

국민건강영양조사에 근거한 채소류 섭취에 따른 서울시민의 잔류 농약 노출량 평가

장미라^{1§} · 문현경² · 김태랑¹ · 육동현¹ · 황인숙¹ · 김무상¹ · 김정헌¹ · 채영주¹

서울시보건환경연구원 강남농수산물검사소, ¹ 단국대학교 식품영양학과²

Exposure Assessment for Pesticide Residues in Vegetables using Korea National Health and Nutrition Examination Survey Data for Seoulites

Jang, Mi-Ra^{1§} · Moon, Hyun-Kyung² · Kim, Tae-Rang¹ · Yuk, Dong-Hyun¹
Hwang, In-Sook¹ · Kim, Moo-Sang¹ · Kim, Jung-Hun¹ · Chae, Young-Zoo¹

¹Gangnam Agro-marin Products Inspection Center, Seoul Metropolitan Government Research Institute of Public Health and Environment, Seoul 138-701, Korea

²Department of Food Science & Nutrition, Dankook University, Yongin 448-701, Korea

ABSTRACT

The characteristics of pesticide residues were examined in 18,069 samples from 91 vegetable commodities collected in Seoul from 2007 to 2009, and the vegetable dietary intakes of Seoulites were estimated using the Korea National Health and Nutrition examination survey data from 2008. The hazard index was calculated using vegetable pesticide residues and dietary vegetable intake by Seoulites. Detection rates for pesticide residues in vegetables were 11.2 % in 2007, 8.6 % in 2008, and 12.0 % in 2009. Excess rate of Maximum Residue Limits tended to decline from 4.6 % in 2007, to 2.8 % in 2008, and 2.1 % in 2009. Daily vegetable intake for Seoulites was 288.12 ± 214.8 g, and vegetable intake by males was more than that of females ($p < 0.001$). The hazard index was the highest at 2.76×10^{-2} in 2007, and the lowest at 1.69×10^{-2} in 2009. The risks caused by multiple pesticides in vegetables were very low and vegetable intake was safe considering the hazard index values. (Korean J Nutr 2011; 44(5): 443 ~ 452)

KEY WORDS: exposure assessment, pesticide residues, vegetable intakes, hazard index.

서 론

인류의 생존을 위한 식품의 근원은 농산물이다. 이러한 농산물의 안정적인 생산과 공급 및 안전성 확보는 특별한 관리가 필요한 분야이다.¹⁾ 인간은 평생동안 식품섭취를 통해 필요한 영양소와 에너지를 얻는다. 그러나 섭취되는 식품이 각종 유해물질에 오염되었을 경우 식품을 섭취하는 목적과 다르게 인체에 부정적인 영향을 나타낼 수 있다. 많은 연구들에 의하면 과일 및 채소류의 섭취는 건강과 밀접한 연계성이 있으며, 섭취량이 많을수록 심혈관질환, 암 등의 발병률과 사망률이 감소하는 것으로 알려져 있다.²⁾ 2005년 국민건강영양조사에 의

하면 한국인의 식물성 식품섭취량은 1,012.8 g/day이며 이 중 채소류 섭취량은 327 g/day로 곡류와 함께 차지하는 비중이 크다.³⁾ 이러한 채소류는 단위면적당 생산량을 극대화하기 위해 집약재배 방식으로 생산되고 생식의 빈도가 높기 때문에 최종소비자가 농약과 같은 유해화학물질에 직접 노출될 가능성이 높은 식품이다. 국민의 건강의식 향상으로 친환경농업과 친환경농산물 수요가 급증하여 유기농, 친환경농산물의 재배가 증가하고 있지만 채소류 재배에 농약의 사용을 완전히 배제할 수는 없는 실정이다. 농약은 생물을 살멸하는 화합물로서 정도의 차이는 있으나 독성이 있어 국내·외적으로 농산물 중의 잔류, 인체에 대한 독성, 환경에 대한 영향 등 안전성에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. 우리나라는 1968년부터 농약 모니터링을 실시하였으며, 현재 총 425종의 농약성분에 대하여 농산물의 농약잔류허용기준을 설정하여 관리하고 있다.⁴⁻⁶⁾

농산물에 잔류하는 농약은 적은 양으로 농산물의 1일 섭취량을 고려하면 급성독성을 일으킬 가능성은 매우 낮으나 농

접수일: 2011년 10월 1일 / 수정일: 2011년 10월 13일

채택일: 2011년 10월 15일

[§]To whom correspondence should be addressed.

E-mail: jangmr@seoul.go.kr

산물을 비롯한 식품은 일생동안 섭취하기 때문에 검출빈도와 그 수준이 높아질수록 농약의 만성독성이 문제될 수 있다.⁷⁾ 따라서 잔류농약이 함유된 채소류로부터 최종소비자를 보호하기 위해서는 잔류농약의 특성 및 농도와 식이 섭취 양상 등을 파악하여 채소류 섭취에 따른 농약노출량 및 위해성 평가 등이 종합적으로 이루어져야 한다.

본 연구는 2007년부터 2009년까지 서울 강남지역의 시장, 대형 마트 및 백화점에서 유통되고 있는 채소류를 대상으로 검출농약과 잔류허용기준초과 농약의 실태를 조사하였으며, 2008년 국민건강영양조사 자료를 이용하여 서울시민의 채소 섭취량을 산정하였다. 또한 잔류농약 농도와 채소섭취량을 이용하여 서울시민의 채소류 섭취에 따른 잔류농약의 노출수준을 평가하였다.

