농약과학회지 제16권 제1호 (2012)
Vol. 16, No. 1, pp. 43~53 http://dx.doi.org/10.7585/kjps.2012.16.1.043

Online ISSN 2287-2051
Print ISSN 1226-6183

ORIGINAL ARTICLE / RESIDUE and SAFETY

Open Access

유통 친환경 엽채류와 엽경채류 중 잔류농약 실태조사 및 안전성 평가

이재윤 · 노현호 · 이광헌 · 박소현 · 경기성*

충북대학교 농업생명환경대학 환경생명화학과

(Received on March 5, 2012. Revised on March 15, 2012. Accepted on March 22, 2012)

Monitoring of Pesticide Residues in Commercial Environment-friendly Stalk and Stem Vegetables and Leafy Vegetables and Risk Assessment

Jae Yun Lee, Hyun Ho Noh, Kwang Hun Lee, So Hyun Park and Kee Sung Kyung*

Department of Environmental and Biological Chemistry, College of Agriculture, Life and Environmental Sciences, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

Abstract

In order to monitor the levels of pesticides in environment-friendly stalk and stem vegetables and leafy vegetables selling at markets in Korea. A total of 637 (395 organic agricultural products, 242 pesticide-free agricultural products) samples of 21 stalk and stem vegetables and leafy vegetables were collected twice from markets in July and August 2010 in Korea. Pesticide residues in samples were analyzed by multiresidue method for 240 pesticides using GC-ECD/NPD and HPLC-DAD/FLD. The suspected-pesticides were confirmed with a GC-MSD. As a result of analysis, six pesticides were detected from eight samples, representing a detection rate of 1.3% and amounts of pesticide residues in samples were as follows: alachlor 0.043, chlorfenapyr 0.022-0.324, diazinon 0.024, dicofol 0.009-0.138, dithiopyr 0.008, metolachlor 0.025 mg/kg. Their residue levels were below the MRLs. Estimated daily intakes (EDIs) of the pesticides detected from stalk and stem vegetables and leafy vegetables were less than 25% of their acceptable daily intakes (ADIs), representing that residue levels of the pesticides detected were evaluated as safe for consumption. However, five samples containing pesticide residues were unsuitable environment-friendly products because of pesticides detected more than their 10% MRLs in organic and pesticide-free agricultural products.

Key words environment-friendly agricultural products, monitoring, residual pesticide, acceptable daily intake

서 론

현대 농업은 화학비료와 유기합성농약의 사용으로 농산물 대량 생산과 안정적인 농산물 공급이 가능해졌고, 노동력 절감으로 인해 농촌의 일손부족문제를 일정부분 해소하였다. 하지만 자연생태계 파괴를 포함한 환경오염, 저항성 병해충 출현 및 농산물의 잔류농약에 따른 체내 축적 등과 같은 문제를 야기하였다(김 등, 2010; 노, 2011). 이러한 문제가 지속됨에 따라 OECD 회원국에서는 화학비료나 유기합성농약 등의 사용량을 줄이고 지속가능한 농업(sustainable agriculture)을 실현하기위해 친환경농업 정책을 적극적으로 추진하고 있다(남, 2011). 우리나라의 경우 1970년대 중반 민간차원의 유기농업을 시작으로 1997년 환경농업육성법 제정을 통해 본격적인 유기농업 및 친환경농업이 시작되었고, 현재 친환경농업육성 중장기 계획을 통해 친환경농업을 장려하고 있다. 국립농산물품질관리원에서는 2001년 7월 개정된 친환경

*Corresponding author: Tel. +82-43-261-2562
Fax. +82-43-271-5921, E-mail. kskyung@chungbuk.ac.kr

농업육성법을 근거로 친환경농산물의 인증, 관리 및 규제를 하고 있으며, 2012년 현재 국립농산물품질관리원과 34개 민간인증기관에서 친환경농산물의 인증을 시행하고 있다(국립농산물품질관리원, 2012; 친환경농산물인증기관협회, 2012).

과거 1960년대 이전에는 굶주림을 해결하기 위한 수단으로써 농산물을 이용하였지만, 점차 생활수준이 개선됨에 따라 1980년대 농산물의 안전성을 인식하기 시작하였고 2000년대 들어서는 건강한 삶을 위해 고품질의 농산물을 찾는 소비자가 늘어나게 되었다(친환경농산물인증기관협회, 2012). 또한 친환경농업을 장려하는 정부 정책과 함께 광우병 파동, 조류독감 및 농산물 중 잔류농약 등의 식품안전성 사고가 발생하면서 친환경인증 농산물에 대한 수요가 증가하였다(성 등, 2008). 한국소비자원(2006)의 보고에 따르면 소비자의 친환경인증 농산물 구매요인 중 58% 이상이 안전성 때문이라고 하였다. 김 등(2010)은 2000년 친환경인증 농산물 재배면적은 국내 전체 경지면적의 0.11%였지만, 지속적인 수요의 증가로 인해 2009년에는 11.6%로 확대되었으며, 2009년 약 3조 4천억 원을 기록한 친환경인증 농산물 시장규모가 2020년에는 약 6조 6천억 원으로 전체 농산물시장 거래규모의 약 20%에 달할 것으로 예상된다고 보고하였다.

이처럼 전 세계적으로 친환경농업의 주목과 소비자의 농식품 안전성에 대한 관심이 커지면서 친환경농산물 시장 규모는 지속적으로 증가하고 있지만 이에 대한 소비자의 신뢰도는 높지 않은 실정이다. 농촌경제연구원의 보고에 따르면 친환경인증 농산물의 안전성에 대한 소비자의 신뢰도는 5점 척도를 이용한 평가에서 3.30으로 보통보다 약간 높은 수준이었으나 소비자는 친환경인증 농산물의 잔류농약 및 중금속 검출 등 안전성 문제에 민감하게 반응하는 것으로 나타났다(김 등, 2008).

