

충북지역에 유통되는 일부 채소 농산물의 잔류농약 모니터링

우나리아 · 고성희* · †박용진

호서대학교 벤처전문대학원 융합공학과, *성신여자대학교 문화산업대학원

Monitoring of Pesticide Residues in Vegetables Collected in Chungbuk, Korea

Nariyah Woo, Sung-Hee Ko* and †Yong-Jeen Park

Dept. of Fusion Engineering, Graduate School of Venture, Hoseo University, Seoul 137-867, Korea

*The Graduate School of Cultural Industry, Sungshin Womens University, Seoul 142-732, Korea

Abstract

This study is being executed to investigate the pesticide residues for agricultural products on the markets in Chungbuk area from 2010 to 2012. The samples used were chard, perilla leaf, leek, spinach, crown daisy, marsh mallow, and winter grown cabbage. These were analyzed by GC/MSD and GC/ECD. Agricultural pesticide levels of spinach was 23.4%, winter grown cabbage 20.6%, chard 14.9%, marsh mallow 14.0%, perilla leaf 13.1%, leek 8.4%, and crown daisy 5.6%. Exceeds of residual pesticides were spinach, chard, leek, perilla leaf, and marsh mallow. Based on these results, a risk assessment was being conducted by used a percentage of acceptable daily intake (%ADI). The %ADI ranged from 0.00014% to 1.73910%, and these values was indicated to have no effects on human health.

Key words: pesticide residues, agricultural products, risk assessment, Chungbuk

서 론

농산물은 사람이 살아가는데 없어서는 안 될 식품의 근원 이므로 세계 각국은 이를 안전하고 안정적으로 생산하여 공급하기 위한 식량 정책을 중점 추진하고 있다. 그래서 안전한 식품을 공급하기 위한 기술을 개발 발전시키려고 노력하고 있으며, 민간에서도 안전한 먹거리를 생산하기 위하여 품종, 재배환경, 농업자재를 포함한 재배기술 등을 개선하고 발전 시키려는 노력을 하고 있다.

세계 각국은 농산물의 안전성을 모니터링하여 식품정책을 세우고 있으며, 농약이 잔류허용기준 이상으로 잔류하는 농산물은 폐기하여 안전성을 보장하고 있다.

미국의 모니터링 사업은 1987년부터 FDA가 주관하고 있으며, 국내 생산뿐 아니라 수입 농산물과 가공식품도 대상으로 매년 보고서를 공개하여 유통 농산물의 안전성을 보장하고 있다. 일본은 국립의약품식품위생연구소와 지방위생연구

소 등 20여 기관의 협력을 얻어 전국 식품의 잔류농약 실태를 조사하여 잔류허용기준을 설정하는 등 안전성을 확보하고 있다(Kim 등 2007).

우리나라는 1968년부터 잔류농약을 모니터링하여 1988년 9월에 28종의 농산물에 대한 17종 농약의 잔류허용기준을 설정하였다. 그리고 선진국의 사례, 국제식품규격위원회(CODEX)의 기준, 우수농산물 관리제도(good agricultural practices)의 자료를 활용하여 체계적이고 과학적인 기준을 설정하려고 노력하여 현재 총 419종의 농약 잔류허용기준을 설정하여 관리하고 있다(Kim 등 2007; Lee & Woo 2010).

농약은 식량의 안정적 생산을 위한 필수재이기 때문에 사용을 허가하고 있으나, 오남용을 방지하여 국민건강에 피해를 주지 않도록 농약별 사용량, 사용 횟수, 수확기의 살포 횟수 및 시기 등에 관한 농약의 안전 사용 방법과 최대 잔류허용기준을 설정하여 엄격히 규제하고 있다(KFDA 2005).

농약은 병해충과 잡초를 방제한 다음, 분해되어 잔류하지

† Corresponding author: Yong-Jeen Park, Dept. of Fusion Engineering, Graduate School of Venture, Hoseo University, Seoul 137-867, Korea. Tel: +82-2-2059-2313~4, Fax: +82-2-2059-2319, E-mail: yongjeen1@hanmail.net

않는 것이 이상적이지만 느리게 분해되어 일정기간 농산물 및 토양에 잔류하는 것이 많다.

도시민의 인지도를 조사한 결과, 농민은 농약을 과다하게 사용하고 있고, 농작물에 농약이 잔류하여 만성독성을 유발 시키거나 암을 일으킨다고 생각하는 것으로 나타났다(Do 등 2010).

농산물의 생산성을 높이기 위하여 화학비료와 농약의 사용량을 증가시킨 결과, 농경지의 인산 및 칼리량 증가, 미생물 감소 등 토양의 양분 불균형과 지력 쇠퇴로 농작물의 병해충에 대한 저항성이 약화되고, 이로 인해 병해충 방제를 위해 농약을 과다하게 사용하는 등 악순환이 반복되고, 살포 농약은 농산물 및 토양에 잔류하여 환경을 오염시켜서 농작물에 대한 약해는 물론 사람과 가축에 대한 독해도 증가되고(Seo JW 2010), 농산물에 잔류된 농약을 사람이 섭취하면 만성 독성으로 나타날 수 있다(Kim HJ 2009).

따라서 농약은 인체와 환경에 위해를 나타내지 않도록 사용해야 하므로 나라마다 농약에 대하여 대상 작물, 사용 시기, 사용량, 사용횟수 등에 대한 안전 기준과 식품에 대한 잔류허용기준을 설정하고 있다(Jeon 등 2006).

국민의 건강에 대한 의식이 높아져서 친환경농업과 친환경농산물 수요가 증가하여 유기농과 친환경농산물 재배가 증가하고 있지만, 농약 사용을 완전히 배제할 수는 없고, 농약은 대부분 유기화합물질로 농촌진흥청에 1,413여 품목이 등록되어 사용되고 있다(농촌진흥청 2010).

우리나라에서는 1994년부터 친환경 인증 농산물의 사후관리를 위해 농약잔류조사를 하고 있으며, 2009년부터 생산·유통·판매단계로 세분하여 안전성 조사를 하고 있다. 그러나 최근까지 농산물의 농약 잔류허용량에 대한 모니터링은 등록된 농약의 사용량과 잔류허용기준의 적합성만 확인하기 때문에 전체적인 식품섭취에 따른 노출량 평가는 고려되지 않는다.

소비자가 농산물 섭취에 의한 잔류농약에 안전한지에 대한 여부는 인체건강의 안전기준치(health safety limits)를 근거로 한 인체 노출평가를 통해서만 가능하다(Park 등 2010).

인구집단에 대한 해당 농약의 위해 여부 평가는 식품별로 설정된 잔류농약기준의 타당성과 함께 잔류농약 식이섭취량(Dietary intake of pesticide residue)을 예측하고, 이것을 ADI 값과 비교해야 한다. Lee 등(1994)은 식이섭취량을 예측하는 방법으로 UNEP/FAO/WHO의 방법과 같이 모든 시료에 대한 실제 섭취량을 측정하는 것이 가장 정확한 방법이라고 하지만, 현실적으로 실행하기 어려운 문제점이 있다(Lee 등 1995). 식이섭취량 총량 조사는 농산물 중 오염물질의 수준이 농업생산방법, 환경오염의 변화에 따라 달라지기 때문에 계속해서 수행할 필요가 있으며, ADI와의 비교를 통한 위해도 평가

는 농약의 잔류허용량 결정과 안전사용기준 설정을 위한 기초자료로 매우 중요하다(Han 등 2003).

