

Research Article

Open Access

## 국내 유통 농산물 중 과채류와 근채류의 잔류농약 모니터링 및 위해성 평가

안지운,<sup>1</sup> 전영환,<sup>1</sup> 황정인,<sup>1</sup> 김효영,<sup>1</sup> 김지환,<sup>1</sup> 정덕화,<sup>2</sup> 김장억<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>경북대학교 응용생명과학부, <sup>2</sup>경상대학교 응용생명과학부

### Monitoring of Pesticide Residues and Risk Assessment for Fruit Vegetables and Root Vegetables of Environment-friendly Certified and General Agricultural Products

Ji-Woon Ahn,<sup>1</sup> Young-Hwan Jeon,<sup>1</sup> Jeong-In Hwang,<sup>1</sup> Hyo-Young Kim,<sup>1</sup> Ji-Hwan Kim,<sup>1</sup> Duck-Hwa Chung<sup>2</sup> and Jang-Eok Kim<sup>1\*</sup> (<sup>1</sup>School of Applied Biosciences, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea, <sup>2</sup>Division of Applied Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea)

Received: 13 June 2012 / Accepted: 25 June 2012

© 2012 The Korean Society of Environmental Agriculture

#### Abstract

**BACKGROUND:** This study was conducted to monitor the residue of pesticides and to assess their risk in domestic agricultural products, such as fruit vegetables, tomatoes, oriental melons and root vegetables, garlic, potatoes and onions.

**METHODS AND RESULTS:** 250 samples containing both general and environment-friendly certified agricultural products were collected from traditional markets and supermarkets in 6 cities. 132 pesticides except for herbicides were analysed using the multi-residue methods by GC/ECD, GC/NPD and HPLC/UVD. 17 kinds of pesticides were detected from 42 samples, which were 32 general, 1 organic, 4 pesticide-free and 5 low pesticide agricultural products. Among those, myclobutanil detected in 1 potato and procymidone detected in 10 oriental melons were unregistered pesticides for using in Korea. Fenbuconazole detected in 1 potato and phorate detected in 1 tomato were exceeded over the MRLs established by Korea Food and Drug Administration.

**CONCLUSION:** Based on these results, a risk assessment was conducted using a percentage of acceptable daily intake(%ADI). %ADI ranged from 0.0064% to 4.6035%, and showed these values have no effect on human health.

**Key Words:** ADI, Agricultural product, Monitoring, Pesticide residue

#### 서론

최근 식품안전과 관련된 사건·사고들은 소비자들의 식품에 대한 불안감을 증대시키는 동시에 안전성에 대한 관심과 수요를 높이는 계기가 되었다(Huh and Kim, 2010; Jin and Kuem, 2011). 세계적으로 농산물의 안전성과 건강을 추구하는 웰빙 욕구 추세로 친환경농산물의 생산과 수요가 지속적으로 증가하고 있으며, 소득 수준이 높은 북미, 유럽 및 일본 등의 지역을 중심으로 2000년 이후 매년 20% 이상의 지속적인 성장세를 보이고 있다(Kim and Lee, 2009; 한국농촌경제연구원 연구보고서, 2010). 국립농산물품질관리원의 친환경농산물 인증실적 조사에 따르면, 약 10년 간 친환경 인증 농가 수는 2000년 2,448호에서 2011년 160,628호로 약 64.6배 증가하였고 인증면적은 2000년 2,039ha에서 2011년 172,674ha로 약 83.7배 급증하였으며 생산량은 2000년 35,406톤에서 1,819,228톤으로 약 50.4배 증가하였다. 친환경농산물의 품목은 다양하게 생산되고 있으며 가장 비중이 높은 품목은 곡류와 채소류로써, 2011년 기준 친환경농산물의 시장 유통규모 추정결과 채소류는 9,364억 원으로 전체 유통규모의 28.7%를 차지하는 것으로 나타났다. 이러한 이유는 채소류가 다른 품목에 비해 비교적 친환경 농업재배가 용이하며 안정적인 수요가 가능하기 때문이다(Jin and Keum, 2011).