소비자의 잔류농약에 대한 불안감을 해소하기 위하여 정부기관 및 관련 민간기관에서는 안전성검사를 통해 친환경인증 농산물의 안전성을 확보하여 소비자의 신뢰도를 높이고, 친환경인증 농산물 시장의 활성화를 위해 적극적인 사후관리와 소비자 의견 수렴 등의 노력을 기울이고 있다. 국립농산물품질관리원에서는 생산단계 및 유통, 판매 단계 농산물에 대해 잔류 농약 검사, 중금속 검사 등의 사후관리를 지속적으로 수행하고 있으며, 안전성검사기관 지정제도를 운영하여 안전성검사를 강화하고 있다(친환경농산물인증기관협회, 2012). 또한 사후관리를 통해 규정을 위반한 경우 인증취소 및 고발 등의 행정처분과 지속적인 농산물 중 잔류농약 모니터링을 수행하여 정책에 반영함으로써 친환경인증 농산물의 안전성을 확보하기 위해 노력하고 있다. 실제 국립농산물품질관리원 2009년 안전성조사 결과 친환경농산물 13,252건 중 43건이 부적합 농산물로 부적합률은 0.3%로 나타났다(국립농산물품질관리원, 2010). 이처럼 친환경인증 농산물에 대한 지속적인 사후관리로 부적합 농산물을 적발하고 그 결과를 공개하고 있지만 관행농산물에 비해 친환경인증 농산물에 대한 잔류농약 모니터링의 비율이 매우 낮고 연구기관도 한정적이므로 친환경인증 농산물에 대한 지속적인 잔류농약 분석 등의 안전성 검사가 필요한 실정이다.

따라서 본 연구는 서울을 비롯한 전국 8개 도시(서울 2지역)에 유통 중인 친환경인증 엽채류와 엽경채류 중 잔류농약 모니터링을 실시하고 검출농약에 대한 안전성 평가를 통하여 소비자의 불안감 해소 및 친환경인증 농산물의 안전성을 확보하기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

대상 농산물 및 시료 채취

대상 농산물은 대형마트와 친환경농산물 전문 판매점에서 판매중인 상추 등 엽채류와 엽경채류 21종이었으며, 그 중 유기농산물은 395점, 무농약 농산물 242점이었다. 시료는 서울을 포함한 전국 8개 지역에서 2010년 7월과 8월 2회 채취하였으며, 서울은 대형마트와 소매점 각각 2개소씩 채취하였고 그 외 지역은 각각 1개소씩 채취하였다. 또한 시료는 일정한 품목을 정하지 않고 현장에서 판매되고 있는 모든 친환경농산물을 채취하였으며, 총 시료 수는 637점이었다. 시료채취 지역 및 시료 수는 Table 1에 제시하였다.

분석대상 농약 및 시약

분석대상 농약은 노 등(2011)의 방법에 따라 가스크로마토그래프(gas chromatograph, GC)와 고성능액체크로마토그래프(high performance liquid chromatograph, HPLC)로 다성분동시분석이 가능한 살충제 120종, 살균제 77종 및 제초제 43종 등 총 240종 농약을 대상으로 하였다. 잔류농약 분석에 사용한 acetonitrile, acetone, dichloromethane, *n*-hexane은 SK chemical사(한국)의 GR급을 사용하였으며, 표준용액조제 및 HPLC 이동상으로 사용한 acetone, acetonitrile, *n*-hexane, 증류수는 Burdick & Jackson사(미국)의 chromatography급을 사용하였다. 또한, 정제에 사용된 Florisil SPE cartridge (1,000 mg, 6 mL)와 NH_2 SPE cartridge(1,000 mg, 6 mL)는 Phenomenex사(미국)의 제품을 사용하였다.

Table 1. The number of samples collected for the monitoring of pesticide resides in environment-friendly stalk and stem vegetables and leafy vegetables from markets in Korea

Agricultural product	Seoul (Songpa)	Seoul (Nowon)	Daejoun	Daegu	Busan	Gwangju	Jeonju	Cheongju	Wonju	No. of sample
Broccoli	4	4	4	4	4	4	4	4	3	35
Cabbage	4	4	4	4	4	4	4	4	4	36
Celery	3	2	2	2	1	2	2	2	1	17
Chard	3	3	3	3	4	2	2	2	2	24
Chicory	4	4	4	4	4	4	4	4	4	36
Chinese cabbage	3	4	3	3	4	4	4	2	3	30
Chinese vegetable	4	4	3	3	4	4	4	4	4	34
Crown daisy	4	4	3	3	3	4	4	4	3	32
Kale	3	2	3	3	3	3	3	3	1	24
Korean cabbage	4	4	4	4	3	4	4	4	4	35
Leek	3	4	4	4	4	4	4	4	4	35
Lettuce head	4	4	4	4	4	4	4	4	3	35
Lettuce leaves	4	4	4	4	3	4	4	4	3	34
Marsh mallow	4	4	3	3	3	4	4	2	3	30
Shinsuncho	3	4	3	4	4	4	4	4	4	34
Spinach	2	2	2	2	2	3	3	3	2	21
Perilla leaves	4	4	4	4	4	4	4	4	4	36
Red chard	1	1	2	1	2	2	2	3	0	14
Water dropwort	4	4	4	4	4	4	3	3	4	34
Welsh onion	4	4	4	4	4	4	4	4	4	36
Young radish	3	4	2	2	2	3	4	2	3	25
Total	72	74	69	69	70	75	75	70	63	637

혼합표준용액 조제 및 대상농약의 그룹화

GC 분석용 혼합표준용액은 표준품을 acetone 또는 *n*-hexane에 녹여 1,000 mg/kg의 stock solution을 제조하고 혼합하여 혼합표준용액을 제조하였으며, HPLC 분석용 혼합표준용액은 acetonitrile 또는 methanol에 표준품을 녹여 GC 분석용 표준용액과 동일한 방법으로 제조하였다. 분석대상 농약은 노 등(2011)의 방법에 따라 각각의 이화학적 특성을 고려하여 분석기기 및 검출기를 선정하고, 모든 시험농약을 개별분석 한 후 피크(peak)의 머무름 시간(retention time)이 겹치지 않도록 그룹화 하였다.