본 연구는 2010년부터 2012년까지 충북지역 시장, 대형마트 등에서 학교급식에 다량 제공되고 있는 채소류(근대, 들깻잎, 부추, 시금치, 쑥갓, 아욱, 열갈이배추)를 대상으로 농약의 검출량과 잔류허용기준 초과 농약의 실태를 조사하여 각 농산물에서 검출된 성분에 대한 섭취량을 추정하여 위해성을 평가하고, 식품에 대한 안전성과 신뢰성을 확보하며, 채소류의 잔류농약으로 인한 피해를 최소화하고, 채소류 안전성 관리 기준의 설정 및 위해성 평가를 위한 기초자료로 활용하여 학교 급식은 물론 국민건강과 안전에 기여함을 목적으로 한다.

재료 및 방법

1. 재료

본 연구에 사용된 채소류는 2010년부터 2012년까지 충북지역의 시장, 대형마트에서 유통되고 있는 채소류 중 학교급식에 납품되는 근대, 들깻잎, 부추, 시금치, 쑥갓, 아욱, 열갈이배추 등 총 7품목을 대상으로 잔류농약 검사를 실시하였다.

2. 분석대상농약

식품공전 10. 일반시험법의 4. 식품 중 잔류농약분석법 4.1.3. 다성분 분석법이 가능한 농약 중 농산물에 주로 사용하는 205종을 대상으로 하였다(식품공전 2012)

3. 실험방법

농약성분 분석용 작물 시료는 식품공전의 동시 다성분 분석법에 준하여 조제하였다. 즉, 시료 50 g에 acetonitrile 100 mL를 가해 homogenizer로 3,000 rpm에서 2분간 마쇄 추출하였다. 여기에 NaCl 20 g을 넣고 10분간 진탕한 후 -20°C 의 냉동고에 1시간 정지한 다음, 상징액 20 mL를 취하여 회전진공 증발농축기(40°C 이하)로 농축하여 acetonitrile을 제거한 후, 20% acetone을 함유한 hexane 2 mL에 재용해하여 SPE(Solid phase extraction) 정제용 시료로 사용하였다. Florisil cartridge (Sep-pak vac 3 mL, Waters)에 hexane 5 mL를 가해 conditioning 한 다음, 시료 2 mL를 전개 후 20% acetone을 함유한 hexane 5 mL로 용출시켰다. 용출액은 TuboVap LV evaporator로 농축시킨 후 20% acetone을 함유한 hexane 1 mL로 재용해하여 분석하였다. 농약은 GC/MSD(Mass selective detector, Agilent, USA)와 GC/ECD(Electron capture detector, Agilent, USA)로 분석정량하였다.

4. 기기

다중농약 성분은 GC/ECD와 GC/MSD 장비를 이용하여 GC

분석하였으며, 검출기는 Eletronic Capture Detector(ECD) 6890 (Agilent Technologies Co., U.S.A), 컬럼은 HP-5(Capillgry Column HP Co. USA)을 사용하였다. 분리동정은 GC/MSD 5973 mass selective detector(Agilent Technologies Co., USA)를 사용하였다.

시료의 분쇄 및 균질화에는 BUCHI Mixer B-400(Buchi Co., Switzerland), OMNI Mixer Homogenzer(OMNI Co., Germany)를 사용하고, 회전증발농축기는 BUCHI, OMNI Co.(Germany) 제품을 사용하였다.

결과 및 고찰

1. 품목별 잔류농약의 검출

농산물에서 검출한 잔류농약은 식품의약품안전처에서 고시한 농약잔류허용기준에 따라 초과 여부를 평가하였으며, 잔류허용기준이 설정되어 있지 않은 농약이 검출되었을 경우의 적·부 판정은 CODEX 기준을 적용하였다(Yang 등 2006; Kwon 등 2010).

2010년부터 2012년까지 3년 동안 충북지역 학교급식에서 많이 사용하는 채소류 중 근대, 들깻잎, 부추, 시금치, 쑥갓, 아욱, 열갈이배추 7품목을 대상으로 잔류농약을 분석한 결과는 Table 1과 같이 시금치 23.4%, 열갈이배추 20.6%, 근대 14.9%, 아욱 14.0%, 들깻잎 13.1%, 부추 8.4%, 쑥갓 5.6% 순으로 검출되었으며, 잔류허용기준을 초과하여 농약성분이 검출된 5개 품목은 시금치, 근대, 부추, 들깻잎, 아욱 순으로 나타났다 (Table 3).

시금치, 열갈이배추 근대 등의 잔류량이 높은 것은 표면적

이 넓어서 농약의 부착량이 상대적으로 높기 때문이다. 잔류량은 농약의 종류와 사용 농도, 농산물별 흡착율, 단위 중량당 표면적과 표면의 굴곡 등에 따라 다르다(Hong 등 2002). 또, 제한된 면적의 집단화 시설재배가 대부분이어서 병해충 발생율이 높아 농약 사용량이 증가하여 부적합율이 높은 것으로 보인다.

근대에서 검출된 농약성분은 acetamiprid, carbendazim, chlorfenapyr, chlorantraniliprole, cypermethrin, diazinon, deltamethrin, ethoprophos(ethoprop), flubendiamide, flufenoxuron, imidacloprid, indoxacarb, metalaxyl, lufenuron, pencycuron, tralomethrin 등 총 16종이며, acetamiprid, cypermethrin은 다중 검출되었고, flufenoxuron, lufenuron, pencycuron은 잔류허용기준을 초과하여 3년 3회 부적합을 나타내었다.

들깻잎에서는 azoxystrobin, cadusafos, chlorantraniliprole, clothianidin, cypermethrin, diazinon, dimethomorph, endosulfan (Total), etoxazole, flufenoxuron, imidacloprid, indoxacarb, metalaxyl, tebufenpyrad 등 총 14종이며, azoxystrobin, cypermethrin, imidacloprid, tebufenpyrad이 다중 검출되었고, etoxazole, flufenoxuron은 잔류허용기준을 초과하여 3년 2회 부적합을 나타내었다.

부추에서는 azoxystrobin, boscalid, carbendazim, chlorfenapyr, cypermethrin, endosulfan(Total), imidacloprid, lufenuron, procymidone 등 총 9종이며, azoxystrobin, carbendazim, cypermethrin, procymidone이 다중 검출되었고, carbendazim, cypermethrin, procymidone은 잔류허용기준을 초과하였다.

시금치에서 검출된 농약성분은 acetamiprid, azoxystrobin, bifenthrin, butachlor, carbendazim, chlorantraniliprole, chlorfenapyr,

Table 1. Distribution of pesticide residues in vegetables from 2010 to 2012 in Chungbuk, Korea

(Unit: ppm)

Commodity	Pesticides	2010	2011	2012	Frequency ¹⁾
Chard	Acetamiprid	- ²⁾	0.143	0.143	2
	Carbendazim	0.109	-	-	1
	Chlorantraniliprole	-	-	0.283	1
	Chlorfenapyr	-	-	0.014	1
	Cypermethrin	-	-	0.165~0.228	2
	Deltamethrin	0.120	-	-	1
	Diazinon	-	-	0.142	1
	Ethoprophos	-	0.018	-	1
	Flubendiamide	0.967	-	-	1
	Flufenoxuron	-	1.118	-	1
	Imidacloprid	-	-	0.182	1
	Indoxacarb	-	-	0.311	1
	Lufenuron	-	-	0.623	1
	Metalaxyl	-	-	0.130	1
	Pencycuron	-	-	0.327	1
	Tralomethrin	0.160	-	-	1