친환경농산물의 생산 및 유통량이 증가하면서 농산물에 대한 소비자의 신뢰를 제고하기 위해서는 생산부터 소비자에게 이르는 모든 단계에 걸친 철저한 안전성 관리가 필수적이

\*교신저자(Corresponding author),  
Phone: +82-53-950-5720; Fax: +82-53-953-7233;  
E-mail: jekim@knu.ac.kr

다(Hong, 2009). 따라서 국내에서는 1994년부터 친환경 인증 농산물의 사후관리를 위해 농약잔류조사를 실시하였으며, 2009년 이후부터 생산·유통·판매단계로 세분하여 안전성 조사를 실시하고 있다. 그러나 최근까지 진행된 농산물 중 농약잔류량에 대한 모니터링은 등록된 농약의 적절한 사용과 잔류허용기준에 근거한 적합여부의 확인만을 주로 수행하기 때문에 전체적인 식품섭취에 따른 노출량 평가는 고려되지 않는다. 실제 소비자의 농산물 섭취를 통한 잔류농약의 노출 수준이 안전한지에 대한 여부는 인체건강의 안전기준치(health safety limits)를 근거로 한 인체 노출평가를 통해서만 가능하다(Park *et al.*,2010). 인구집단에 대한 해당 농약의 위해 여부를 평가하기 위해서 식품별로 설정된 잔류농약허용기준의 타당성과 함께 잔류농약식이섭취량(Dietary intake of pesticide residue)을 예측하고 이것을 ADI 값과 비교할 필요가 있다(Lee *et al.*,1994). 식이섭취량을 예측하는 방법으로 UNEP/FAO/WHO에서는 모든 시료에 대한 실제 섭취량을 측정하는 것이 가장 정확한 방법이라고 하지만 현실적으로 실행하기 어려운 문제점이 있다(Lee *et al.*,1995). 식이섭취량 총량 조사는 농산물 중 오염물질의 수준이 농업생산 방법, 환경오염의 변화에 따라 달라지기 때문에 계속적으로 수행할 필요가 있으며, ADI와의 비교를 통한 위해도 평가는 농약의 잔류허용량 결정과 안전사용기준 설정을 위한 기초 자료로서 매우 중요하다(Han *et al.*,2003).

따라서 본 연구에서는 시중에 유통되고 있는 친환경농산물과 관행농산물에 대한 농약잔류실태를 파악하기 위하여 국내 유통 농산물 중 과채류와 근채류를 대상으로 조사하고, 결과 자료를 토대로 각 농산물에서 검출된 성분에 대한 섭취량을 추정하여 위해성을 평가하고 소비자에 대한 농약의 안전성과 신뢰성 확보에 도움이 되고자 한다.

**재료 및 방법**

**시료**

전국 6개 도시(서울, 수원, 대전, 광주, 대전, 대구, 부산)의 대형마트, 백화점 3곳 및 재래시장에서 유통 중인 과채류 2

종 토마토와 참외, 근채류 3종 마늘, 감자와 양파를 구입하였다. 관행농산물은 재래시장에서 구입하였고, 대형마트와 백화점에서 관행농산물과 친환경 인증마크가 표시된 농산물(유기농산물, 무농약농산물, 저농약농산물)을 구입하여 총 250점의 시료를 Table 1과 같이 구입하였다. 구입한 시료는 식품공전의 과채류와 근채류 표준조제법에 따라 근채류는 외피제거 후 세절하여 균질화하고, 과채류는 꼭지를 제거한 후 균질화하여 분석 전까지-20℃ 냉동고에 보관하면서 분석용 시료로 사용하였다.

**시약**

Acetone, acetonitrile 및 *n*-hexane은 Burdick & Jackson Inc.(USA)의 농약잔류분석용을 사용하였다. Florisil 및 NH<sub>2</sub> SPE cartridge(1 g, 6 mL)는 Varian Inc.(USA)을 사용하였고, sodium chloride(순도 99.5% 이상)와 sodium sulfate anhydrous(순도 99.0% 이상)는 Junsei Chemical Co.(Japan)의 guaranteed pure급을 사용하였다.

**분석농약**

농약 132종의 표준품은 Dr. Ehrenstorfer GmbH(Augsbug, Germany) 또는 Chem Service(West Chester, PA, USA)의 제품을 사용하였다. 표준원액은 각 성분의 용해도에 따라 acetone과 acetonitrile을 이용하여 1,000 mg/L로 조제하고, 이 표준원액을 희석하여 사용하였다.