GC 분석용 시료 조제

마쇄한 시료 50 g을 200 mL polyethylene bottle에 넣고 100 mL의 acetonitrile을 첨가한 후 Ultra-Turrax(T25 basic, IKA, 독일)를 이용하여 3분간 blending하였다. 균질화한 시료에 NaCl 20 g을 첨가한 뒤 다시 blending하고, 원심분리기를 이용하여 3,000 rpm으로 3분간 원심분리하였으며, 원심분리한 시료의 상징액 10 mL를 test tube에 취하여 질소미세농축기를 이용하여 농축하였다. 농축한 시료를 5 mL의 *n*-hexane:acetone(80:20, v/v) 혼합용매로 재용해한 후, 5 mL의 *n*-hexane:acetone(80:20, v/v)으로 conditioning한 SPE cartridge(Florisil, 1,000 mg)에 2 mL을 가하여 흘려버리고, 5 mL의 *n*-hexane:acetone(80:20, v/v)로 농약을 용출하였다. 용출액은 질소미세농축기를 이용하여 농축시키고, *n*-hexane:acetone (80:20, v/v) 2 mL에 재용해하여 Table 2의 방법으로 기기분석하였으며, 분석결과 농약으로 의심되는 peak이 검출될 경우 Table 3의 방법으로 GC-MSD를 이용하여 재확인하였다.

HPLC 분석용 시료 조제

마쇄한 시료 50 g을 200 mL polyethylene bottle에 넣고 100 mL의 acetonitrile을 첨가한 후 Ultra-Turrax(T25 basic,

IKA, 독일)를 이용하여 3분간 blending하였다. 균질화한 시료에 NaCl 20 g을 첨가한 뒤 다시 blending하고, 원심분리기를 이용하여 3,000 rpm으로 3분간 원심분리하였으며, 원심분리한 시료의 상징액 10 mL를 test tube에 취하여 질소미세농축기를 이용하여 농축하였다. 농축한 시료를 2 mL의 methanol: dichloromethane(5:95, v/v) 혼합용매로 재용해한 후, 5 mL의 dichloromethane으로 conditioning한 SPE cartridge(NH_2, 1000 mg)에 1 mL을 가하여 흘려버리고, 5 mL의 methanol: dichloromethane(5:95, v/v)으로 농약을 용출하였다. 용출액은 질소미세농축기를 이용하여 농축하였으며, 2 mL의 acetonitrile에 재용해하여 Table 4과 5의 방법으로 기기분석하였다.

Table 2. GC-ECD/NPD conditions for the analysis of pesticide residues in environment-friendly stalk and stem vegetables and leafy vegetables

Instrument	Gas chromatograph, Agilent 7890 Network, agilent, U.S.A		
Detector	Electron capture detector(ECD), nitrogen-phosphorus detector(NPD)		
Column	DB-5 (30 m L. × 0.25 mm I.D., 0.25 μm film thickness)		
Temperature	Oven		
	Calescence (℃/min)	Temperature (℃)	Hold time (min)
		80	2
	10	200	2
	2	220	4
	10	300	4
	Injector: 250℃, Detector: 310℃		
Flow rate	Carrier (N_2) : 1 mL/min for ECD and NPD Hydrogen (H_2) : 3 mL/min for NPD Air : 60 mL/min for NPD Make-up (N_2) : 60 mL/min for ECD and 5 mL/min for NPD		
Split ratio	60:1 for GC-ECD and splitless for GC-NPD		
Injection volume	1 μL		

Table 3. GC-MSD conditions for the analysis of pesticide residues in environment-friendly stalk and stem vegetables and leafy vegetables

Instrument	Gas chromatograph, Agilent 6890 Network, agilent, U.S.A		
Detector	Mass selective detector (MSD)		
Column	DB-5MS (30 m L. × 0.25 mm I.D., 0.25 μm film thickness)		
Temperature	Oven		
	Calescence (℃/min)	Temperature (℃)	Hold time (min)
		80	2
	10	200	2
	2	220	4
	10	300	4
	Injector : 250℃ Source : 230℃ Quad : 150℃ Interface : 280℃		
Flow rate	Carrier gas (He) 1 mL/min		
Solvent delay time	4 min		
Split mode	Splitless		
Injection volume	1 μL		

부적합 농산물 판정

유기 및 무농약농산물은 농약이 검출될 경우 해당 농산물 잔류허용기준(maximum residue limit, MRL)의 1/20을 초과하면 부적합 농산물로 판정하였으며, 저농약 농산물은 해당 농산물 잔류허용기준의 1/2을 초과했을 경우 부적합 농산물로 판정하였다(친환경농업육성법, 2011). 검출된 농약이 해당 농산물에 잔류허용기준이 설정되지 않은 경우 다음의 순서로 판정하였다(식품의약품안전청, 2011).