재료 및 방법

재 료

본 연구에 사용된 채소류 시료는 2007년 1월부터 2009년 12월까지 3년 동안 서울의 강남지역시장, 대형 판매점 및 백화점에서 유통된 채소류로 엽채류, 엽경채류, 근채류 및 과채류 91종 18,069건이다 (Table 1).

분석대상 농약

분석 대상 농약성분은 가스크로마토그래프 (gas chromatograph, GC) 및 액체크로마토그래프 (highperformance liquid chromatograph, HPLC)로 동시 분석하였으며, 2007년과 2008년에는 246종, 2009년에는 258종을 분석 대상으로 하였다. Table 2에 기기별로 분석한 농약을 나타내었다.

시약 및 기기

농약 표준품은 Dr. Ehrenstorfer GmbH (Augsburg, Germany)와 Wako (Osaka, Japan)제품을 사용하였다. 추출 및 정제 용매인 acetone, dichloromethane, hexane은 Kanto (Tokyo, Japan)제품을 acetonitrile, methanol은 J. T. Baker (Phillipsburg, NJ, USA)제품을 사용하였다. 분석기기로 GC/NPD (gas chromatograph/nitrogen phosphorous detector)와 GC/

μECD (gas chromatograph/micro electron capture detector)는 6890N (Agilent, Santa Clara, CA, USA)을 사용하였고, HPLC/DAD (high performance liquid chromatograph/diode array detector)는 1100 series (Agilent, USA)를 사용하였다. 검출된 농약성분 확인을 위한 GC/MSD (chromatograph-mass spectrometry detectors)는 6890N (Agilent, Santa Clara, CA, USA)을 사용하였다.

실험방법

시료는 식품공전의 식품 중 농약잔류시험법⁸⁾에 따라 처리하여 가식부를 시험부위로 하였다. 추출 및 정제는 다중농약 다 성분시험법⁹⁾과 Lee¹⁰⁾의 동시 다성분 분석법에 따라 하였고 GC/μECD, GC/NPD 및 HPLC/DAD를 이용하여 분석하였다. 기기 분석조건은 Table 3~5에 나타내었다.

일일추정섭취량 산출 및 노출량 평가 방법

채소류의 일일섭취량은 2008년 질병관리본부에서 실시한 국민건강영양조사 제 4기 2차년도 자료를 활용하여 추정하였다. 이번 연구에 활용한 국민건강영양조사 제 4기 2차년도 (2008년)는 1인 이상 참여한 가구의 가구원 전체 (10,539명)를 대상으로 하였으며, 이중 8,641명을 조사하여 참여율은 82.0%였으며 서울시민은 1,381명으로 76.9%이었다.¹¹⁾

농약의 평균 일일추정섭취량 (estimated daily intake, EDI)은 각 채소류에 잔류하는 농약 평균 잔류량과 각 채소류의 일일섭취량 곱의 합을 몸무게로 나누어 식 1과 같이 산출하였다.

$$\text{Estimated Daily Intake (mg/kg body weight/day/person)} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k [(Pesticide \text{ Average Conc. (mg/kg)})_i \times (Daily \text{ Vegetable Intake (kg/day/person)})_j] / (Body \text{ Weight (kg)})$$

(식 1)

인체노출량 계산에 필요한 평균 몸무게는 산업자원부 기술 표준원에서 제공하는 자료를 이용하였다.¹²⁾ 한국 성인 (19~65세) 평균 몸무게는 각각 남자 69.6 kg, 여자 56.4 kg이었으며, 성인 평균 몸무게는 63.0 kg을 이용하였다. 또한 식품의약품 안전청 (Korea Food Drug Administration, KFDA) 잔류농약 데이터베이스¹³⁾의 ADI (Acceptable daily Intake)와 비교하여 위해지수 (Hazard Index, HI)를 산출하고 이를 바탕으로 채소류 섭취로 인한 다성분 잔류농약에 대한 일일추정섭취량의 안전성을 평가하였다. 이때 ADI값이 설정되지 않는 물질은 KFDA 잔류농약 데이터베이스에 있는 일본이나 국제식품규격위원회 (CODEX), 유럽연합 (EU) 자료를 이용하였다.

HI는 식 2와 같이 계산하였으며 1 이하인 경우 채소류 섭취로 인한 위해도는 안전역에 속해 있음을 의미하고 1을 초과하는 경우에는 건강상 위해한 영향을 발생할 가능성이 있음을

Table 1. Analyzed vegetable groups

Group	No. of sample		
	2007	2008	2009
Leafy vegetables	4,259	4,552	4,972
Stalk and stem vegetables	717	514	581
Root and tuber vegetables	178	316	401
Fruiting vegetables	378	572	629
Total	5,532	5,954	6,583

