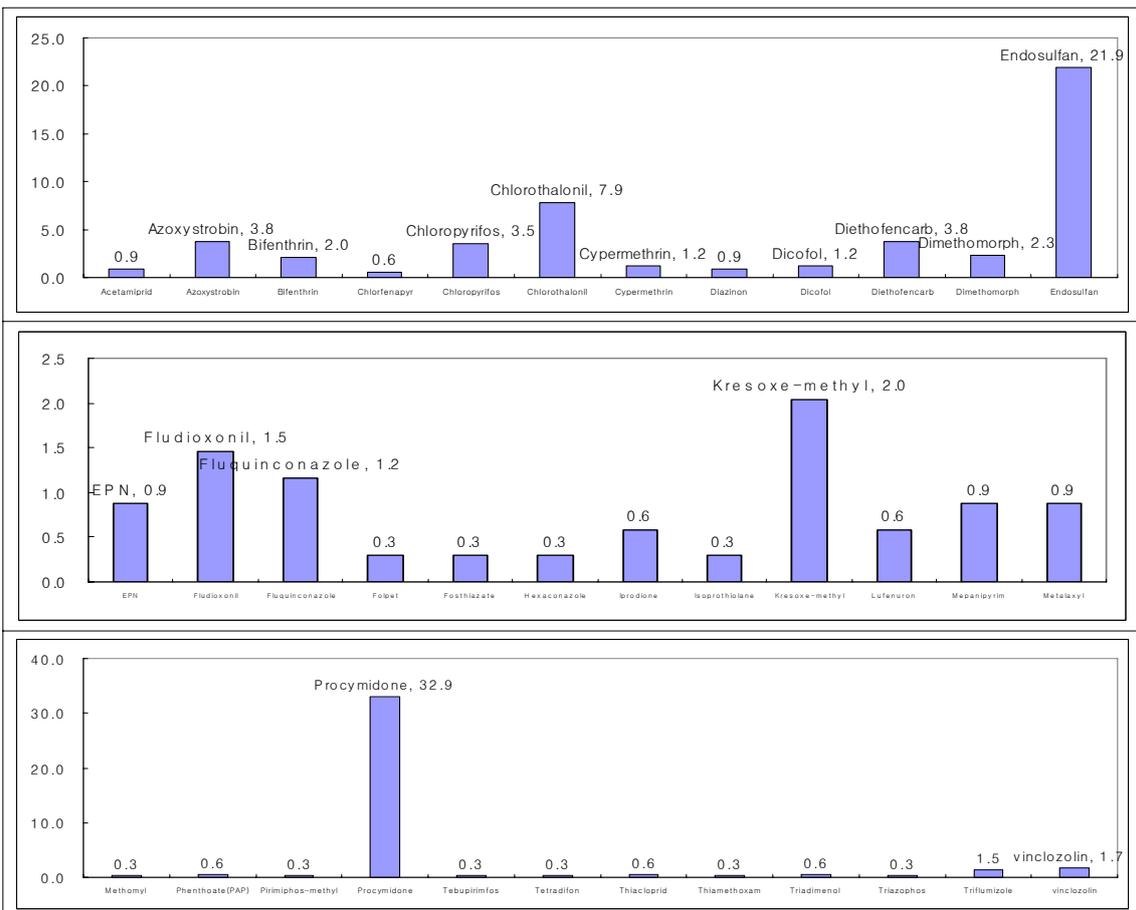


그림 2. 농산물 중 부적합 농약 성분 비율

으로 제작하여 CD의 형태로 정부간행물로 발간한 영상교육물을 국가 검사기관 및 민간 식품위생검사기관, 식품제조업체 등을 대상으로 보급하고 잔류농약 분석에 대한 교육을 실시하였다. 지방식약청, 시도보건환경연구원 등 국가검사기관, 식약청 공인 민간검사기관, 식의약품 제조업체, 연구소 및 학계 등에 잔류농약 분석에 관심 있는 사람들을 대상으로 농약의 이해, 잔류농약 분석법 등에 대하여 전반적인 교육을 실시하였으며, 잔류농약 표준품 보유현황을 데이터 베이스화시켜 홈페이지에

수재하여 관련 기관간의 표준품을 공유할 수 있는 시스템을 개발하였다. 잔류농약 분석자들을 위하여 농약이 처리되지 않은 시료의 각 기기별 크로마토그램을 제작하였으며(그림 3), 2007년도에는 잔류농약 표준품을 용액 상태로 보관시 안정성에 관한 연구를 실시하고, 각 기관에 대하여 필요한 표준품을 맞춤형으로 개발하여 보급하고 있다. 또한 잔류농약 분석교육을 위한 효과적인 콘텐츠를 개발하여 초급 분석자도 쉽게 이해할 수 있도록 할 예정이다.

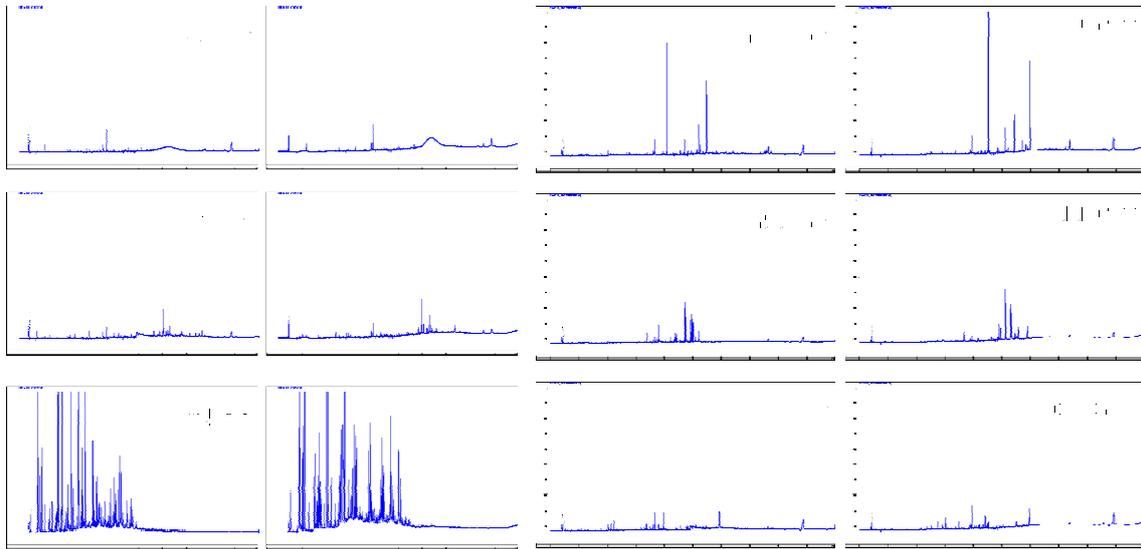


그림 3. 잔류농약 분석 매뉴얼(무처리 시료 크로마토그램)