① 당해 농산물에 대한 Codex 기준

② 식품공전 별표 4 농산물의 농약 잔류허용기준의 그 농약 기준 중 당해농산물과 제 1, 3, 1) 식물성 원료의 분류에서 정한 동일 대분류군(단, 견과종실류, 과실류 및 채소류에 한해서는 소분류를 우선 적용)에 속한 농산물의 최저기준

Table 4. HPLC-DAD conditions for the analysis of pesticide residues in environment-friendly stalk and stem vegetables and leafy vegetables

Instrument	1200 Series High Performance Liquid Chromatograph, Agilent, U.S.A
Detector	Diode array detector (DAD)
Column	CAPCELL PAK C18 (4.6 mm I.D. x 150 mm L., 5 μm)
Wavelength	254 nm (group 1,2) 230nm (group 3)
Mobile phase	Gradient (A : acetonitrile, B : water)

Time (min)	A (%)	B (%)	Flow rate (mL/min)
0	15	85	1
10	60	40	1
25	80	20	1
26	85	15	1.5
28	85	15	1
30	90	10	1
35	100	0	1
40	100	0	1
41	15	85	1
45	15	85	1

Injection volume	10 μL

Table 5. HPLC-FLD conditions for the analysis of pesticide residues in environment-friendly stalk and stem vegetables and leafy vegetables

Instrument	1200 Series High Performance Liquid Chromatograph, Agilent, U.S.A
Post reactor	VECTOR PCX, Pickering laboratories
Detector	Fluorescence detector (Ex. : 340 nm, Em. : 455 nm)
Column	CAPCELL PAK C18 (4.6 mm I.D. x 150 mm L., 5 μm)
Reactor Temp	100°C
Post reactor pump	Pump 1 : Hydrolysis regent (0.3 mL/min) Pump 2 : O-Phthalaldehyde (0.3 mL/min)
Mobile phase	Gradient (A : acetonitrile, B : water)

Time (min)	A (%)	B (%)	Flow rate (mL/min)
0	20	80	1.0
2	20	80	1.0
25	70	30	1.0
30	20	80	1.0

Injection volume	10 μL

③ 식품공전 별표 4 농산물의 농약잔류허용기준의 그 농약 기준 중 최저기준

안전성 평가

농약이 검출된 농산물을 섭취할 경우를 대비하여 안전성 평가를 실시하였으며, 검출농약을 대상으로 아래와 같은 식을 이용하여 해당농약의 일일섭취추정량(estimate daily intake, EDI)을 산출하고 일일섭취허용량(acceptable daily intake, ADI) 대비 일일섭취추정량과 최대섭취허용량(maximum permissible intake, MPI) 대비 일일섭취추정량을 산출하였다. 일일섭취추정량 산출에 필요한 일일식품섭취량은 농산물 중 중금속 실태조사 연구 보고서(식품의약품안전청, 2005)를 이용하였고, 최대섭취허용량 산출에 필요한 국민평균체중은 55 kg을 사용하였다(식품의약품안전청, 2004).

EDI = 평균잔류량(mg/kg) × 일일식품섭취량(g/day)/1,000

MPI = ADI × 55(kg)

%ADI = (EDI/ADI) × 100

%MPI = (EDI/MPI) × 100

결과 및 고찰

검출농약의 표준검량선

잔류농약 분석결과 검출된 농약의 잔류량을 정량하기 위해 해당농약의 표준용액을 개별 분석하여 표준 검량선을 작성하였으며, Fig. 1와 같이 표준용액의 검량선의 직선성은 양호하였다.