Table 1. Continued

Commodity	Pesticides	2010	2011	2012	Frequency ¹⁾
Perilla leaf	Azoxystrobin	0.077~0.136	0.015~2.839	0.088	6
	Cadusafos	-	0.003	-	1
	chlorantraniliprole	0.805	-	-	1
	Clothianidin	0.168	-	-	1
	Cypermethrin	0.505~0.506	0.744	0.099~4.224	6
	Diazinon	0.002	-	-	1
	Dimethomorph	-	1.233	-	1
	Endosulfan	-	0.021	-	1
	Etoxazole	1.646	-	-	1
	Flufenoxuron	6.531	-	-	1
	Imidacloprid	0.919	-	0.051~0.361	3
	Indoxacarb	3.993	0.092	-	2
	Metalaxyl	0.220	-	-	1
Tebufenpyrad	0.065	0.094	0.112~0.406	4	
Leek	Azoxystrobin	0.03~0.036	0.502	-	3
	Boscalid	-	-	0.301	1
	Carbendazim	-	0.919~19.443	4.2792	3
	Chlorfenapyr	-	-	0.146	1
	Cypermethrin	0.099~0.682	0.454	0.135~0.289	6
	Endosulfan	0.018	-	-	1
	Imidacloprid	0.031	-	-	1
	Lufenuron	0.114	-	-	1
Procymidone	0.15~1.255	0.031~9.193	0.171~4.258	7	
Spinach	Acetamiprid	-	0.410	-	1
	Azoxystrobin	-	1.081	-	1
	Bifenthrin	-	0.353	-	1
	Butachlor	0.071	-	-	1
	Chlorantraniliprole	-	0.129	0.040	2
	Chlorfenapyr	-	-	0.040	1
	Chlorothalonil	-	-	1.080	1
	Chlorpyrifos	0.010	-	0.076	2
	Clothianidin	0.136	-	0.026~0.163	3
	Cypermethrin	0.016~0.086	-	-	2
	Diazinon	-	0.004	-	1
	Diethofencarb	-	-	0.105	1
	Dimethomorph	0.293~2.634	3.952	0.033~0.491	5
	Endosulfan	0.004~0.020	0.926~1.716	0.018~0.088	6
	Flubendiamide	-	1.169	0.10~0.104	3
	Flufenoxuron	-	0.029~0.16	0.076	3
	Imidacloprid	0.022~0.155	0.023~0.114	-	4
	Indoxacarb	-	0.050	0.097	2
	Iprodione	-	-	0.348	1
	Lufenuron	-	1.687	0.041	2
	Methoxyfenozide	-	-	0.432	1
	Procymidone	-	0.727	0.025~0.5943	4
	Pyridaben	-	-	0.5943	1
Pyridaryl	-	2.635	-	1	
Trifloxystrobin	-	0.831	-	1	

Table 1. Continued

Commodity	Pesticides	2010	2011	2012	Frequency ¹⁾
Crown daisy	Acetamiprid	-	0.219	-	1
	Bitertanol	-	0.790	-	1
	Cypermethrin	-	-	0.067	1
	Diazinon	0.040	-	0.072	2
	Endosulfan	-	0.040	-	1
Marsh mallow	Acetamiprid	0.263	-	-	1
	Carbendazim	-	-	1.137	1
	chlorantraniliprole	-	-	0.021	1
	Chlorpyrifos	-	0.005~0.009	-	2
	Cyazofamid	-	-	0.366	1
	Deltamethrin	-	-	0.080	1
	Diazinon	-	-	0.003	1
	Diiflubenzuron	-	-	2.326	1
	Endosulfan	0.004	0.003~0.015	-	5
	Fenitrothion : MEP	-	-	0.192	1
	Flubendiamide	-	5.738	-	1
	Imidacloprid	0.071	0.431	0.064	3
	Indoxacarb	-	0.130	-	1
	Lufenuron	0.190	0.006~0.015	-	3
	Methoxyfenozide	-	0.393	-	1
Winter grown cabbage	Acrinathrin	0.04~0.08	-	-	2
	Azoxystrobin	1.99	0.026	-	2
	Bifenthrin	-	-	0.109~0.408	3
	Carbendazim	0.129	-	-	1
	Chlorantraniliprole	-	0.067	0.116	2
	Chlorfenapyr	0.160	0.071	0.005~0.017	4
	Chlorothalonil	0.010	-	-	1
	Cypermethrin	0.402	-	0.057~0.526	4
	Deltamethrin	-	-	0.023	1
	Diazinon	-	0.003	0.032	2
	Diethofencarb	0.096	-	-	1
	Dimethomorph	0.256~0.277	0.785	0.121~0.442	8
	Diniconazole	-	-	0.027~0.033	2
	Endosulfan	0.040~0.050	0.034	-	3
	EPN	-	0.040	-	1
	Fenvalerate	-	0.217	-	1
	Flufenoxuron	-	-	0.128~0.437	4
	Indoxacarb	0.074	0.037~0.193	0.075	4
	Lufenuron	0.02~0.029	0.004~0.013	0.052	5
	Procymidone	0.060	0.550	-	2
Thiamethoxam	-	0.071	-	1	
Triadimefon	0.030	-	-	1	

1) 2010~2012 year detection total number

2) - : non-detected sign

chlorothalonil, chlorpyrifos, clothianidin, cypermethrin(Total), diazinon, diethofencarb, dimethomorph, endosulfan(Total), flubendiamide, flufenoxuron, imidacloprid, indoxacarb, iprodione, lufenuron, methoxyfenozide, procymidone, pyridaben, pyridaryl, trifloxystrobin 등 총 26종이며, carbendazim, clothianidin, dimethomorph, endosulfan(Total)이 다중 검출되었고, chlorpyrifos, endosulfan, lufenuron, trifloxystrobin은 잔류허용기준을 초과하였다.

썩갓에서 검출된 농약성분은 acetamiprid, bitertanol, cypermethrin, diazinon, endosulfan(Total)이며, diazinon이 다중 검출되었다.

아욱에서 검출된 농약성분은 acetamiprid, carbendazim, chlorantraniliprole, chlorpyrifos, cyazofamid, deltamethrin, diazinon, diflubenzuron, endosulfan(Total), fenitrothion:MEP, flubendiamide, imidacloprid, indoxacarb, lufenuron, methoxyfenozide 총 15종이며, chlorpyrifos, endosulfan(Total), imidacloprid, lufenuron이 다중 검출되었고, diflubenzuron은 잔류허용기준을 초과하였다.

얼갈이배추에서 검출된 농약성분은 acrinathrin, azoxystrobin, bifenthrin, carbendazim, chlorantraniliprole, chlorfenapyr, chlorothalonil, cypermethrin, deltamethrin, diazinon, diethofencarb, dimethomorph, diniconazole, endosulfan(Total), EPN, fenvalerate, flufenoxuron, indoxacarb, lufenuron, procymidone, thiamethoxam,

triadimefon 등 총 22종이며, cypermethrin, dimethomorph, lufenuron 등이 다중 검출되었다.

7개 조사 품목 중 썩갓과 얼갈이배추는 잔류허용기준을 초과하는 것은 없어서 안전한 것으로 평가되었다. 썩갓은 aiazinon, chlorpyrifos 성분이 빈번하게 나타나 부적합하였다. Joen 등 (2006)의 결과와 비교할 때 농약을 안전하게 사용한 데 따른 결과로 생각된다.

들깨잎과 썩갓은 생으로 섭취하는 경우가 많아서 잔류 농약의 위해성이 높으므로 재배 농민들의 농약 사용에 대한 안전 교육을 해야 한다.