**시료의 전처리**

균질화된 시료 50 g에 100 mL acetonitrile을 첨가한 후 homogenizer에서 3분간 고속 마쇄, 추출하여 sodium chloride를 첨가하고 진탕시킨 후 원심분리하였다. 상징액 10 mL를 취하여 40℃의 수욕상에서 감압농축 후 acetone/*n*-hexane(2/8, v/v)로 재용해하여 정제용 시료로 이용하였다. GC 분석용 시료는 florisil SPE cartridge(1 g, 6 mL)에 5 mL의 *n*-hexane으로 흘려보낸 후 5 mL의 acetone/*n*-hexane(2/8, v/v)을 순차적으로 안정화시키고 정제용 시료를 SPE cartridge에 주입한 다음 acetone/*n*-hexane

**Table 1. Collected sample number and detection rate of pesticide residues monitoring in agricultural products**

Agricultural product	Non-certified agricultural products		Environment-friendly certified agricultural products				Total		No. of analysis	No. of detection	Detection rate(%)
	General		Organic	Pesticide-free		Low pesticide					
	No. of analysis	No. of detection	No. of analysis	No. of detection	No. of analysis	No. of detection	No. of analysis	No. of detection			
Garlic	35	0	7	0	2	0	0	0	44	0	0
Onion	36	6	3	0	13	2	0	0	52	8	15.4
Potato	36	4	3	0	10	1	0	0	49	5	10.2
Tomato	36	11	8	1	10	1	3	0	57	13	22.8
Oriental melon	35	12	0	0	0	0	13	4	48	16	33.3
Total	178	33	21	1	35	4	16	4	250	42	16.8

(2/8, v/v)로 용출하여 감압농축하고, 농축 건고된 시료를 acetone에 재용해하였다. HPLC 분석용 시료에 대해서는 상정액 10 mL를 취하여 감압농축 후 5% methanol 함유 methylene chloride로 재용해하였다. NH<sub>2</sub> SPE cartridge (1 g, 6 mL)에 methylene chloride 5 mL를 흘려보낸 후 정제용 시료를 SPE cartridge에 주입한 다음 5% methanol 함유 methylene chloride로 용출하여 감압농축 한 후 acetonitrile에 재용해하였다.

#### 기기분석 조건

GC/ECD는 Shimadzu Q2010(Shimadzu, Japan)을 사용하였고 컬럼은 DB-5[30 m(L.) × 0.25 mm(I.D.) × 0.25 μm(film thickness)]를 사용하였다. Carrier gas는 N<sub>2</sub>, 유속은 60 mL/min로 분석하였다. Injection volume은 1 μL, injector는 split ratio 50:1로 사용하였으며 injector 온도는 250°C, detector 온도는 320°C이었으며, oven 온도는 80°C에서 2분 동안 유지하고 200°C 까지 10°C/min의 속도로 승온시킨 후 220°C까지 2°C/min의 속도로 승온시켜 4분간 유지하고 300°C까지 10°C/min의 속도로 승온시킨 후 4분간 유지하였다.

GC/NPD는 Varian CP-3800(Varian, USA)을 사용하

였다. 컬럼은 DB-5[30 m(L.)×0.25 mm(I.D.)×0.25 μm(film thickness)]를 사용하였고, Carrier gas는 N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> 및 air이고 N<sub>2</sub>의 유속은 3 mL/min, H<sub>2</sub>의 유속은 10 mL/min이며 air의 유속은 60 mL/min로 분석하였다. Injection volume은 1 μL, injector는 splitless로 사용하였으며 온도조건은 GC/ECD와 동일하였다.

HPLC/UVD는 YoungLin 930D(YoungLin, Korea)을 사용하였다. 분석용 컬럼은 C-18[250 mm(L.) × 4.6 mm(I.D.)]을 사용하였다. 유속은 1.0 mL/min이었고 mobile phase는 water와 acetonitrile을 사용하였으며, gradient는 20% acetonitrile에서 80% acetonitrile으로 40분간 농도구배 후 10분간 유지하였다. Injection volume은 20 μL, detector wavelength는 254 nm에서 분석하였다.

정확한 분석을 위하여 대상 132종의 농약을 검출기별로 머무름 시간이 겹치지 않도록 Table 2와 같이 12그룹으로 나누어 사용하였다.