Table 2. Pesticides analyzed by GC and HPLC

Classification	Dected by GC/NPD		Dected by GC/μECD		Dected by HPLC/DAD
Insecticide	Azinphos-methyl	Methidathion	Acrinathrin	Permethrin	Acetamiprid
	Buprofezin	Mevinphos	Aldrin	Phenothrin ^b	Alanycarb
	Cadusafos	Monocrotophos	Bhc	Pyrethrins	Carbosulfan
	Carbophenothion	Omethoate	Bifenthrin	Pyridalyl	Clothianidin
	Chlorfenvinphos	Parathion	Chlordane ^b	Pyrimidifen	Diflubenzuron
	Chlorpyrifos	Parathion-methyl	Chlorfenapyr	Quinalphos ^b	Flufenoxuron
	Chlorpyrifos-methyl	Penthoate	Chlorfluazuron	Tefluthrin	Hexaflumuron
	Diazinon	Phorate	Cycloprothrin	Tralomethrin	Imidacloprid
	Dichlorvos (ddvp)	Phosalone	Cyfluthrin	Triazamate	Lufenuron
	Dimethoate	Phosmet	Cyhalothrin		Methoxyfenozide
	Dimethylvinphos	Phosphamidone	Cypermethrin		Pymetrozine
	Disulfoton	Phoxim	Ddt		Pyriproxyfen
	Epn	Pirimicarb	Deltamethrin		Spiromesifen
	Ethion	Pirimiphos-ethyl	Dicofol		Tebufenozide
	Ethoprophos	Pirimiphos-methyl	Dieldrin		Teflubenzuron
	Etrifos	Profenofos	Endosulfan		Thiacloprid
	Fenitrothion	Prothiofos	Endrin		Thiamethoxam
	Fenoxycarb	Pyraclofos	Fenpropathrin		Triflumuron ^b
	Fenthion	Pyridaben	Fenvalerate		
	Formothion	Pyridaphenthion	Fipronil		
	Fosthiazate	Tebupirimfos	Flonicamid ^b		
	Furathiocarb	Terbufos	Flucythrinate		
	Isazofos	Thiometon	Fluvalinate		
	Isofenphos	Triazophos	Heptachlor		
	Malathion	Trichlorfon	Indoxacarb		
	Mecarbam	Vamidothion	Methoxychlor		
	Methamidophos		Novaluron ^b		
Fungicide	Benalaxyl ^a	Penconazole	Captafol	Ofurace	Azoxystrobin
	Biteranol	Pencycuron	Captan	Prochloraz	Benomyl
	Carboxin	Propamocarb	Chlorothalonil	Procymidone	Boscalid
	Chinomethionate	Propiconazole	Dichlofluanid	Quintozene	Carbendazim
	Cyproconazole	Pyrzophos	Dicloran	Tecnazene	Cyazofamid ^b
	Cyprodinil	Tebuconazole	Diniconazole	Tetraconazole	Cyflufenamid ^b
	Diethofencarb	Thiophanate-methyl	Fenamidone	Thifluzamide	Cymoxanil
	Diphenylamine	Triadimefon	Fenarimol	Tiadinil ^b	Dimethomorph
	Edifenphos	Triadimenol	Fenbuconazole ^b	Tolclofos-methyl	Ethaboxam
	Fluazinam	Tricyclazole	Fenoxanil	Tolyfluanid	Fenhexamid
	Fludioxonil		Flusulfamid ^b	Triflumizole	Ferimzone
	Flusilazole		Flutolanil	Vinclozolin	Fluquinconazole
	Iprobenfos (IBP)		Folpet	Zoxamide	Imibenconazole
	Kresoxim-methyl		Fthalide		Iprovalicarb
	Mepanipyrim		Hexaconazole		Pyraclostrobin
	Mepronil ^b		Imazalil		Pyributicarb
	Metaxyl		Iprodion		Pyrimethanil
	Metconazole		Isoprothiorane		Pyroquilon
	Myclobutanil ^b		Nitrapyrin		Simeconazole ^b
	Oxadixyl		Nuarimol		Trifloxystrobin

Table 2. Continued

Classification	Detected by GC/NPD		Detected by GC/μECD		Detected by HPLC/DAD
Herbicide	Anilofos	Pyriminobac-methyl	Acetochlor	Mefenacet	Azafenidin ^a
	Dimepiperate	Simazine	Alachlor	Metobromuron	Chlorpropham
	Dimethenamid	Simetryn	Bifenox	Metolachlor	Cinosulfuron
	Diphenamid	Terbutryne	Bromacil	Norflurazon	Cyhalofop-butyl
	Esprocarb	Terbutylazine	Butachlor	Oxadiazon	Flufenacet
	Linuron	Thiazopyr	Dichlobenil	Oxyfluorfen	Flumioxazine
	Metribuzin	Thiobencarb	Diclofop-methyl	Propanil	Methabenzthiazuron
	Molinate		Dithiopyr	Propisochlor	Oryzalin
	Napropamide		Diuron	Triallate	Oxaziclomefone
	Pendimethalin		Ethalfuralin	Trifluralin	Pentoxazone
	Pretilachlor		Fluazifopbutyl		Pyrazolate
	Prometryne		Indanofan		Thenylchlor
Miticide	Clofentezine ^a	Fenothiocarb	Bromopropylate	Tetradifon	Benzoximate
	Etoxazole	Tebufenpyrad	Chlorobenzilate		Fenpyroximate
	Fenazaquin		Spirodiclofen ^b		Fluacrypyrim
Nematicide	Fenamiphos	Fensulfothion			
Growth regulator	Paclobutrazol		Dimethipin ^a	Forchlorfenuron ^b	
Plant activator			Probenazole		

a: Analyzed only in 2007, b: Analyzed in 2008 and 2009

Table 3. Analytical conditions of GC/NPD and GC/μECD

Instrument	Agilent 6890N	
Detector	Nitrogen-phosphorus detector	μElectron capture detector
Column	DB-1701 14% cyanopropyl phenyl methyl (30 m × 320 μm ID × 0.25 μm film thickness) HP-5 5% phenyl methyl siloxane (30 m × 320 μm ID × 0.25 μm film thickness)	
Oven temp.	100℃ (2 min)→10℃/min→200℃ (1 min)→10℃/min→ 260℃ (9 min)	150℃ (2 min)→10℃/min→240℃ (2 min)→15℃/min→ 270℃ (25 min)
Injection temp.	210℃	230℃
Detector temp.	320℃	280℃
Gas flow	N ₂ (1.5 mL/min) Air (60 mL/min) H ₂ (4 mL/min)	N ₂ (1.5 mL/min)