채소류의 잔류농약 안전성을 향상시키기 위해서는 모니터링을 지속적으로 하여 개별 농약잔류허용기준의 설정과 위해성 평가를 하여 과학적 자료를 축적해야 한다.

2. 농약성분별 잔류농약의 검출

2010년과 2011년도에 근대, 들깨잎, 부추, 시금치, 썩갓, 아욱, 얼갈이배추에서 검출된 농약성분은 50종이었으나, 2012년에는 61종으로 증가하여 농약성분이 다양해졌는데(Table 2), 농산물에 대한 안전성 기준 강화 및 친환경농산물 생산 증가에 따른 환경친화형 농약 개발 등이 원인으로 보인다.

Table 2. Annual pesticide residue detection in vegetables from 2010 to 2012 in Chungbuk, Korea

Pesticides	2010		2011		2012	
	No	Commodity	No	Commodity	No	Commodity
Acetamiprid	1	Marsh mallow	3	Spinach, chard, crown daisy	1	Chard
Acrinathrin	1	Brassica leafy vegetables	- ¹⁾	-	-	-
Azoxystrobin	3	Brassica leafy vegetables, perilla leaf, leek	4	Leek, perilla leaf, spinach, brassica leafy vegetables	1	Perilla leaf
Bifenthrin	-	-	1	Spinach	1	Brassica leafy vegetables
Bitertanol	-	-	1	Crown daisy	-	-
Boscalid	-	-	-	-	1	Leek
Butachlor	1	Spinach	-	-	-	-
Cadusafos	-	-	1	Perilla leaf	-	-
Carbendazim	3	Spinach, chard, brassica leafy vegetables	3	Spinach, leek	2	Spinach, marsh mallow
Chlorantraniliprole	1	Perilla leaf	2	Brassica leafy vegetables, spinach	4	Brassica leafy vegetables, chard, spinach, marsh mallow
Chlorfenapyr	1	Brassica leafy vegetables	1	Brassica leafy vegetables	4	Leek, brassica leafy vegetables, spinach, chard
Chlorothalonil	1	Brassica leafy vegetables	-	-	1	Spinach
Chlorpyrifos	1	Spinach	1	Marsh mallow	1	Spinach
Clothianidin	2	Spinach, perilla leaf	-	-	1	Spinach
Cyazofamid	-	-	-	-	1	Marsh mallow
Cypermethrin	-	-	2	Perilla leaf, leek	4	Leek, perilla leaf, chard, brassica leafy vegetables

Table 2. Continued

Pesticides	2010		2011		2012	
	No	Commodity	No	Commodity	No	Commodity
Cypermethrin	5	Spinach, leek, brassica leafy vegetables, perilla leaf, leek	-	-	-	-
Deltamethrin	1	Chard	-	-	2	Marsh mallow, brassica leafy vegetables
Diazinon	2	Crown daisy, perilla leaf	2	Spinach, brassica leafy vegetables	4	Crown daisy, marsh mallow, brassica leafy vegetables, chard
Diethofencarb	1	Brassica leafy vegetables	-	-	1	Spinach
Diflubenzuron	-	-	-	-	1	Marsh mallow
Dimethomorph	2	Spinach, brassica leafy vegetables	3	Spinach, perilla leaf, brassica leafy vegetables	2	Spinach, brassica leafy vegetables
Diniconazole	-	-	-	-	1	Brassica leafy vegetables
Endosulfan	4	Leek, spinach, brassica leafy vegetables, marsh mallow	4	Crown daisy, spinach, marsh mallow, perilla leaf	1	Spinach
EPN	-	-	1	Brassica leafy vegetables	-	-
Ethoprophos	-	-	1	Chard	-	-
Etoxazole	1	Perilla leaf	-	-	-	-
Fenitrothion : MEP	-	-	-	-	1	Marsh mallow
Fenvalerate	-	-	1	Brassica leafy vegetables	-	-
Flubendiamide	1	Chard	2	Marsh mallow, spinach	1	Spinach
Flufenoxuron	1	Perilla leaf	2	Chard, spinach	2	Brassica leafy vegetables, spinach
Imidacloprid	4	Marsh mallow, perilla leaf, pinach, leek	2	Marsh mallow, spinach	3	Perilla leaf, marsh mallow, chard
Indoxacarb	2	Brassica leafy vegetables, perilla leaf	4	Spinach, perilla leaf, marsh mallow, brassica leafy vegetables	3	Spinach, chard, brassica leafy vegetables
Iprodione	-	-	-	-	1	Spinach
Lufenuron	3	Brassica leafy vegetables, leek, marsh mallow	3	Brassica leafy vegetables, marsh mallow, spinach	3	Spinach, brassica leafy vegetables, chard
Metalaxyl	1	Perilla leaf	-	-	1	Chard
Methoxyfenozide	-	-	1	Marsh mallow	1	Spinach
Pencycuron	-	-	-	-	1	Chard
Procymidone	2	Leek, brassica leafy vegetables	2	Brassica leafy vegetables, leek	2	Spinach, leek
Pyridaben	-	-	-	-	1	Spinach
Pyridalyl	-	-	1	Spinach	-	-
Tebufenpyrad	1	Perilla leaf	1	Perilla leaf	1	Perilla leaf
Thiamethoxam	-	-	1	Brassica leafy vegetables	-	-
Tralomethrin	1	Chard	-	-	-	-
Triadimefon	1	Brassica leafy vegetables	-	-	-	-
Trifloxystrobin	-	-	1	Spinach	-	-
Total	50		50		61	16

1) - : non-detected

잔류허용기준을 초과한 농약성분 중 살충제는 chlorpyrifos, cypermethrin, diflubenzuron, endosulfan, flufenoxuron, etoxazole lufenuron 7종이고, 살균제는 carbendazim, trifloxystrobin, pencycuron, procymidone 4종으로 살충제가 검출 건수는 많고, 살균제는 잔류허용기준 초과 비율이 높았다.

잔류허용기준을 초과한 농약성분은 2010년에는 cypermethrin, etoxazole, flufenoxuron 3종, 2011년에는 carbendazim, endosulfan, flufenoxuron, lufenuron, procymidone, trifloxystrobin 6종, 2012년에는 carbendazim, chlorpyrifos, diflubenzuron, lufenuron, pencycuron 5종이었다. 조사 기간 중 매년 검출된 잔류허용기준 초과 농약은 없었으나, 3년 동안 endosulfan, flufenoxuron, lufenuron 등의 잔류허용기준 초과 빈도가 높았으며, carbendazim은 2년 동안 검출되었다. Carbendazim은 부추에서 허용기준치를 19배 초과하였고, etoxazole은 들깻잎에서 허용기준치의 16배를 초과하였는데, 저독성 농약이지만 장기간 복용하면 암을 유발하며, 아동들에게 영향을 줄 수 있는 것으로 알려졌다(Do 등 2011).

시금치에서 검출된 농약성분 중 chlorpyrifos는 배추, 시금치 등에 널리 사용되는 유기인계 국내 미등록 살충제로 환경부가 유독물질 97-1-290으로 분류하고 있으며, 사용 시 주의가 요구되는 성분이다(Do 등 2011).

Endosulfan은 시금치에서 허용기준을 17배 초과하였는데, cyclodiene계 살충제로 접촉독 및 식독작용으로 담배의 땅강아지, 거세미나방, 뽕나무의 애바구미 방제용 토양살충제로 사용되고 있다. 현재는 식용작물에 사용 금지된 급성 고독성

농약이므로 사용에 주의하여야 한다(Seo JW 2010).