#### 검출농약의 위해성 평가

검출된 농약의 위해성 평가는 Kim 등이 보고한(Kim *et al.*, 2011) 곡류 및 엽채류에서의 위해성 평가와 같은 방법으로 실시하였다.

**Table 2. Pesticide groups for multiresidue analysis in fruit vegetables and root vegetables**

Analytical Instrument	List of pesticide
GC/ECD (Group 1)	Lufenuron, Flufenoxuron, Vinclozolin, Dichlofluanid, Tetraconazole, Tolyfluanid, Procymidone, Kresoxim-methyl, Bifenthrin, Fenamidone, Tetradifon, Acrinathrin, Cypermethrin, Difenconazole, Tralomethirn
GC/ECD (Group 2)	Chlorothalonil, Fthalide, Fipronil, Endosulfan-α, Chlorfluazuron, Flutolanil, Chlorfenapyr, Endosulfan-β, Endosulfan-sulfate, Nuarimol, Fenpropathrin, Fenarimol, Pyridaben, Flucythrinate, Deltamethrin, Fenvalerate
GC/ECD (Group 3)	Tefluthrin, Dicofol, Penconazole, Captan, Folpet, Isoporthiolne, Thifluzamide, Fenoxanil, Iprodione, Cyhalothrin-λ, Cyfluthrin, Indoxacarb, Azoxystrobin
GC/ECD (Group 4)	Triflumuron, Probenazole, Disulfoton, Etrifos, Triadimefon, Paclobutrazole, Ofurace, Zoxamide, Permethrin, Prochloraz, Halfenprox, Pyridaryl, Pyrimidefen
GC/NPD (Group 5)	Metalaxyl, Phosalone, Iprobenfos, Chlorpyrifos-M, Parathion, Triflumizole, Profenofos, Cyproconazole, Tebuconazole, Fenazaquin, Pyraclofos
GC/NPD (Group 6)	Fenthion, Dimethoate, Pirimiphos-methyl, Chlorpyrifos, Myclobutanil, Fludioxonil, Diniconazole, Metconazole
GC/NPD (Group 7)	Ethoprophos, Terbufos, Diazinon, Fosthiazate, Fenothiocarb, Phorate, Mepronil, EPN, Furathiocarb, Fenbuconazole
GC/NPD (Group 8)	Cadusafos, Tolclofos-methyl, Malathion, Cyprodinil, Hexaconazole, Buprofezin, Triazophos, Etoxazole, Azinphos-methyl
GC/NPD (Group 9)	Tebupirimfos, Methidathion, Thizopyr, Phenthoate, Flusilazole, Edifenphos, Tebufenpyrad, Pyrazophos
HPLC/UVD (Group 10)	Carbendazim, Cymoxanil, Pyroquilon, Primicarb, Dimethomorph, Dimethylvinphos, Diflubenzuron, Pyraclostrobin, Fluacrypyrim, Pyriproxyfen
HPLC/UVD (Group 11)	midacloprid, Pyrimethanil, Clothianidin, Forchlorfenuron, Tebufenozide, Boscalid, Chromafenozide, Pencycuron, Trifloxystrobin, Fenpyroximate
HPLC/UVD (Group 12)	Acetamiprid, Thiadoprid, Tricyclazole, Ferimzone, Diethofencarb, Mepanipyrim, Cyazofamid, Teflubenzuron, Imibenconazole

## 결과 및 고찰

### 분석법의 회수율

본 시험 방법에 의해 분석된 농약들은 토마토, 참외, 마늘, 감자 및 양파에서 두 농도 수준에서의 회수율이 70~127%로 나타나 다성분동시분석법으로 사용 가능하였고, 분석오차는 10% 미만이었다. 분석된 농약의 검출한계는 0.02 mg/kg 수준이었다.

### 잔류농약 모니터링 결과

농산물에서 검출된 잔류농약은 식품의약품안전청에서 고시한 농약잔류허용기준에 따라 초과 여부를 평가하였으며 해당 농산물에 잔류허용기준이 설정되어 있지 않은 농약이 검출되었을 경우의 적·부 판정에 대한 잠정기준은 CODEX 기준을 적용하였다(Yang *et al.*, 2006; Kwon *et al.*, 2010).