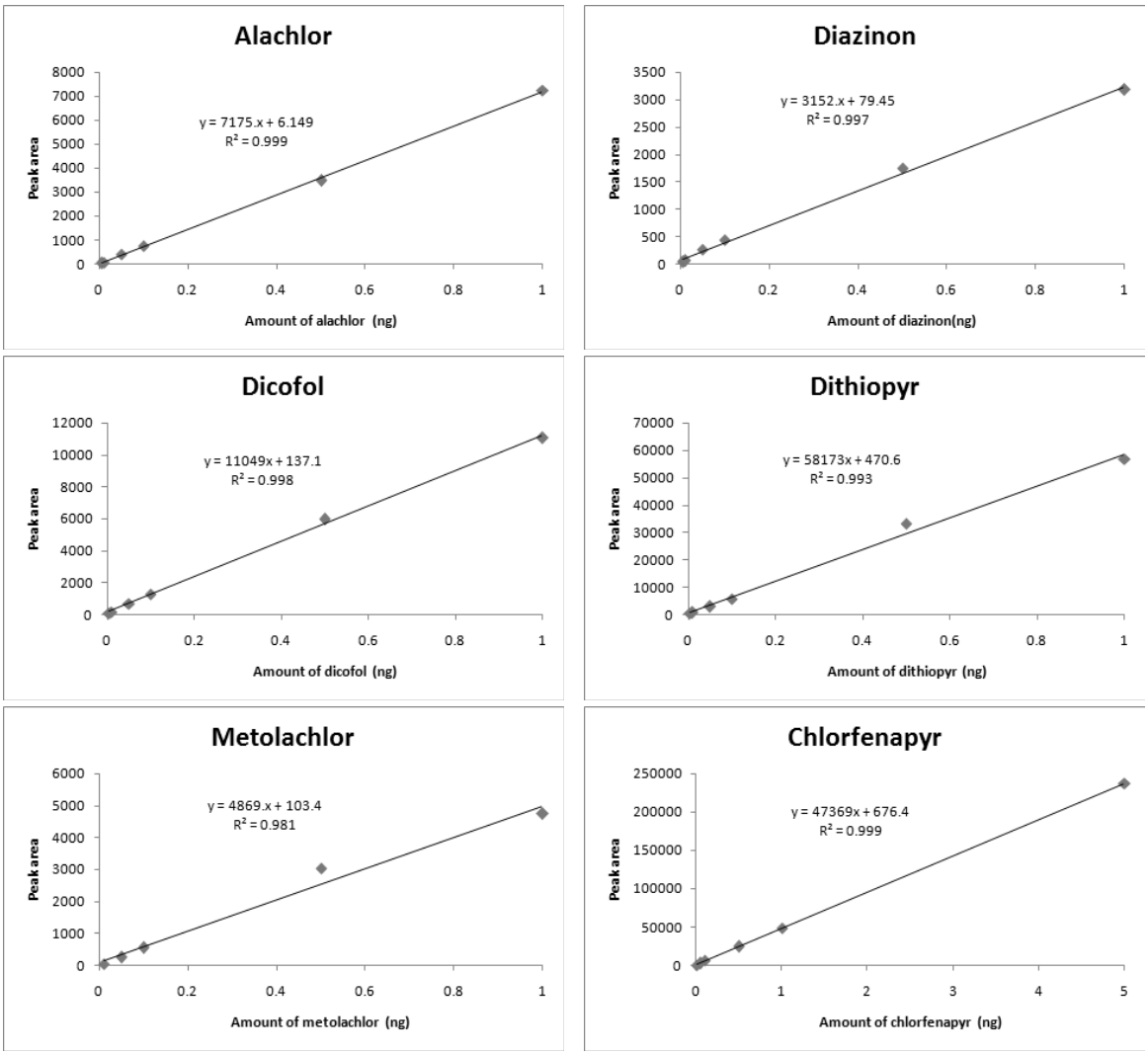

Fig. 1. Calibration curves for the qualification of the detected pesticides.

잔류농약 분석 결과

분석결과 농약으로 의심되는 peak이 검출된 시료는 GC-MSD로 재확인하였으며, 양배추 등 8점의 시료에서 alachlor 등 6종의 농약이 검출되었다. 농약이 검출된 시료는 Table 6에 제시하였으며, Fig. 1과 2에 대표적인 크로마토그램을 제시하였다.

채취시기별 잔류농약 검출현황

7월에 채취한 323점의 시료 중 브로콜리, 신선초, 양배추 및 얼갈이배추에서 dicofol, metolachlor, alachlor 및 dithiopyr가 검출되었고, 잔류량은 0.009, 0.025, 0.043 및 0.008 mg/kg 이었다. 또한 쑥갓과 아욱에서 chlorfenapyr가 각각 0.324, 0.022 mg/kg 검출되었다. 8월에 채취한 314점의 시료 중 양

Table 6. List of pesticides detected from environment-friendly stalk and stem vegetables and leafy vegetables in markets in Korea

Sampling month	Market	Sampling area	Agricultural product	Certification	Pesticide detected	Concentration (mg/kg)
July	Super Retail	Seoul (Nowon)	Broccoli	Organic agricultural product	Dicofol	0.009
		Seoul (Songpa)	Cabbage	Pesticide-free agricultural product	Alachlor	0.043
		Gwangju	Shinsuncho	Organic agricultural product	Metolachlor	0.025
		Busan	Crown daisy	Pesticide-free agricultural product	Chlorfenapyr	0.324
			Marsh mellow	Organic agricultural product	Chlorfenapyr	0.022
			Chinese cabbage	Pesticide-free agricultural product	Dithiopyr	0.008
August	Super	Seoul (Nowon)	Cabbage	Organic agricultural product	Dicofol	0.138
		Daejeon	Celery	Pesticide-free agricultural product	Diazinon	0.024

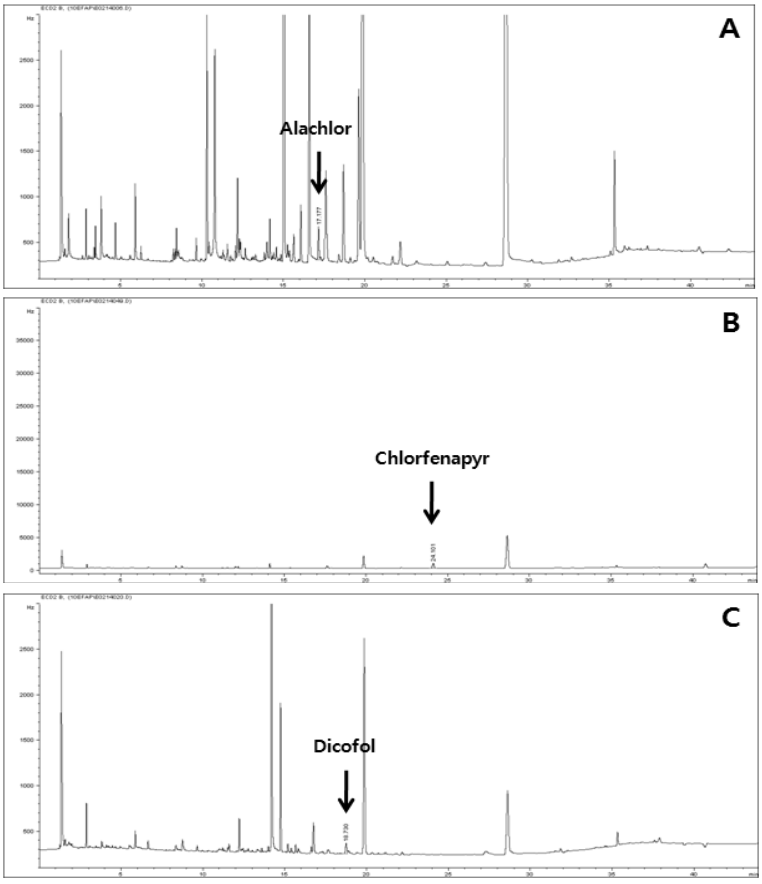

Fig. 2. Representative chromatograms of the pesticides detected from environment-friendly stalk and stem vegetables and leafy vegetables.
A: Cabbage from Seoul, B: Marsh mallow from Busan, C: Broccoli from Seoul