3. 농산물별 부적합 농약 현황

2010년부터 2012년까지 농약의 잔류허용기준을 초과한 채소는 부추, 들깻잎, 시금치, 근대, 아욱이었고, 부추는 조사기간 내내 부적합 결과를 나타냈다. 부추의 경우 부적합 농약성분으로 곰팡이 제거를 목적으로 하는 carbendazim, cypermethrin, procymidone이 검출되었으며, carbendazim은 허용기준치의 19배 검출되었다.

Cypermethrin은 사람과 가축에 대한 급성독성은 약하지만, 어류에는 독성이 강하여 수도법 및 농약관리법에 따라 상수원 지역에서는 살포가 금지되어 있다(수도법 제7조제3항). 기형 유발 작용은 없다고 보고되었으나, 미국 환경보호청(EPA)에서는 사람에게 암을 유발할 수 있는 농약으로 분류하고 있다(Kim 등 2007).

Procymidone은 식물 체내 침투력이 강하고, 지속적이고 내우성이 있고 예방제로 사용되며, 일본 후생성에는 내분비계 장애 작용을 하는 농약으로 분류 관리하고, 살균제로 균사의 신장 생육을 강하게 저해하며, 잣빛곰팡이를 방제한다(Kim 등 2007).

시금치에서는 chlorpyrifos, endosulfan, trifloxystrobin, lufenuron 등이 부적합 결과를 나타냈다. Chlorpyrifos은 1952년과 1965년도에 개발 보급된 유기인계 살충제로서, 적용범위가 넓어 생산자들이 선호한다.

Endosulfan은 지오릭스라는 상품명으로 판매되고 있으며, 고독성 농약으로 급성독성이 매우 강하며, 허용기준치의 17배

Table 3. Nonconforming status by agricultural pesticides in vegetables from 2010 to 2012 in Chungbuk, Korea

Commodity	Pesticides	MRL value (mg/kg)	2010		2011		2012	
			Detection value	Overbalance (%)	Detection value	Overbalance (%)	Detection value	Overbalance (%)
Leek	Carbendazim	1.000	-	-	19.443	19.4	4.279	4.3
	Cypermethrin	0.500	0.682	1.4	-	-	-	-
	Procymidone	5.000	-	-	9.193	1.8	-	-
Spinach	Chlorpyrifos	0.010	-	-	-	-	0.0757	7.6
	Endosulfan	0.100	-	-	0.926	9.3	-	-
	Endosulfan	0.100	-	-	1.716	17.2	-	-
	Trifloxystrobin	0.100	-	-	0.831	8.3	-	-
	Lufenuron	0.200	-	-	1.687	8.4	-	-
Perilla leaf	Etoxazole	0.100	1.646	16.5	-	-	-	-
	Flufenoxuron	2.000	6.531	3.30	-	-	-	-
Chard	Flufenoxuron	0.500	-	-	1.118	2.2	-	-
	Lufenuron	0.200	-	-	-	-	0.623	3.1
	Pencycuron	0.100	-	-	-	-	0.327	3.3
Marsh mallow	Diflubenzuron	2.000	-	-	-	-	2.326	1.2

정도 검출되었는데 *in vitro*에서 쥐의 간유전자를 현저하게 변형시키며, gap-junctional intercellular communication의 잠재적인 저해인자로 알려져 있다. 또, cyclodiene계로 접촉독 및 식독 작용으로 담배의 땅강아지, 거세미나방, 뽕나무의 애바구미 방제용 토양 살충제로 사용되고 있다(Kim HJ 2009; Seo JW 2010).

들깨잎에서는 etoxazole, flufenoxuron 등이 부적합 값을 나타냈는데, etoxazole은 잔류허용기준의 16배를 초과하였다. 근대에서는 flufenoxuron, lufenuron, pencycuron 등이 부적합을 나타냈다. Lufenuron은 유충의 표피 키틴질의 형성을 방해하여 살충작용을 하는 벤즈아미드계 살충제로 약효가 느리게 나타나고, 사용시기가 폭 넓어서 유충의 탈피 저해작용뿐 아니라, 산란 억제 효과 및 부화 억제 작용도 하여 배추의 배추좀나방, 사과와 굴나방, 고추의 담배나방 등 각종 작물에 사용하고 있으나, 어류에 대한 독성이 강하여 사용 시 주의하여야 한다(Seo JW 2010).

아욱에서는 diflubenzuron이 부적합 값을 나타냈는데, diflubenzuron은 곤충계의 표피조직인 키틴질의 형성을 저해하며, 곤충 알의 부화를 억제하고, 곤충을 가해하는 데 유럽위원회(EC)가 올 해 사용 승인한 새로운 살충제이다(농촌진흥청 2012).

4. 잔류농약의 위해성평가

해당 작물에서 검출된 농약의 위해성 평가를 위해 잔류농약의 1일 섭취허용량(Acceptable daily intake, ADI) 대비 식이섭취율을 산출하였다(Table 4). 검출된 농약에 대한 위해성은 평균 잔류량으로부터 구한 1일 추정식을 섭취량(Estimated daily intake, EDI)을 1일 섭취 허용량(Acceptable daily intake, ADI)으로 나누어 구한 %ADI 값으로 평가하였다. 평균 잔류량은 미국 EPA의 위해성 평가방법에 따라 검출 한계 이하인 시료수에 검출한계의 절반을 곱한 값을 시료의 평균 잔류량에 합한 후 전체 시료 수로 나누어 구하였다(Ahn 등 2012).

검출된 농약이 잔류하는 해당 농산물의 섭취로 인체에 유입될 1일 추정 섭취량의 %ADI를 살펴보면 근대에서 검출된 acetamiprid가 0.02014%, carbendazim 0.03633%, chlorantraniliprole 0.00142%, chlorfenapyr 0.00538%, cypermethrin 0.11400%, deltamethrin 0.12000%, diazinon 0.28400%, ethoprophos 0.45000%, flubendiamide 0.56882%, flufenoxuron 1.11800%, imidacloprid 0.03033%, indoxacarb 0.31100%, lufenuron 0.44500%, metalaxyl 0.01625%, pencycuron 0.06170%, tralomethrin 0.16000%로 나타났다. 근대에서 검출된 농약성분의 검출농도는 높게 나타나지 않았지만, flufenoxuron의 ADI가 낮게 설정되어 %ADI가 높게 나타났다.

들깨잎의 1일 식이섭취량은 1.7 kg/day로써, %ADI 값은 azoxystrobin 0.80425%, cadusafos 1.02000%, chlorantraniliprole

0.06843%, clothianidin 0.29443%, cypermethrin 9.53700%, diazinon 0.06800%, dimethomorph 0.00255%, endosulfan 0.59500%, etoxazole 6.99550%, imidacloprid 1.02283%, indoxacarb 1.56400%, metalaxyl 0.46750%, tebufenpyrad 3.53600%로 cypermethrin가 가장 높은 %ADI 값을 보였다. 이는 검출농도가 높고 cypermethrin의 ADI가 0.0200 mg/person/day로 다른 성분보다 낮았기 때문으로 생각된다. 이를 제외한 다른 성분들은 매우 낮은 %ADI 값을 보여서 들깨잎에 의한 위해성은 적을 것으로 판단된다.

부추의 %ADI 값은 azoxystrobin 0.16065%, boscalid 1.27925%, carbendazim 46.5273%, chlorfenapyr 0.95462%, cypermethrin 2.93100%, endosulfan 0.51000%, imidacloprid 0.08783%, lufenuron 1.38429%, procymidone 3.89150%로 낮아서 부추의 섭취에 의한 위해성은 적을 것으로 판단된다. 부추의 %ADI 값이 가장 높게 나타난 carbendazim은 검출농도가 높지 않았지만, ADI가 0.0300 mg/person/day로 설정되어 %ADI가 높게 나타났다.