채취한 시료 250점을 대상으로 잔류농약을 분석한 결과는 Table 3과 같았으며 농약이 검출된 시료는 42점으로 전체 분석 시료의 13.2% 검출률을 차지하였다. 그 중에서 잔류허용기준을 초과하는 시료는 2건으로 0.8% 검출되었으며, 잔류허용기준을 초과한 농산물은 관행농산물 토마토에서 fenbuconazole (MRL 0.5 mg/kg)이 0.67 mg/kg, 관행농산물 감자에서 phorate (MRL 0.2 mg/kg)가 3.2 mg/kg으로 각각 1건씩 허용기준을 초과하였다. 잔류허용기준이 설정되어 있지 않거나 품목고시 되어 있지 않은 농약은 관행농산물 감자에서 myclobutanil과 관행농산물 및 저농약농산물 참외에서 procymidone으로 나타났다.

농약의 검출빈도는 참외에서 33%로 가장 높은 검출률을 나타내었고, 그 다음으로 토마토에서 22.8% 검출되었다. 양파는 15.4%가 검출되었고 마늘에서는 전혀 검출이 되지 않았으며 감자에서 10.2%가 검출되었다. 참외에서는 procymidone, triflumizole, cadusafos, chlorpyrifos로 4종 농약이 검출되었으나, procymidone을 제외한 3종의 농약은 각각의 잔류허용기준 이하로 안전한 수준이었다. 관행농산물 8점과 저농약농산물 2점에서 검출된 procymidone의 경우 참외에 대한 잔류허용기준이 설정되어 있지 않기 때문에 잔류한 농약의 위해성에 대한 우려에 따라 농민들의 안전한 농약 사용 교육이 이루어져야 할 것으로 사료된다. 토마토 시료에서 관행농산물 11점, 유기농산물 1점, 무농약농산물 1점으로 총 13점에서 농약이 검출되었다. 검출된 농약은 procymidone, iprodione, cypermethrin, fenbuconazole, diazinone, ethoprophos, cadusafos, azinphos-methyl으로 8종이며 fenbuconazole을 제외한 7종의 농약은 잔류허용기준 이하로 안전한 수준으로 나타났으나, fenbuconazole의 잔류량은 토마토에 설정된 MRL(0.5 mg/kg)을 초과하는 것으로 나타나 부적합 농산물로 판단되었다. 감자 시료에서는 methidathion, phorate, chlorpyrifos, EPN, myclobutanil이 검출되었다. Myclobutanil의 경우 감자에 대한 잔류허용기준이 설정되어 있지 않기 때문에 부적합한 농산물로 판단된다. 무농약농산물에서 검출된

methidathion 또한 부적절하게 사용된 것으로 보아 농민들에 대한 안전한 농약 사용 교육이 시급한 것으로 판단된다. 마늘에서는 농약이 검출되지 않았으며, 양파에서는 terbufos와 etoxazole이 검출되었으나 모두 잔류허용기준 이하로 나타나 안전한 수준이었다.

농산물 중 검출된 농약은 procymidone 외 16종으로 농약별 검출빈도 현황을 살펴보면 procymidone이 가장 많이 검출되었으며 다음으로 terbufos였다. Procymidone은 딸기, 고추, 오이, 토마토, 포도, 수박, 복숭아 및 부추에 잭빛곰팡이병과 덩굴마름병을 방제하는데 널리 사용되는 디카복시미드계 살균제로 토마토와 참외에서 14회 검출되었다. Han 등(2003)은 대전시 노은 도매시장 채소류의 농약잔류실태 및 식이섭취량 추정 연구에서 오이와 방울토마토에서 procymidone이 검출되었다고 보고하였으며, Lee 등(2005)에서 보고한 남부지역 시설채소 재배 농가의 농약사용실태에서 procymidone이 토마토에서 검출되었으며, Han 등(2003)과 Kim 등(2007)은 procymidone을 국내 유통 농산물의 농약 잔류실태 모니터링에서 다빈도 검출 농약이라 보고하였다. 뿐만 아니라, Noh 등(2010)은 청주지역 유통 농산물 중 잔류농약 모니터링 및 안전성 평가에서 재래시장의 부추와 토마토에서 procymidone이 검출되었다고 보고하였으며, Kim 등(2005)은 광주지역 유통 농산물의 농약잔류실태 조사연구에서 procymidone의 검출빈도가 가장 높았다고 보고하였다. 본 연구에서도 procymidone이 검출빈도가 가장 높은 것으로 보아 여전히 많이 사용되고 있는 약제로 나타났다.