Table 4. Analytical conditions of GC/MSD

Instrument	Agilent 6890N, 5975 MSD	
Column	HP-5MS 5% phenyl methyl siloxane (30 m × 250 μm ID × 0.25 μm film thickness)	
Oven temp.	100℃ (2 min)→10℃/min→280℃ (10 min)	
Injection temp.	230℃	
Carrier gas	He (splitless, 1.0 mL/min)	
MSD	Ionization method	Electron impact at 70 eV
	Ion source temp.	230℃
	Transfer line temp.	280℃
	Scan range	50–550 m/z (2.91 scan/sec)

나타낸다. 그러나 HI의 대소가 위해도의 정도를 의미하는 것은 아니다.¹²⁾

$$\begin{aligned}
 \text{Hazard Index} &= (EDI_1/ADI_1) + (EDI_2/ADI_2) + (EDI_3/ADI_3) + \dots \\
 &= \Sigma (EDI_i/ADI_i)
 \end{aligned}
 \quad (\text{식 } 2)$$

통계분석

채소류 중 연도별 농약 잔류수준 비교 및 2008년 국민건강 영양조사 자료 중 서울시민의 채소섭취수준분석을 위하여 평균과 표준편차 등의 기술통계량을 산출하였다. 통계적 유의성 검증을 위하여 t-test, one way ANOVA ($\alpha = 0.05$)를 이용하였으며, one way ANOVA의 사후 분석을 위해 Duncan's multiple range test를 실시하였다. 통계분석은 PASW Statistics 17.0 프로그램을 사용하였다.

결 과

유통 채소류의 농약 잔류 실태

2007년부터 2009년까지 유통 채소류 중 농약이 검출된 비율은 각각 11.2%, 8.6%, 12.0%로 나타나 2008년의 농약 검출량이 다른 해에 비해 다소 낮게 나타났다. 농약 잔류허용기준

을 초과한 비율은 2007년 4.6%, 2008년 2.8% 2009년 2.1%로 감소하는 경향을 나타내었다.

채소류별 농약 검출건수는 3년 동안 엽채류가 가장 많았지만, 농약이 검출된 비율은 2007년과 2009년은 엽채류가, 2008년에는 엽채류가 높은 비율을 보였다. 잔류허용기준을 초과하는 경우는 3년 모두 들깨잎을 비롯한 엽채류가 높았으며, 점차 낮아지는 경향을 나타내었다.

2007년부터 2009년까지 검출빈도가 높은 농약성분은 Ta-

ble 6과 같았으며 검출빈도가 높은 농약성분은 살균제 9종, 살충제 8종으로 비슷했으며, 이외에 식물생장조절제 1종, 살비제 1종이었다. Diazinon 검출량은 2009년이 다른 연도보다 높게 나타났고, endosulfan은 2007년, paclobutrazol은 2009년에 높게 나타났다 ($p < 0.05$). Procymidone 검출량은 2007년은 2008년과, 2008년은 2009년과 각각 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다 ($p < 0.05$). 이는 매년 강우량, 일조량과 같은 기후, 재배환경과 농약사용법 준수 여부 등 다양한 요인에 의해 발생한 것으로 판단된다. 따라서 채소류섭취로 인한 다중농약 노출량 평가는 3년간의 농약 잔류량을 통합하지 않고 각 연도 별로 평가하였다.

서울시민의 채소류 섭취량

서울시민과 서울시민을 제외한 한국인의 채소류 섭취량 차이를 알아보기 위해 Table 7과 같이 서울시민과 서울시민을 제

Table 5. Analytical conditions of HPLC/DAD

Instrument	Agilent 1100 series		
Column	ZORBAX Eclipse XDB-C18 (5.0 μ m, 4.6 \times 150 mm)		
Detector	Diode array detector (λ : 254 nm, scan λ : 190–400 nm)		
Flow rate	1.0 mL/min		
Column oven	30 $^{\circ}$ C		
Injection vol.	10 μ L		
Mobile phase	A (water), B (methanol)		
	Time (min)	A (%)	B (%)
	0.00	70	30
	5.00	50	50
	10.00	20	80
	15.00	5	95
	20.00	0	100
	23.00	50	50
	25.00	70	30

Table 7. Comparison of vegetable intakes for Korean and Seoultite

Group	Gender	N	Vegetable intakes ¹⁾
Seoulite	Mean	1,365	288.12 \pm 214.8
	Male	554	327.05 \pm 232.8*
	Female	811	261.53 \pm 197.4*
Korean ²⁾	Mean	7,185	287.28 \pm 231.6
	Male	3,101	317.06 \pm 247.3*
	Female	4,084	264.66 \pm 216.3*