시금치의 1일 식이섭취량은 6.6 kg/day로써, %ADI 값은 acetamiprid 3.81127%, azoxystrobin 3.56730%, bifenthrin 23.2980%, butachlor 4.68600%, chlorantraniliprole 0.04257%, chlorfenapyr 1.01538%, chlorothalonil 35.6400%, chlorpyrifos 2.82500%, clothianidin 1.10907%, cypermethrin 1.68300%, diazinon 0.52800%, diethofencarb 0.16116%, dimethomorph 4.07220%, endosulfan 50.8200%, flubendiamide 17.7811%, flufenoxuron 5.80800%, imidacloprid 1.23200%, indoxacarb 7.78800%, iprodione 3.82800%, lufenuron 3.46500%, methoxyfenozide 2.29680%, procymidone 1.82160%, pyridaben 39.2040%, pyridaryl 1.73910%, trifloxystrobin 13.7115%로 낮게 나타나, 시금치에 의한 위해성은 적을 것으로 판단된다. 시금치의 %ADI 값이 가장 높게 나타난 pyridaryl은 ADI가 아주 낮게 설정되어 %ADI가 높게 나타났다.

쑥갓의 1일 식이섭취량은 0.6 kg/day로써, %ADI 값은 acetamiprid 0.18507%, bitertanol 4.74000%, cypermethrin 0.20100%, diazinon 0.67200%, endosulfan 0.40000%로 쑥갓에 위해성은 낮을 것으로 판단된다.

아욱의 1일 식이섭취량은 0.8 kg/day로써, %ADI 값은 acetamiprid 0.29634%, carbendazim 3.03200%, chlorantraniliprole 0.00084%, chlorpyrifos 0.05600%, cyazofamid 0.17224%, deltamethrin 0.64000%, diazinon 0.04800%, diflubenzuron 0.81300%, endosulfan 0.12000, fenitrothion 2.56000%, flubendiamide 27.0023%, imidacloprid 0.25200%, indoxacarb 1.04000%, lufenuron 0.58857%, methoxyfenozide 0.31440%로 flubendiamide가 가장 높게 나타났다. Flubendiamide은 ADI가 0.0170 mg/person/day로 낮게 설정되어 %ADI가 높게 나타났다.

얼갈이배추의 1일 식이섭취량은 10.8 kg/day로써, %ADI 값은 acrinathrin 6.48000%, azoxystrobin 5.44320%, bifenthrin 24.6240%, carbendazim 4.64400%, chlorantraniliprole 0.04941%, chlorfenapyr

Table 4. Risk assessment for pesticides detected from commercial vegetables products in Chungbuk, Korea

Commodity	Pesticide detected	No. of sample detected	MRL (mg/kg)	Average conc. (mg/kg)	Daily food intake (g/day)	ADI ¹⁾ ADI ²⁾		ADI ³⁾ (%)
						(mg/person/day)		
Chard	Acetamiprid	2	3.00	0.143	0.1	0.0000143	0.0710	0.02014
	Carbendazim	1	1.00	0.109	0.1	0.0000109	0.0300	0.03633
	chlorantraniliprole	1	1.00	0.283	0.1	0.0000283	2.0000	0.00142
	Chlorfenapyr	1	0.50	0.014	0.1	0.0000014	0.0260	0.00538
	Cypermethrin	1	1.00	0.228	0.1	0.0000228	0.0200	0.11400
	Deltamethrin	1	1.00	0.120	0.1	0.0000120	0.0100	0.12000
	Diazinon	1	0.10	0.142	0.1	0.0000142	0.0050	0.28400
	Ethoprophos	1	0.02	0.018	0.1	0.0000018	0.0004	0.45000
	Flubendiamide	1	3.00	0.967	0.1	0.0000967	0.0170	0.56882
	Flufenoxuron	1	0.50	1.118	0.1	0.0001118	0.0100	1.11800
	Imidacloprid	1	1.00	0.182	0.1	0.0000182	0.0600	0.03033
	Indoxacarb	1	3.00	0.311	0.1	0.0000311	0.0100	0.31100
	Lufenuron	1	0.20	0.623	0.1	0.0000623	0.0140	0.44500
	Metalaxyl	1	20.0	0.130	0.1	0.0000130	0.0800	0.01625
	Pencycuron	1	0.10	0.327	0.1	0.0000327	0.0530	0.06170
Tralomethrin	1	1.00	0.160	0.1	0.0000160	0.0100	0.16000	
Perilla leaf	Azoxystrobin	4	15.0	0.9462	1.7	0.0016085	0.2000	0.16085
	Cadusafos	1	0.02	0.003	1.7	0.0000051	0.0005	0.00051
	Chlorantraniliprole	1	0.05	0.805	1.7	0.0013685	2.0000	0.13685
	Clothianidin	1	7.00	0.168	1.7	0.0002856	0.0970	0.02856
	Cypermethrin	6	5.00	1.122	1.7	0.0019074	0.0200	0.19074
	Diazinon	1	-	0.002	1.7	0.0000034	0.0050	0.00034
	Dimethomorph	1	7.00	0.003	1.7	0.0000051	0.2000	0.00051
	Endosulfan	1	0.10	0.021	1.7	0.0000357	0.0060	0.00357
	Etoxazole	1	-	1.646	1.7	0.0027982	0.0400	0.27982
	Imidacloprid	1	7.00	0.361	1.7	0.0006137	0.0600	1.02283
	Indoxacarb	2	20.0	0.092	1.7	0.0001564	0.0100	1.56400
	Metalaxyl	1	-	0.220	1.7	0.0003740	0.0800	0.46750
Tebufenpyrad	4	5.00	0.208	1.7	0.0003536	0.0100	3.53600	
Leek	Azoxystrobin	3	2.00	0.189	1.7	0.0003213	0.2000	0.16065
	Boscalid	1	20.0	0.301	1.7	0.0005117	0.0400	1.27925
	Carbendazim	3	1.00	8.210	1.7	0.0139582	0.0300	46.5273
	Chlorfenapyr	1	3.00	0.146	1.7	0.0002482	0.0260	0.95462
	Cypermethrin	6	0.50	0.344	1.7	0.0005862	0.0200	2.93100
	Endosulfan	1	0.10	0.018	1.7	0.0000306	0.0060	0.51000
	Imidacloprid	1	3.00	0.031	1.7	0.0000527	0.0600	0.08783
	Lufenuron	1	0.20	0.114	1.7	0.0001938	0.0140	1.38429
Procymidone	7	5.00	2.289	1.7	0.0038915	0.1000	3.89150	
Spinach	Acetamiprid	1	10.0	0.410	6.6	0.0027060	0.0710	3.81127
	Azoxystrobin	1	20.0	1.081	6.6	0.0071346	0.2000	3.56730
	Bifenthrin	1	2.00	0.353	6.6	0.0023298	0.0100	23.2980
	Butachlor	1	0.10	0.071	6.6	0.0004686	0.0100	4.68600
	Chlorantraniliprole	2	3.00	0.129	6.6	0.0008514	2.0000	0.04257