저농약농산물에서 검출된 농약들은 모두 작물에 설정된 농약의 잔류농약허용기준 미만으로 나타나 안전한 수준이었으나 무농약농산물과 유기농산물에서 농약의 검출은 인증관리법규에 위반되는 사항으로 농민의 부적절한 사용에 대한 정부의 관리와 적절한 조치가 필요한 것으로 판단된다. 또한 감자와 참외에서 기준이 설정되어 있지 않은 농약이 검출된 것에 대해서는 재배 중에 기준 미설정 농약이 많이 사용되고 있다는 증거로써, 농산물 중 안전성을 확보하기 위하여 미등록 농약을 사용하지 못하도록 농민과 농약판매상에 대한 교육 및 홍보를 강화하여야 한다. 뿐만 아니라 작물에 대한 병해충 방제를 위하여 다양한 농약의 등록이 시급히 이루어져야 할 것으로 판단된다.

### 잔류농약의 위해성평가

해당 작물에서 검출된 농약에 대한 위해성 평가를 위해 ADI 대비 식이섭취율을 산출하였다(Table 3). 검출된 농약에 대한 위해성은 평균잔류량으로부터 구한 1일 추정식이섭취량(EDI)을 1일 섭취허용량(ADI)으로 나누어 구한 %ADI 값으로 평가하였다. 평균 잔류량은 미국 EPA의 위해성 평가 방법에 따라 검출한계 이하인 시료 수에 검출한계의 절반을 곱한 값을 시료의 평균 잔류량에 합한 후 전체 시료 수로 나누어 구하였다.

Table 3. Risk assessment of pesticides detected from commercial agricultural products

Commodity	Detected pesticide	No. of detected sample	Detection range (mg/kg)	Daily food intake (g)	Average conc. <sup>a)</sup> (mg/kg)	MRL (mg/kg)	EDI <sup>b)</sup> (mg/kg/day)	ADI <sup>c)</sup> (mg/kg/day)	%ADI <sup>d)</sup>
Onion	Terbufos	7	≤0.02	17.05	0.0113	0.05	0.00019	0.0330	0.58383
	Etoazole	1	≤0.02	17.05	0.0102	0.1	0.00017	2.2000	0.00791
Potato	Methidathion	1	≤0.02	23.6	0.0104	0.02	0.00025	0.0550	0.44625
	Phorate	1	3.2	23.6	0.0751	0.2	0.00177	0.0385	4.60353
	Chlorpyrifos	1	≤0.02	23.6	0.0104	0.05	0.00025	0.5500	0.04463
	EPN	1	≤0.02	23.6	0.0104	0.1	0.00025	1.1000	0.02231
	Myclobutanil	1	≤0.02	23.6	0.0104	- <sup>E)</sup>	0.00025	1.6500	0.01488
	Procymidone	10	0.16~1.97	11.3	0.1726	-	0.00195	5.5000	0.03546
Oriental melon	Triflumizole	1	0.8	11.3	0.0265	2.0	0.00030	1.0175	0.02943
	Cadusafos	2	≤0.02	11.3	0.0104	0.01	0.00012	0.0165	0.71224
	Chlorpyrifos	3	≤0.02	11.3	0.0106	0.5	0.00012	0.5500	0.02178
Tomato	Procymidone	4	0.07~0.82	11.7	0.0305	5.0	0.00036	5.5000	0.00649
	Iprodione	1	2.28	11.7	0.0498	5.0	0.00058	3.3000	0.01766
	Cypermethrin	1	0.30	11.7	0.0151	0.5	0.00018	2.7500	0.00642
	Fenbuconazole	2	0.43~0.67	11.7	0.0289	0.5	0.00034	1.6500	0.02049
	Diazinon	1	≤0.02	11.7	0.0102	0.3	0.00012	0.1100	0.10849
	Ethoprophos	3	≤0.02	11.7	0.0105	0.02	0.00012	0.0220	0.55841
	Cadusafos	1	≤0.02	11.7	0.0102	0.05	0.00012	0.0165	0.72327
	Azinphos-methyl	1	≤0.02	11.7	0.0102	0.3	0.00012	0.2750	0.04340

a)  $\{(\text{Number of sample below LOD} \times 1/2 \text{ LOD}) + \Sigma(\text{detected concentration})\} / \text{number of total sample}$ .

b)  $\text{Average concentration}(\text{mg/kg}) \times \text{daily food intake}(\text{kg/kg bw/day})$ .

c)  $\text{ADI}(\text{mg/kg bw/day}) \times 55 \text{ kg}(\text{average body weight of Korean adults})$ .

d)  $(\text{EDI}/\text{ADI}) \times 100$ .

e) Not established MRL.