1) Mean \pm SD, g/day 2) Except of Seoultite

*: p from t-test < 0.001

Table 6. Comparison of pesticide residues in vegetables from 2007 to 2009

Classification	Pesticide	Year					
		2007		2008		2009	
		N	Mean \pm SD ¹⁾	N	Mean \pm SD ¹⁾	N	Mean \pm SD ¹⁾
Insecticide	Bifenthrin	19	0.205 \pm 0.20	12	0.206 \pm 0.24	24	0.193 \pm 0.18
	Chlorfenapyr	38	0.232 \pm 0.36	43	0.194 \pm 0.45	46	0.219 \pm 0.52
	Chlorpyrifos	15	0.260 \pm 0.32	10	0.208 \pm 0.09	—	—
	Cypermethrin	21	0.555 \pm 0.37	39	0.540 \pm 0.62	37	0.918 \pm 0.86
	Diazinon	32	0.854 \pm 1.29 ^{ab}	21	0.794 \pm 1.23 ^a	56	0.176 \pm 0.46 ^b
	Endosulfan	98	0.666 \pm 1.58 ^a	79	0.227 \pm 0.42 ^b	100	0.298 \pm 0.79 ^b
	Indoxacarb	17	1.187 \pm 1.29	16	0.884 \pm 0.75	12	1.166 \pm 1.24
	Pyridalyl	14	0.626 \pm 0.54	12	0.722 \pm 0.82	9	0.637 \pm 0.54
Fungicide	Azoxystrobin	75	2.001 \pm 2.47	39	1.546 \pm 2.33	59	2.041 \pm 2.74
	Carbendazim	18	4.680 \pm 3.36	17	2.778 \pm 2.92	32	1.780 \pm 2.00
	Chlorothalonil	19	3.277 \pm 7.77	—	—	11	5.623 \pm 8.84
	Diethofencarb	24	1.271 \pm 1.52	22	2.721 \pm 5.06	59	1.294 \pm 2.12
	Dimethomorph	18	2.464 \pm 1.79	24	2.553 \pm 3.17	35	2.437 \pm 1.90
	Diniconazole	25	0.553 \pm 0.68	11	0.807 \pm 1.56	52	0.473 \pm 0.07
	Fludioxonil	—	—	11	1.272 \pm 1.43	12	1.987 \pm 2.96
	Procymidone	137	2.390 \pm 4.13 ^a	84	1.605 \pm 2.87 ^{ab}	188	1.061 \pm 2.81 ^b
	Vinclozolin	12	0.955 \pm 2.55	—	—	9	0.915 \pm 1.84
Growth regulator	Paclobutrazol	39	2.530 \pm 2.38 ^a	29	1.828 \pm 2.12 ^a	24	0.765 \pm 0.96 ^b
Miticide	Tebufenpyrad	12	0.632 \pm 0.68	12	0.284 \pm 0.31	15	0.604 \pm 0.80

1) Pesticides concentration (mg/kg) 2) One way ANOVA test ($\alpha = 0.05$), a, b, ab: Duncan's multiple range test ($p < 0.05$)

외한 한국인의 채소류 섭취량을 비교하였다. 일일 평균 섭취량은 각각 288.12 ± 214.8 g, 287.28 ± 231.6 g으로 두 그룹의 채소류 섭취량은 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 전 국민의 채소섭취량은 비슷한 것으로 나타났다. 그러나 서울시민의 성별 평균 채소류 섭취량은 통계적으로 유의한 차이 ($p < 0.001$)가 나타났으며, 서울시민을 제외한 한국인도 성별 평균 채소류 섭취량은 통계적으로 유의한 차이 ($p < 0.001$)를 확인할 수 있었다. 남자의 채소류 섭취량이 여자의 채소류 섭취량에 비해 서울시민이 65.52 g, 서울시민을 제외한 한국인

이 52.40 g 더 높은 것으로 나타났다. 그러나 동일 성별의 채소류 섭취량은 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

농약이 검출된 채소류 섭취량

2007년부터 2009년까지 분석한 채소류 중 농약이 검출된 37종에 대해 2008년 국민건강영양조사자료의 식품코드를 이용하여 산출한 채소류 섭취량은 Table 8과 같다. 쌀 다음으로 많이 먹는 식품인 김치섭취량은 점진적으로 증가하는 추세이