Table 4. Continued

Commodity	Pesticide detected	No. of sample detected	MRL (mg/kg)	Average conc. (mg/kg)	Daily food intake (g/day)	EDI ¹⁾	ADI ²⁾	ADI ³⁾
						(mg/person/day)		
Spinach	Chlorantraniliprole	1	5.00	0.040	6.6	0.0002640	2.0000	0.01320
	Chlorfenapyr	1	0.50	0.040	6.6	0.0002640	0.0260	1.01538
	Chlorothalonil	1	5.00	1.080	6.6	0.0071280	0.0200	35.6400
	Chlorpyrifos	2	0.01	0.042	6.6	0.0002825	0.0100	2.82500
	Clothianidin	2	3.00	0.163	6.6	0.0010758	0.0970	1.10907
	Cypermethrin	2	2.00	0.051	6.6	0.0003366	0.0200	1.68300
	Diazinon	1	0.10	0.004	6.6	0.0000264	0.0050	0.52800
	Diethofencarb	1	2.00	0.105	6.6	0.0006930	0.4300	0.16116
	Dimethomorph	5	3.00	1.234	6.6	0.0081444	0.2000	4.07220
	Endosulfan	6	20.0	0.462	6.6	0.0030492	0.0060	50.8200
	Flubendiamide	3	0.10	0.458	6.6	0.0030228	0.0170	17.7811
	Flufenoxuron	3	3.00	0.088	6.6	0.0005808	0.0100	5.80800
	Imidacloprid	4	0.50	0.112	6.6	0.0007392	0.0600	1.23200
	Indoxacarb	2	0.50	0.118	6.6	0.0007788	0.0100	7.78800
	Iprodione	1	10.0	0.348	6.6	0.0022968	0.0600	3.82800
	Lufenuron	2	3.00	0.074	6.6	0.0004851	0.0140	3.46500
	Methoxyfenozide	1	10.0	0.348	6.6	0.0022968	0.1000	2.29680
	Procymidone	4	0.20	0.276	6.6	0.0018216	0.1000	1.82160
	Pyridaben	1	5.00	0.594	6.6	0.0039204	0.0100	39.2040
	Pyridaryl	1	5.00	2.635	6.6	0.0173910	1.0000	1.73910
Trifloxystrobin	1	0.10	0.831	6.6	0.0054846	0.0400	13.7115	
Crown daisy	Acetamiprid	1	10.0	0.219	0.6	0.0001314	0.0710	0.18507
	Bitertanol	1	3.00	0.790	0.6	0.0004740	0.0100	4.74000
	Cypermethrin	1	5.00	0.067	0.6	0.0000402	0.0200	0.20100
	Diazinon	2	0.10	0.056	0.6	0.0000336	0.0050	0.67200
	Endosulfan	1	0.20	0.040	0.6	0.0000240	0.0060	0.40000
Marsh mallow	Acetamiprid	1	1.00	0.263	0.8	0.0002104	0.0710	0.29634
	Carbendazim	1	2.00	1.137	0.8	0.0009096	0.0300	3.03200
	Chlorantraniliprole	1	1.00	0.021	0.8	0.0000168	2.0000	0.00084
	Chlorpyrifos	2	0.01	0.007	0.8	0.0000056	0.0100	0.05600
	Cyazofamid	1	0.70	0.366	0.8	0.0002928	0.1700	0.17224
	Deltamethrin	1	0.30	0.080	0.8	0.0000640	0.0100	0.64000
	Diazinon	1	0.10	0.003	0.8	0.0000024	0.0050	0.04800
	Diflubenzuron	1	2.00	2.326	0.8	0.0001626	0.0200	0.81300
	Endosulfan	5	0.10	0.009	0.8	0.0000072	0.0060	0.12000
	Fenitrothion : MEP	1	0.20	0.192	0.8	0.0001536	0.0060	2.56000
	Flubendiamide	1	10.0	5.738	0.8	0.0045904	0.0170	27.0023
	Imidacloprid	3	1.00	0.189	0.8	0.0001512	0.0600	0.25200
	Indoxacarb	1	3.00	0.130	0.8	0.0001040	0.0100	1.04000
	Lufenuron	2	0.20	0.103	0.8	0.0000824	0.0140	0.58857
	Lufenuron	1	2.00	0.006	0.8	0.0000048	0.0140	0.03429
Methoxyfenozide	1	20.0	0.393	0.8	0.0003144	0.1000	0.31440	

Table 4. Continued

Commodity	Pesticide detected	No. of sample detected	MRL (mg/kg)	Average conc. (mg/kg)	Daily food intake (g/day)	ADI ¹⁾		ADI ³⁾ (%)
						(mg/person/day)		
Brassica leafy vegetables	Acrinathrin	2	0.50	0.060	10.8	0.0006480	0.0100	6.48000
	Azoxystrobin	2	2.00	1.008	10.8	0.0108864	0.2000	5.44320
	Bifenthrin	3	2.00	0.228	10.8	0.0024624	0.0100	24.6240
	Carbendazim	1	2.00	0.129	10.8	0.0013932	0.0300	4.64400
	chlorantraniliprole	2	3.00	0.091	10.8	0.0009882	2.0000	0.04941
	Chlorfenapyr	4	0.50	0.063	10.8	0.0006804	0.0260	2.61692
	Chlorothalonil	1	5.00	0.010	10.8	0.0001080	0.0200	0.54000
	Cypermethrin	4	5.00	0.308	10.8	0.0033264	0.0200	16.6320
	Deltamethrin	1	1.00	0.023	10.8	0.0002484	0.0100	2.48400
	Diazinon	2	0.10	0.017	10.8	0.0001890	0.0050	3.78000
	Diethofencarb	1	2.00	0.096	10.8	0.0010368	0.0200	5.18400
	Dimethomorph	8	2.00	0.316	10.8	0.0034128	0.2000	1.70640
	Diniconazole	2	0.30	0.030	10.8	0.0003240	0.1000	0.32400
	Endosulfan	3	0.20	0.041	10.8	0.0004428	0.0060	7.38000
	EPN	1	0.05	0.040	10.8	0.0004320	0.0014	30.8571
	Fenvalerate	1	1.00	0.217	10.8	0.0023436	0.0200	11.7180
	Flufenoxuron	4	0.50	0.251	10.8	0.0027108	0.0100	27.1080
	Indoxacarb	4	2.00	0.114	10.8	0.0012312	0.0100	12.3120
	Lufenuron	5	0.20	0.024	10.8	0.0002592	0.0140	1.85143
	Procymidone	2	5.00	0.305	10.8	0.0032940	0.1000	3.29400
Thiamethoxam	1	1.00	0.071	10.8	0.0007668	0.0120	6.39000	
Triadimefon	1	0.10	0.030	10.8	0.0003240	0.0300	1.08000	

¹⁾ EDI = Average concentration (mg/kg) × daily food intake(bw/day)/1,000

²⁾ ADI (daily agricultural pesticide intake) = Lowest NOAEL/Safety Factor

³⁾ ADI (%) = EDI/ADI × 100

2.61692%, chlorothalonil 0.54000%, cypermethrin 16.6320%, deltamethrin 2.48400%, diazinon 3.78000%, diethofencarb 5.18400%, dimethomorph 1.70640%, diniconazole 0.32400%, endosulfan 7.38000%, EPN 30.8571%, fenvalerate 11.7180%, flufenoxuron 27.1080%, indoxacarb 12.3120%, lufenuron 1.85143%, procymidone 3.29400%, Thiamethoxam 6.39000%, Triadimefon 1.08000%로 나타났다. Azoxystrobin은 ADI가 낮게 설정되어 %ADI가 높게 나타났다. 열갈이배추에 의한 위해성은 적을 것으로 판단된다.