검출된 농약이 잔류하는 해당 농산물의 섭취로 인체에 유입될 1일 추정섭취량의 %ADI를 살펴보면 양파에서 검출된 terbufos가 0.5838%, etoazole이 0.0079%로 나타났다. 이 두 성분의 검출농도는 높게 나타나지 않았지만 terbufos의 ADI가 낮게 설정되어 %ADI가 높게 나타났다. 감자의 1일 식이섭취량은 23.6 kg/day로써 %ADI 값은 methidathion 0.4463%, phorate 4.6035%, chlorpyrifos 0.0446%, EPN 0.0223%, myclobutanil 0.0149%로 phorate가 가장 높은 %ADI 값을 보였다. 이는 검출농도가 높고 phorate의 ADI가 0.0385 mg/kg/day로 다른 성분보다 낮았기 때문으로 사료된다. 이를 제외한 검출된 다른 성분들은 매우 낮은 %ADI 값을 보였고, 감자의 섭취에 의한 위해성은 낮은 것으로 판단되었다. 양파의 %ADI 값은 procymidone 0.0355%, triflumizole 0.0294%, cadusafos 0.7122%, chlorpyrifos 0.0218%로 낮은 수준을 보여 양파의 섭취에 의한 위해성은 적을 것으로 판단된다. 양파의 %ADI가 가장 높게 나타난 cadusafos는 검출농도가 높게 나타나지 않았지만 ADI가 0.0165 mg/kg/day로 낮게 설정되어 %ADI가 높게 나타났다. 1개의 토마토 시료에서 부적합 농산물이 생산되었음에도

불구하고, 토마토의 위해성 지수인 %ADI 값은 procymidone 0.0065%, iprodione 0.0177%, cypermethrin 0.0064%, fenbuconazole 0.0205%, diazinon 0.1085%, ethoprophos 0.5584%, cadusafos 0.7233%, azinphos-methyl 0.0434%으로 나타나 토마토를 섭취함에 따른 위해성은 낮은 것으로 판단되었다. 1개의 토마토 시료에서 농약잔류허용기준치를 초과하여 부적합 농산물로 판단되었음에도 불구하고 토마토의 섭취에 의한 위해성은 낮은 것으로 나타나 생산, 유통되고 있는 토마토의 안전성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

## 요 약

전국 6개 도시에서 유통되고 있는 농산물 중 과채류인 토마토와 참외, 근채류인 마늘, 감자 및 양파에 대한 농약잔류실태와 위해성을 평가하였다. 수집된 250점의 시료는 GC/ECD, GC/NPD 및 HPLC/UVD을 이용한 다성분 동시분석법으로 잔류농약을 분석하였다. 분석 결과 42점 시료에서 17종의 농약이 검출되었으며, 관행농산물 32점, 유기농산물 1점, 무농약농산물 4점, 저농약농산물 5점에서 검출되었다. 1점의 관

행농산물 감자에서 검출된 myclobutanil, 8점의 관행농산물 및 2점의 저농약농산물 참외에서 검출된 procymidone은 작물에 대한 농약 잔류허용기준이 설정되어 있지 않은 농약이었으며, 관행농산물 감자에서 검출된 fenbuconazole 1점과 관행농산물 토마토에서 검출된 phorate 1점의 검출량은 잔류허용기준치를 초과하여 부적합 농산물로 분류되었다. 검출된 농약과 그 검출량을 토대로 농약의 1일 섭취허용량을 산출하여 식품을 통해 매일 섭취되는 농약이 인간에게 미치는 위해도를 평가한 결과 ADI 대비 최저 0.0064%에서 최고 4.6035%로 낮은 %ADI 값을 보였고 5종의 농산물 섭취에 의한 위해성은 낮은 것으로 판단되었다.