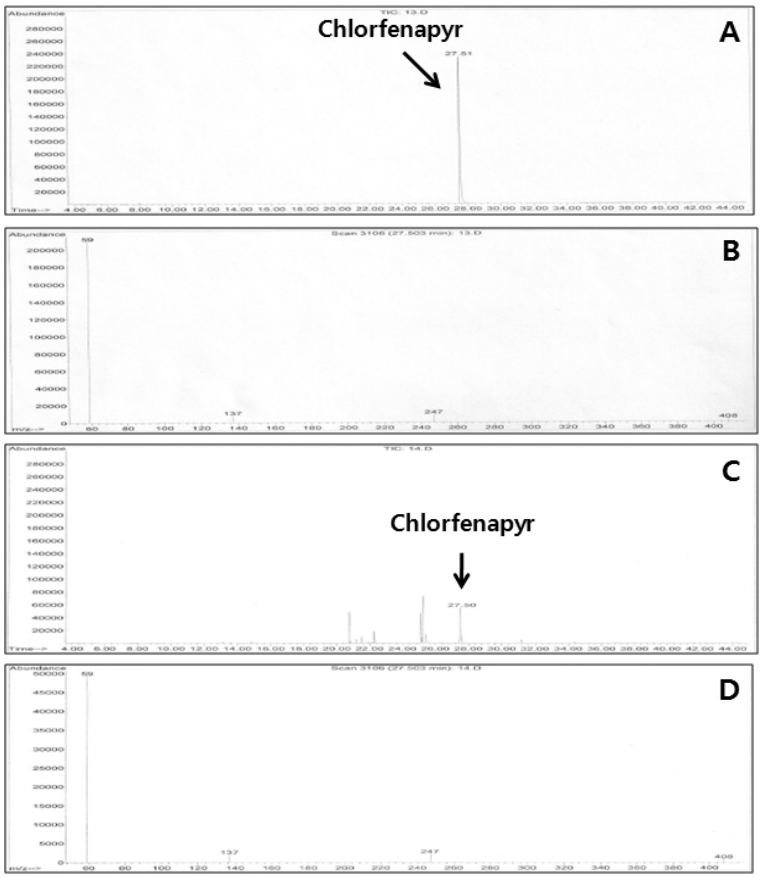

Fig. 3. Representative total ion chromatograms (TICs) and GC-MSD spectra of chlorfenapyr in standard solution and agricultural product.
A: TIC of chlorfenapyr standard solution, B: GC-MSD spectrum of chlorfenapyr standard solution, C: TIC of chlorfenapyr in crown daisy collected from Busan, D: GC-MSD spectrum of chlorfenapyr in crown daisy collected from Busan

배추에서 dicofol이 0.138 mg/kg 검출되었으며, 셀러리에서 diazinon이 0.024 mg/kg 검출되었다. 7월에 채취한 시료의 잔류농약 검출율은 1.86%이었으며, 8월은 0.64%이었다. 이는 잔류농약의 검출율이 6월과 7월에 증가하다가 8월에 들어서 일시적으로 감소한다는 보고와 유사하였다(김, 2009). 검출 농약 중 chlorfenapyr와 dicofol은 살충제로써 문 등(2011)의 보고와 같이 친환경인증 농산물 중 생산 빈도가 높은 채소류의 특성상 빈번히 발생하는 해충을 방제하기 위해 사용된 것으로 판단되며, 특히 chlorfenapyr는 pyrrole계 살충제로 pyrethroid계 살충제에 저항성을 갖는 해충 방제에 적합한 것으로 알려져 있다(김 등, 2010). 제초제인 alachlor와 dithiopyr 및 metolachlor는 여름철 강수량의 증가와 기온의 상승으로 인해 생육속도가 빨리진 잡초 방제에 사용된 것으로 사료된다. 그 중 대표적 제초제 alachlor는 고추, 양파, 옥수수, 딸기, 감자 등에 등록되어있으며, 노 등(2011)이 보고한 청주지역 도매시장과 재래시장 유통 엽채류 중 농약의 잔류특성에서 대파 중 alachlor가 1.18 mg/kg 검출되었다고 하였다. 또한 2009년 부산 지역 유통 친환경 품질인증 농산물 144점을 수거하여 잔류농약을 분석한 결과 대상 농산물 모두 인증기준에 적합하였지만 꽈리고추에서 0.04 mg/kg의 chlorfenapyr가 검출되었다는 보고가 있다(부산광역시보건환경연구원, 2010).

시료채취지역 및 판매점별 잔류농약 검출 현황

대상 작물 중 잔류농약이 검출된 농산물은 양배추 등 8점으로 1.3%의 검출율을 보였으며, Table 7에 제시하였다. 지역별 잔류농약 검출 농산물은 서울과 부산 각각 3점, 광주와 대전 각각 1점이었으며, 서울의 경우 노원구 2점, 송파구 1점이었다. 지역별 검출율은 서울 2.1, 부산 4.3, 광주 1.3 및 대전 1.4%이었으며, 판매점별 검출현황은 대형마트 1.0%, 친환경인증 농산물 전문판매점 1.5%이었다.

지역 및 판매점 별 검출율은 대부분 유사하였으며, 일반 관행농산물과 친환경인증 농산물의 농약 검출율을 비교하였을

Table 7. List of detection rate in each sampling area

Sampling area	No. of sample	No. of sample containing pesticide	Detection rate (%)
Seoul	146	3	2.1
Busan	70	3	4.3
Gwangju	75	1	1.3
Daejeon	69	1	1.4
Daegu	69	0	0
Jeonju	75	0	0
Cheongju	70	0	0
Wonju	63	0	0
Total	637	8	1.3

때 상대적으로 낮은 수준이었다. 이 등(2010)이 보고한 국내 유통 농산물 중 잔류실태 조사 결과 510건의 시료 중 51건에서 잔류농약이 검출되어 10%의 검출율을 나타내었으며, 장 등(2010)의 연구에서는 서울 강남지역 유통 채소류 6,583건 중 834건에서 농약이 검출되어 검출율은 12.7%이었으며, 그 중 엽채류와 경엽채류의 검출율은 13.2%이었다고 보고하였다. 또한 김 등(2008)은 전국 주요 도시의 대형마트와 재래시장에서 유통중인 농산물을 대상으로 잔류농약 모니터링 한 결과 1,023건 중 23건에서 농약이 검출되어 2.2%의 검출율을 보였지만 농약이 검출된 시료는 대부분 엽채류였다고 보고하였다. 본 연구에서 얻은 친환경인증 농산물 중 잔류농약의 검출율은 위에 제시한 관행농산물 중 잔류농약 검출율의 약 1/10 수준이었다.