Table 8. Daily intakes of vegetables for Seoullite

Commodity	Mean (g/day)		Male (g/day)		Female (g/day)	
	Seoullite	Adult	Seoullite	Adult	Seoullite	Adult
Amaranth	0.36	0.58	0.17	0.37	0.51	0.71
Betterbur	0.12	0.24	0.12	0.26	0.13	0.22
Cabbage	5.98	8.61	6.64	11.06	5.48	7.14
Celery	0.06	0.03	0.04	0.00	0.08	0.05
Chamnamul	0.07	0.14	0.02	0.05	0.11	0.20
Chard	0.29	0.15	0.36	0.07	0.24	0.21
Chicory (leaves)	0.13	0.24	0.20	0.44	0.07	0.12
Chwinamul	1.51	2.03	0.98	1.99	1.91	2.05
Crown daisy	0.79	1.25	1.51	2.73	0.24	0.35
Cucumber	10.37	14.42	8.91	13.04	11.47	15.25
Eggplant	1.26	1.85	0.72	1.18	1.66	2.25
Godlbaggi	0.27	0.52	0.22	0.49	0.31	0.53
Kale	0.09	0.01	0.19	0.00	0.01	0.01
Korean cabbage	71.38	98.04	80.87	128.15	64.22	79.89
Korean melon	4.77	6.07	2.42	3.87	6.54	7.39
Leek	1.61	2.53	1.27	2.22	1.86	2.71
Lettuce(head)	0.63	0.99	0.57	1.05	0.67	0.96
Lettuce(leaf)	4.00	6.41	2.86	4.91	4.86	7.32
Marsh mallow	0.58	0.67	0.37	0.47	0.73	0.79
Mustard green	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01
Mustard leaf	0.84	1.47	0.69	1.44	0.94	1.49
Pak choi	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02
Paprika (sweet pepper)	1.01	1.27	0.70	0.67	1.23	1.63
Pepper	3.19	5.22	3.68	6.88	2.82	4.22
Pepper leaves	0.25	0.43	0.29	0.63	0.23	0.31
Perilla leaves	1.78	2.89	1.48	2.93	2.00	2.86
Radish	26.50	34.79	29.99	47.32	23.86	27.23
Radish leaves	7.95	10.26	7.09	11.44	8.59	9.55
Sedum	0.07	0.12	0.15	0.32	0.00	0.01
Shepherd's purse	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02
Shinsuncho	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01
Spinach	6.64	8.89	7.52	11.30	5.98	7.44
Squash	9.93	13.09	9.98	14.44	9.89	12.28
Ssamchu	0.02	0.05	0.04	0.10	0.01	0.01
Tomato	10.79	15.31	9.29	15.10	11.93	15.44
Water dropwort	0.45	0.73	0.62	1.15	0.32	0.48
Welsh onion	9.11	13.61	11.84	20.74	7.05	9.32
Sum	182.81	252.36	191.84	306.43	175.99	219.78

고,¹³⁾ 우리나라 국민의 채소류 주요 공급원이 김치임을 고려하여, 배추섭취량 산정시 배추가 원료가 되는 배추김치와 백김치를 포함하였다. 무 섭취량에는 깍두기, 나박김치섭취량을 포함하였으며, 파 섭취량에는 파김치를, 열무 섭취량에는 열무김치를 포함하였다. 또한 본 연구에서는 채소류 섭취에 따른 농약노출량을 보수적으로 평가하기 위해 최악의 경우 (worst-case)를 고려하여 김치류에서 원료재료의 중량비가 100%인 것으로 가정하였다. 이 등¹⁴⁾의 연구에서는 김치로부터 원료사용량을 환산하여 배추와 무의 전체소비량을 계산한 조정소비량이 배추 103.3 g, 무 (뿌리) 64.4 g이었다. 서울시민의 배추와 무 섭취량은 각각 71.38 g, 26.50 g으로 이 등¹⁴⁾의 연구 결과보다 적은 것으로 나타났다. 성인의 경우, 배추는 98.04 g으로 비슷하였으나 무는 34.79 g으로 46%나 적게 섭취하는 것으로 나타났다. 국민건강영양조사 제3기 (2005) 심층분석¹³⁾ 결과에 의하면 농촌지역의 김치류 섭취량이 도시지역에 비해 대부분 높은 것으로 나타나 서울시민의 김치류 섭취량도 농촌지역을 포함한 전체 섭취량보다는 더 낮게 나타난 것으로 판단된다. 서울시민의 농약이 검출된 채소류에 대한 1인 1일 총 채소류 섭취량은 182.81 g이었고 성별 채소류 섭취량은 각각 남자 191.84 g, 여자 175.99 g으로 남자의 섭취량이 더 높았다. 1인 1일 평균섭취량이 10 g 이상인 채소류는 배추, 무, 토마토, 오이였으며, 이 중 오이와 토마토는 여자의 섭취량이 더 높은 것으로 나타났다.

농약이 검출된 채소류에 대한 성인 (19~65세)의 1인 1일 총 채소류 섭취량은 252.36 g이었으며 성인의 성별 채소류 섭취량은 각각 남자 306.43 g, 여자 219.78 g으로 성인남자가 더 높은 것으로 나타났다. 성인의 1인 1일 평균섭취량이 10 g 이상인 채소류 중에서 배추의 섭취량이 가장 높았으며 그 다음으로 무, 토마토, 오이 파, 호박, 열무 순이었다. 특히, 파는 다른 채소류에 비해 성인남자의 섭취량이 더 높은 것으로 나타났으며, 오이와 토마토는 성인여자의 섭취량이 높은 것으로 나타났다.

채소류 섭취에 따른 다중농약 성분의 위해지수

2007년부터 2009년까지 채소류 섭취에 따른 다중농약 성분에 대한 성인의 위해지수 (Hazard Index, HI)는 Table 9에 나타내었다. 위해지수가 1보다 작아 채소류 섭취에 기인한 다중 농약성분 노출로 인한 위험은 수용할 만 정도였다. 위해지수는 2007년에 2.76E-2로 가장 높게 나타났고 2009년에는 1.69E-2로 감소하였다.

3년 동안 배추, 시금치, 들깻잎, 상추 등이 다른 채소류에 비해 위해지수에 기여하는 비율이 높았다. 특히 취나물, 토마토, 근대, 겨자채, 셀러리 등의 위해지수는 2007년에 비해 2008년, 2009년에는 감소하는 경향을 나타내었다. 이와 반대로 들깻

잎, 고춧잎, 청경채, 양상추, 오이 등은 2007년에 비해 해가 지난에 따라 증가하는 경향을 나타냈으며, 이는 2009년에 분석 건수가 많아짐에 따라 검출되는 농약이 다양해지고 농약 검출량이 증가하여 위해지수가 커진 것으로 판단된다.