### 감사의 글

This work was carried out with the support of "Cooperative Research Program for Agriculture Science & Technology Development (Project No. PJ007392201006)" Rural Development Administration, Republic of Korea.

### 참고문헌

- Han, K.T., Lee, K.S., Lee, E.K., Lee, Y.J., Ko, K.Y., Won, D.J., Lee, J.W., Kwon, S.D., 2003. Pesticide residue survey and estimate intake amount of vegetables in Noeun wholesale market, Deajeon, *Korean J. Environ. Agri.* 22(3), 210-214.
- Hong, S.J., 2009. Introduction and management strategies of traceability system for environmentally friendly agricultural products in wholesale market, *CNU. Jour. Agri. Sci.* 36(2), 245-260.
- Huh, E.J., Kim, J.W., 2010. Consumer knowledge and attitude to spending on environment-friendly agricultural products, *Korean J. Human Ecology.* 19(5), 883-896.
- Jin, H.J., Keum, S.H., 2011. The effects of price on consumers' purchasing behavior for eco-friendly foods, *Korean J. Marketing Research.* 16(3), 105-133.
- Kim, C.S., Lee, S.H., 2009. The comparison analysis between consumers and dealers willingness to purchase environmentally friendly agricultural products, *Korean J. Organic Agriculture.* 17(3), 291-306.
- Kim, H.Y., Jeon, Y.H., Hwang, J.I., Kim, J.H., Ahn, J.W., Chung, D.H., Kim, J.E., 2011. Monitoring of pesticide residues and risk assessment for cereals and leafy vegetables of certificated and general agricultural products, *Korean J. Environ. Agri.* 30(4), 440-445.
- Kim, H.Y., Yoon, S.H., Park, H.J., Lee, J.H., Gwak, I.S., Moon, H.S., Song, M.H., Jang, Y.M., Lee, M.S., Park, J.S., Lee K.h., 2007. Monitoring of residual pesticide on commercial agricultural products in Korea, *Korean J. Food Sci. Technol.* 39(3), 237-245.
- Kim, J.P., Kwang, G.R., Yang, Y.S., Lee, H.H., Jeong, J.G., Kim, E.S., 2005. A survey on pesticide residues of commercial agricultural products in Gwangju area, *Korean J. Food Sci. Technol.* 20(3), 165-174.
- Kwon, S.M., Park, E.H., Kang, J.M., Jo, H.C., Jin, S.H., Yu, P.J., Ryu, B.S., Jeong, G.H., 2010. Pesticide residues survey on agricultural products before auction at whole market in Busan area during 2006-2008, *Korean J. Pestic. Sci.* 14(2), 86-94.
- Lee, S.R., Lee, M.G., 1994. Estimation of the dietary intake of organophosphorus pesticide by the Korean population in 1998-1990, *Korean J. Environ. Agric.* 13(1), 66-75.
- Lee, S.R., Lee, M.G., Kim, N.H., 1995. Computation of theoretical maximum daily intake and safety index of pesticides by Korean population, *Korean J. Food. Sci. Technol.* 27(4), 618-624.
- Lee, M.G., Hwang, J.M., Lee, S.R., 2005. The usage status of pesticides for vegetables under greenhouse cultivation in the southern area of Korea, *Korean J. Pestic. Sci.* 9(4), 391-400.
- Noh, H.H., Kang, K.W., Park, Y.S., Park, H.k., Lee, K.H., Lee, J.Y., Yeop, K.W., Lee, E.Y., Jin, Y.D., Kyung, K.S., 2010. Monitoring and risk assessment of pesticide residues in agricultural products collected from wholesale and traditional markets in Cheongju, *Korean J. Pestic. Sci.* 14(1), 1-9.
- Park, B.J., Son, K.A., Paik, M.K., Kim, J.B., Hong, S.M., Im, G.J., Hong, M.K., 2010. Monitoring of neonicotinoid pesticide residue in fruit vegetable and human exposure assessment, *Korean J. Pestic. Sci.* 14(2), 104-109.
- Yang, Y.S., Seo, J.M., Kim, J.P., Oh, M.S., Chung, J.K., Kim, E.S., 2006. A survey on pesticide residues of imported agricultural products circulated in Gwangju, *Korean J. Food. Sci. Technol.* 21(2), 52-59.