부적합 농산물

대형마트의 유기인증 양배추에서 검출된 dicofol은 해당 농산물 잔류허용기준의 1/20을 초과하여 부적합 농산물로 분류하였으며, 브로콜리에서 검출된 dicofol과 셀러리에서 검출된 diazinon의 잔류량은 친환경인증 농산물에 적합한 수준이었다. 친환경인증 농산물판매소의 경우 유기인증 아욱에서 검출된 chlorfenapyr만 친환경인증기준에 적합한 농산물로 분류되었으며, 그 외 농약이 검출된 양배추 등 4점의 시료는 부적합 농산물로 분류하였다. 수집된 시료 중 5점의 농산물이 부적합농산물로 분류되었으며, 부적합률은 0.78%로 나타났다.

잔류허용기준 초과현황

검출된 농약 중 쑥갓과 아욱에서 검출된 chlorfenapyr와 양배추에서 검출된 dicofol 및 셀러리에서 검출된 diazinon만 해당 작물에 잔류허용기준이 설정되어있었으며, 모두 잔류허용기준을 초과하지 않았다. 그 외 검출농약은 농산물의 잔류농약 기준적용법을 적용하였으며, 모두 잔류허용기준 미만이었다. 다만, 친환경인증 농산물에서 검출된 농약은 해당 농약의 잔류허용기준을 초과하지 않더라도 친환경인증 농산물은 높은 가격에도 불구하고 안전한 먹거리를 찾는 소비자에게 판매되기 때문에 친환경인증 농산물의 생산자가 원칙과 규정을 지킬 수 있도록 영농교육을 강화함과 함께 생산단계에서부터 엄격한 기준을 적용하고 출하 후에도 유통 친환경인증 농산물에 대하여 지속적인 사후관리가 필요할 것으로 판단된다(부산광역시보건환경연구원, 2007).

검출농약의 안전성 평가

유기 및 무농약농산물에서 검출된 농약이 잔류허용기준의 1/20을 초과한 경우는 부적합 농산물이지만 이 농산물을 섭취하였을 경우를 가정하여 검출된 농약의 안전성을 평가하기 위한 일일섭취허용량 대비 일일섭취추정량은 Table 8에 제시한 바와 같이 양배추에서 검출된 dicofol과 얼갈이배추에서 검출된 dithiopyr를 제외하고 3.02% 이하이었으며, 양배추에서 검출된 dicofol과 얼갈이배추에서 검출된 dithiopyr의 경우 일일섭취허용량 대비 일일섭취추정량은 각각 24.15, 15.69%로 다소 높지만 실제 성인의 몸무게를 이용한 최대섭취허용량 대비 일일섭취추정량을 산출할 경우 0.4% 이하로 나타나 모든 검출농약은 안전하다고 판단되었다. 도 등(2010)은 전국 22개 지역 대형마트와 백화점에서 수거한 농산물 1,064건을 분석한 결과 chlorpyrifos 등 7종의 농약이 검출되었으며, 최대섭취허용량 대비 일일섭취추정량은 0.03%로 매우 안전하다고 보고하였다. 또한 김 등(2010)은 세척과 조리과정 등을 통해 실제 섭취하는 농약의 잔류량은 더욱 줄어들게

Table 8. Intake ratios of pesticides detected from environment-friendly stalk and stem vegetables and leafy vegetables collected in July and August based on acceptable daily intake (ADI)

Crop	Pesticide	Market[a)]	MRL (mg/kg)	MRL/20 (mg/kg)	Conc. of pesticide detected (mg/kg)	Food daily intake (g)	ADI[b)]	EDI[c)]	MPI[d)]	%ADI[e)]	%MPI[f)]
							mg/kg·bw/day		mg/person/day		
Cabbage	Alachlor	R	0.2 (green pepper)	0.01	0.043	3.5	0.005	0.000151	0.275	3.020	0.0549
	Dicofol	S	1.0	0.05	0.138	3.5	0.002	0.000483	0.11	24.150	0.4391
Broccoli	Dicofol	S	1.0 (Korean cabbage)	0.05	0.009	0.05	0.002	0.0000005	0.11	0.025	0.0004
Chinese cabbage	Dithiopyr	R	0.05 (rice)	0.0025	0.008	70.63	0.0036	0.000565	0.198	15.694	0.2854
Shinsuncho	Metolachlor	R	0.1 (celery)	0.005	0.025	0.05	0.097	0.000001	5.335	0.001	0.00002
Crown daisy	Chlorfenapyr	R	2	0.1	0.324	0.7	0.026	0.000227	1.43	0.873	0.0159
Marsh mallow	Chlorfenapyr	R	0.5	0.025	0.022	1.15	0.026	0.000025	1.43	0.096	0.0017
Celery	Diazinon	S	0.5	0.025	0.024	0.08	0.002	0.000002	0.11	0.100	0.0018

[a)]S, supermarket and R, retail store
[b)]Acceptable daily intake (mg/kg bw/day)
[c)]Estimated daily intake (mg/kg bw/day) = {Residual concentration(mg/kg) × daily food intake(g bw/day)}/1000
[d)]Maximum permissible intake (mg/person/day) = ADI × 55 (kg)
[e)]% Acceptable daily intake = (EDI/ADI) × 100

되며 결과적으로 인체 위해도는 감소한다고 보고하였다.