성인의 성별 위해지수는 3년 동안 전체 채소섭취량이 많은 남자가 높게 나타났으며, 채소별 위해지수도 대부분 남자에게서 높게 나타났다. 그러나 토마토, 상추, 취나물, 근대, 비름나물, 참외, 오이, 부추, 들깻잎 등에서는 여자의 위해지수가 남자보다 높게 나타났는데, 이 채소류 섭취량이 여자가 남자보다 더 많아 위해지수가 높게 나타난 것으로 판단된다. 들깻잎의 경우 섭취량이 여자가 남자보다 많지 않음에도 위해지수가 높게 나타난 것은 여자의 평균몸무게가 상대적으로 남자보다 작아 위해지수가 더 높게 나타난 것으로 보인다.

고 찰

본 연구에서는 2007년부터 2009년까지 3년 동안 서울 강남 지역 시장, 대형 마트 및 백화점 등에서 유통되고 있는 채소류를 대상으로 잔류농약 수준을 파악하였고, 2008년 국민건강영양조사 자료를 이용하여 서울시민의 채소섭취량을 산정하였다. 또한 채소류 중 검출빈도가 높은 농약을 대상으로 잔류농약 농도와 채소섭취량을 이용하여 서울시민의 채소류 섭취에 따른 잔류농약의 노출에 대한 안전성을 평가하였다. 농약은 독성물질로 농산물에 사용된다는 점에서 인체에 직접적인 위험을 가져다 줄 수 있다. 따라서 농산물에 잔류하는 농약의 식이섭취량을 추정하여 인체에 대한 위해여부를 판단하고 농약사용에 따른 식품안전성을 확인하는 것이 필요하다.¹⁵⁾

식품섭취로 인한 급성 (acute) 위해영향은 RfD (reference dose)를, 만성 (chronic/long-term)위해 영향은 ADI를 각각 이용하는데, 식품별 농약노출량의 합을 RfD나 ADI와 비교하여 위해성 유무를 판단한다. 국내에서는 잔류허용기준에 근거하여 이론적 식이 섭취량을 계산하여 ADI와 비교한 결과 chlorpyrifos 등 일부 성분의 비율이 높다고 보고하였다.¹⁶⁻¹⁹⁾ 이러한 ADI와의 비교를 통한 위해성 평가는 위해물질의 허용량 결정과 안전사용기준 설정을 위한 기초 자료로서 의미가 있다.²⁰⁾ 최근 잔류농약에 대한 연구는 기본적인 농약 잔류량을 조사하는 모니터링 제도와 더불어 위해성 평가에 초점이 맞추어지고 있다. US EPA (2002)는 다중 농약성분이 식품을 통해 인체에 노출되었을 경우의 위험도 계산식으로 HI (hazard index), RPF (relative potency factor), TEF (toxicity equivalency factor), PODI (point of departure index), MOE (margin of exposure), CRI (cumulative risk index) 등을 제시하고 있다.²¹⁻²⁴⁾