검출된 농약은 MRL 이하로 ADI가 낮아서 안전한 것으로 생각되지만, 근대, 들깻잎, 부추, 시금치, 쑥갓, 아욱, 열갈이배추에서 안전사용기준이 설정되지 않은 cypermethrin과 같은 농약이 검출된 것은 문제가 있고, cabendazim, endosulfan, etoxazole 등의 농약성분이 허용기준치의 15배 이상 검출된 것도 문제가 있다. 따라서 등록된 약제만을 사용하는 등 올바른 농약 사용에 대한 체계적이고 지속적인 지도가 필요하다.

Jeon 등(2006)에 따르면 농산물에 잔류하는 농약은 조리

및 섭취 전에 충분히 세척하고 소독해 주면 상당량이 제거된다고 하므로 식재료 사용에 대한 교육을 시키면 어느 정도 개선될 것으로 보인다.

요약 및 결론

2010년부터 2012년까지 충북지역 시장, 대형마트 등에서 유통되고 있는 학교급식에 공급되고 있는 근대, 들깻잎, 부추, 시금치, 쑥갓, 아욱, 열갈이배추를 대상으로 GC/ECD와 GC/MSD를 사용하여 205종의 농약에 대하여 잔류 검사를 하였다. 그 결과, 농약성분은 시금치 23.4%, 열갈이배추 20.6%, 근대 14.9%, 아욱 14.0%, 들깻잎 13.1%, 부추 8.4%, 쑥갓 5.6% 순으로 검출되었으며, 이중 잔류허용기준을 초과한 것은 시금치, 근대, 부추, 들깻잎, 아욱 순으로 양이 많았다. 쑥갓과 열갈이배추는 대부분의 농약이 잔류허용기준 이하였다. 잔류허용기준을 초과한 농약은 chlorpyrifos, cypermethrin, diflubenzuron,

endosulfan, flufenoxuron, etoxazole lufenuron, carbendazim, trifloxystrobin, pencycuron, procymidone 11종으로 초과 농산물은 부추, 시금치, 들깻잎, 근대, 아욱이었다. 검출된 농약과 그 검출량을 토대로 1일 섭취허용량을 산출하여 식품을 통해 매일 섭취되는 농약이 인간에게 미치는 위해도를 평가한 결과, ADI 대비 최저 0.00084%에서 최고 50.8200로 낮은 %ADI 값을 보였고, 7품목에 대한 농산물 섭취에 위한 위해성은 낮은 것으로 판단되었다. 이상의 결과로 볼 때 현재 우리나라 학교급식 식재료 채소의 잔류농약의 위해성은 문제가 없는 것으로 판단된다. 현재 잔류농약에 대한 규제는 강화되고 있으므로 안전성에 대한 소비자의 불안감은 줄어들 것으로 보이지만 학교급식에서 다빈도로 사용되고 있으므로 계속 모니터링이 필요할 것으로 보인다.

References

- Ahn JW, Jeon YH, Hwang JI, Kim HY, Kim JH, Chung DH, Kim JE. 2012. Monitoring of pesticide residues and risk assessment for fruit vegetables and root vegetables of environment-friendly certified and general agricultural products. *Korean J Environ Agric* 31:164-169
- Cho TS, Moon YH. 2000. Recognition of farmer and urban resident on pesticide toxicity. *Kor J Pest Sci* 4:48-55
- Do JA, Lee HJ, Shin YW, Choe WJ, Chae KR, Soon KC, Kim WS. 2010. Monitoring of pesticide residues in domestic agricultural products. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:902-908
- Han KT, Lee KS, Lee EK, Lee YJ, Ko KY, Won DJ, Lee JW, Kwon SD. 2003. Pesticide residue survey and estimate intake amount of vegetables in Noeun wholesale market, Daejeon. *Korean J Environ Agri* 22:210-214
- Hong MK, Won KP, Hwang IG, Choi DM, Le KB, Oh GS, Suh JH, Hu SJ, Im MH, Jeong SY, Yoo JL, Lee KJ, Lee EK. 2002. Monitoring of pesticide residues in foods in minor crop (vegetables), nuts & seeds, peas and potatoes. *The Annual Report of KFDA* 6:67-75
- Jang MR, Moon HK, Kim TR, Yuk DH, Kim EH, Hong CK, Choi CM, Hwang IS, Kim JH, Kim MS. 2011. The survey on pesticide residues in vegetables collected in Seoul. *Korean J Pesticide Sci* 15:114-124
- Jeon JS, Kwon MJ, O SH, Nam HJ, Kim HY, Go JM, Kim YH. 2006. A survey on the pesticide residues on agricultural products on the markets in Incheon area from 2003 to 2005. *Korean J Environ Agri* 25:180-189
- KFDA. 2005. Korea Food Code. Seoul, Korea
- Kim HJ. 2009. Analysis of pesticide residues on agricultural products in Busan. Master thesis, Gyeongsang National Uni. Busan, Korea
- Kim HY, Jeon YH, Hwang JI, Kim JH, Ahn JW, Chung DH, Kim JE. 2011. Monitoring of pesticide residues and risk assessment for cereals and leafy vegetables of certificated and general agricultural products. *Korean J Environ Agric* 30:440-445
- Kim HY, Lee SY, Kim CG, Choi EJ, Lee EJ, Jo NG, Lee JM, Kim YH. 2013. A survey on the pesticide residues and risk assessment for agricultural products on the markets in Incheon area from 2010 to 2012. *Korean J Environ Agric* 32:61-69
- Kim HY, Yoon SH, Park HJ, Lee JH, Gwak IS, Moon HS, Song MH, Jang YM, Lee MS, Park JS, Lee KH. 2007. Monitoring of residual pesticides in commercial agricultural products in Korea. *Korean J Food Sci Technol* 39:237-245
- Korea Food and Drug Administration(KFDA). 2005. MRLs for pesticide in foods. 11-12
- Kwon SM, Park EH, Kang JM, Jo HC, Jin SH, Yu PJ, Ryu BS, Jeong GH. 2010. Pesticide residues survey on agricultural produces before auction at whole market in Busan area during 2006~2008. *Korean J Pestic Sci* 14:86-94
- Lee SR, Lee MG, Kim NH. 1995. Computation of theoretical maximum daily intake and safety index of pesticides by Korean population. *Korean J Food Sci Technol* 27:618-624
- Lee SR, Lee MG. 1994. Estimation of the dietary intake of organophosphorus pesticide by the Korea population in 1998~1990. *Korea J Environ Agric* 13:66-75
- Park BJ, Son KA, Paik MK, Kim JB, Hong SM, Im GJ, Hong MK. 2010. Monitoring of neonicotinoid pesticide residue in fruit vegetable and human exposure assessment. *Korean J Pestic Sci* 14:104-109
- Seo JW. 2010. Survey pesticide residues of commercial agricultural products in Daejeon city. Master's thesis, Chungnam National Uni. Daejeon, Korea
- Yang YS, Seo JM, Kim JP, Oh MS, Chung JK, Kim ES. 2006. A survey on pesticide residues of imported agricultural products circulated in Gwangju. *J Food Hyg Safety* 21:52-59
- 농림수산식품부. 2009. 농식품안전백서. pp. 9-10
- 농업공업협회. 2006. 농약사용지침서. pp. 480-481
- 농촌진흥청 2012. <http://rda.go.kr>

식품나라. <http://www.foodnara.go.kr/> 유럽관보게재. 2013.2.22
식품의약품안전처 잔류농약데이터베이스. 2006. http://fse.foodnara.go.kr/residue/pesticides/pesticides_info.jsp. 2013.10.15. 방문
식품의약품안전처. 2012. 식품공전

한국작물보호협회. 2012. 작물보호제지침서

접 수 : 2013년 11월 18일
최종수정 : 2013년 12월 2일
채 택 : 2013년 12월 5일