감사의 글

이 논문은 2010년도 농촌진흥청 연구사업인 '유통 친환경 농산물 중 잔류농약 모니터링 및 안전성평가' 연구(과제번호: PJ0076822012)의 일부이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

>> 인 / 용 / 문 / 헌

국립농산물품질관리원 (2010) 2009 농산물품질관리연, p.28.
국립농산물품질관리원 (2012) 고시 제2012~13호.
김래옥 (2009) 강원도 생산 및 유통 채소류의 잔류농약 모니터링 및 식이섭취량 산출, 강원대학교 석사학위 논문, pp.34~38.
김미옥, 황혜신, 임무송, 홍지은, 김순선, 도정아, 최동미, 조대현 (2010) LC/MS/MS를 이용한 국내 유통 농산물의 잔류농약 실태조사, 한국식품과학회지 42(6):664~675.
김성훈, 최원조, 백용규, 김우성 (2008) 국내유통농산물 중 잔류농약 모니터링 및 안전성 평가, 한국식품영양과학회지 37(11):1515~1522.
김창길, 이용선, 이상건 (2008) 친환경농산물의 소비 성향과 마케팅 전략, 한국농촌경제연구원, pp.21~22.
김창길, 정학균, 장정경, 김태훈 (2010) 2010년 국내·외 친환경농산물의 생산실태 및 시장전망, 한국농촌경제연구원, pp.1~5.
김현진, 조현철, 이주현, 구평태, 나영란, 이인숙, 김경아, 황인영, 김찬희 (2010) 2010년 부산지역 유통 고춧가루의 농약 잔류실태 조사연구, 보건환경연구원보 20(1):62~66.
남효송 (2011) 친환경 농업과 생물농약, 공업화학 전망 14(4):12~18.
노현호 (2011) 농경지 중 내분비계장애 추정농약의 잔류 모니터링, 충북대학교 석사학위논문, pp.1~2.
노현호, 이광헌, 이재윤, 박효경, 박소현, 김선호, 경기성 (2011) 청주지역 도매시장과 재래시장 유통 엽채류 중 농약의 잔류 특성, 농약과학회지 15(4):453~462.
도정아, 이희정, 신용운, 최원조, 채갑용, 강찬순, 김우성 (2010) 국내 유통 농산물 중 잔류농약 모니터링, 한국식품영양과학회지 39(6):902~908.
문경미, 박진우, 이영근, 최영환 (2011) ASE 및 SPE 복합정제법을 이용한 친환경농업토양의 다성분잔류농약 분석, 농업생명과학연구 45(5):73~80.
부산광역시보건환경연구원 (2007) 부산시내 유통 친환경농산물의 잔류농약 실태 조사, 부산광역시보건환경연구원보 17(2):71~76.
부산광역시보건환경연구원 (2010) 부산시내 유통 친환경농산물의 잔류농약 실태 조사, 부산광역시보건환경연구원보 20(2):52~59.
(사)친환경농산물인증기관협회 (2012) 친환경농산물 인증심사 매뉴얼, pp.25~30, 324~331, 341~346.

성민정, 최효선, 장경자 (2008) 경인지역 대학생의 환경과 친환경농산물에 대한 인식, 한국식품영양과학회지 37(3):317~324.
식품의약품안전청 (2004) 식품중 농약잔류기준 체계개선 연구.
식품의약품안전청 (2005) 농산물 중 중금속 실태 조사.
식품의약품안전청 (2011) 식품의 농약 잔류허용기준.
이주영, 최원조, 이희정, 신용운, 도정아, 김우성, 최동미, 채갑용, 강찬순 (2010) 2009년 유통 농산물 중 잔류농약 실태조사, 한국식품위생안전성학회지, 25(2):192~202.
장미라, 문현경, 김태랑, 육동현, 김정헌, 박석기 (2010) 서울지역 유통 채소류 섭취에 따른 잔류 농약의 위해성 평가, 한국영양학회지 43(4):404~412.
친환경농업육성법 (2011) 시행규칙 별표3 인증기준.
한국소비자원 소비자안전센터 식의약안전팀 (2006) 친환경농산물 및 일반농산물 잔류농약 안전실태조사, pp.1~11.

유통 친환경 엽채류와 엽경채류 중 잔류농약 실태조사 및 안전성 평가

이재윤 · 노현호 · 이광헌 · 박소현 · 경기성*
충북대학교 농업생명환경대학 환경생명화학과

요 약 국내 유통 친환경인증 엽채류와 엽경채류 중 잔류농약 실태를 파악하기 위해 서울 등 전국 9개 지역의 대형마트와 친환경인증 농산물 판매소에서 상추 등 21종의 친환경인증 엽채류 및 엽경채류를 2010년 7월과 8월 2회 채취 하였으며, 총 시료수는 637(유기농산물 395, 무농약농산물 242)점이었다. 수집된 시료는 GC-ECD/NPD, HPLC-DAD/FLD를 이용한 다성분 동시분석법으로 잔류농약을 분석하였다. 분석 결과 양배추 등 8점의 시료에서 alachlor를 포함한 6종의 농약이 검출되어 1.3%의 검출율을 보였으며, 검출농약의 잔류량은 alachlor 0.043, chlorfenapyr 0.022-0.324, diazinon 0.024, dicofol 0.05-0.138, dithiopyr 0.008, metolachlor 0.025 mg/kg이었다. 시료에서 검출된 농약의 잔류량은 모두 잔류허용기준을 초과하지 않았고 일일섭취추정량 대비 일일섭취허용량은 25% 미만으로 안전한 것으로 판단되었으나 농약이 검출된 시료 중 5점은 친환경농산물 인증기준을 초과하여 부적합 농산물로 분류되었다.

색인어 친환경농산물, 모니터링, 잔류농약, 일일섭취허용량