Table 9. HI estimates for adult by vegetables

Commodity	Year								
	Adult			Male			Female		
	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2007	2008	2009
Amaranth	2.71E-04	4.42E-06	2.98E-04	1.54E-04	2.52E-06	1.70E-04	3.70E-04	6.04E-06	4.07E-04
Cabbage	2.52E-04	—	—	2.92E-04	—	—	2.33E-04	—	—
Celery	1.44E-05	5.53E-06	8.87E-08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.58E-05	9.90E-06	1.59E-07
Chamnamul	3.63E-05	2.99E-05	3.39E-05	1.14E-05	9.40E-06	1.06E-05	5.66E-05	4.66E-05	5.27E-05
Chard	1.04E-04	5.72E-05	1.46E-05	4.14E-05	2.28E-05	5.81E-06	1.55E-04	8.54E-05	2.18E-05
Chicory (leaves)	6.25E-05	9.68E-06	3.91E-05	1.03E-04	1.59E-05	6.43E-05	3.55E-05	5.50E-06	2.22E-05
Chwinamul	1.25E-03	6.49E-04	3.55E-05	1.11E-03	5.76E-04	3.15E-05	1.41E-03	7.33E-04	4.01E-05
Crown daisy	3.75E-04	1.42E-04	6.82E-04	7.44E-04	2.81E-04	1.35E-03	1.17E-04	4.44E-05	2.14E-04
Cucumber	3.45E-05	4.31E-05	6.69E-04	2.83E-05	3.53E-05	2.53E-04	4.08E-05	5.09E-05	7.90E-04
Godlbaggi	—	—	2.06E-04	—	—	1.76E-04	—	—	2.38E-04
Kale	1.81E-05	7.17E-07	1.15E-07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.24E-05	1.28E-06	2.05E-07
Korean cabbage	1.88E-02	9.00E-03	9.43E-03	2.22E-02	1.07E-02	1.12E-02	1.71E-02	8.20E-03	8.59E-03
Korean melon	9.47E-06	4.82E-06	6.06E-05	5.47E-06	2.78E-06	3.50E-05	1.29E-05	6.55E-06	8.25E-05
Leek	6.81E-04	1.49E-04	2.32E-04	5.41E-04	1.18E-04	1.85E-04	8.16E-04	1.78E-04	2.78E-04
Lettuce (head)	7.32E-06	1.58E-05	4.84E-05	7.00E-06	1.51E-05	4.63E-05	7.90E-06	1.70E-05	5.22E-05
Lettuce (leaf)	9.54E-04	4.13E-04	6.21E-04	6.61E-04	2.86E-04	4.30E-04	1.22E-03	5.26E-04	7.92E-04
Marsh mallow	5.87E-05	7.46E-05	3.67E-05	3.69E-05	4.69E-05	2.31E-05	7.76E-05	9.86E-05	4.85E-05
Mustard green	1.60E-05	6.63E-06	3.88E-06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.87E-05	1.19E-05	8.85E-06
Mustard leaf	—	3.34E-05	5.85E-05	—	2.97E-05	5.19E-05	—	1.70E-07	6.60E-05
Pak choi	4.56E-07	4.65E-07	5.13E-08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.17E-07	8.32E-07	9.18E-08
Paprika (sweet pepper)	2.57E-06	3.09E-05	5.26E-05	1.23E-06	1.48E-05	2.51E-05	3.69E-06	4.43E-05	7.54E-05
Pepper	2.77E-04	3.90E-04	8.47E-04	3.30E-04	4.65E-04	1.01E-03	2.50E-04	3.52E-04	7.65E-04
Pepper leaves	7.60E-05	2.22E-03	3.92E-04	1.01E-04	2.94E-03	5.18E-04	6.11E-05	1.78E-03	3.16E-04
Perilla leaves	1.38E-03	1.57E-03	1.89E-03	1.26E-03	1.45E-03	1.74E-03	1.52E-03	1.74E-03	2.09E-03
Radish	4.47E-04	3.02E-04	—	5.50E-04	3.72E-04	—	3.91E-04	2.65E-04	—
Radish leaves	5.65E-04	3.04E-04	3.95E-04	5.71E-04	3.07E-04	3.46E-04	5.88E-04	5.59E-05	4.11E-04
Sedum	1.24E-05	1.97E-05	6.89E-06	2.90E-05	4.63E-05	1.61E-05	5.88E-07	9.40E-07	3.28E-07
Shepherd's purse	—	—	1.76E-07	—	—	0.00E+00	—	—	3.16E-07
Shinsuncho	5.42E-08	8.19E-07	1.81E-06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	9.71E-08	1.47E-06	3.24E-06
Spinach	9.54E-04	2.06E-03	9.84E-04	1.10E-03	2.37E-03	1.13E-03	8.92E-04	1.93E-03	9.20E-04
Squash	2.71E-05	2.98E-05	—	2.70E-05	2.98E-05	—	2.84E-05	3.12E-05	—
Ssamchu	3.49E-05	8.73E-06	—	6.79E-05	1.70E-05	—	1.20E-05	3.01E-06	—
Tomato	3.35E-04	1.60E-05	1.17E-05	2.99E-04	1.43E-05	1.05E-05	3.77E-04	1.81E-05	1.32E-05
Water dropwort	1.10E-04	—	3.97E-05	1.57E-04	—	5.66E-05	8.07E-05	—	2.91E-05
Welsh onion	4.87E-04	1.17E-04	2.11E-04	6.71E-04	1.61E-04	2.92E-04	3.72E-04	8.94E-05	1.62E-04
Sum	2.76E-02	1.77E-02	1.69E-02	3.11E-02	2.03E-02	1.89E-02	2.63E-02	1.63E-02	1.60E-02

본 연구에서 2007년부터 2009년까지 서울지역에 유통 중인 채소류에서 농약이 검출된 비율은 2008년의 농약 검출량이 다른 해에 비해 다소 낮게 나타났다. 농약 잔류허용기준을 초과한 비율은 2007년 4.6%, 2008년 2.8% 2009년 2.1%로 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 농산물에 대한 안전성 기준 강화 및 최근 친환경농산물 생산 증가에 따른 환경친화형 농약 개발 등에 의한 것으로 보인다. 또한 농산물의 잔류허용기준 초과비율은 대부분 채소류에 기인하는데 미국 1.6%, EU 2.8%

와 유사한 수준이었다.²⁵⁾

서울시민과 서울시민을 제외한 한국인의 채소류 섭취량을 비교한 결과 일일 평균 섭취량은 각각 288.12 ± 214.8 g, 287.28 ± 231.6 g으로 두 그룹의 채소류 섭취량은 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 따라서 전반적으로 한국인의 채소섭취량은 비슷한 것으로 판단할 수 있다.

3년동안 분석한 채소류 중 농약이 검출된 37종에 대해 2008년 국민건강영양조사자료의 식품코드를 이용하여 산출한 서

울시민의 1인 1일 총 채소류 섭취량은 182.81 g이었고 성별 채소류 섭취량은 각각 남자 191.84 g, 여자 175.99 g으로 남자의 섭취량이 더 높았다. 1인 1일 평균섭취량이 10 g 이상인 채소류는 배추, 무, 토마토, 오이였으며, 이 중 배추의 섭취량이 가장 높았다. 채소류 섭취량을 성별로 살펴보면 체격차이로 인하여 남자의 섭취량이 상대적으로 여자에 비해 높게 나타났으나, 오이와 토마토는 여자의 섭취량이 더 높은 것으로 나타났다.

농약이 검출된 채소류 섭취에 따른 다중농약 성분에 대한 성인의 위해지수는 1보다 작아 채소류 섭취에 기인한 다중 농약 성분 노출로 인한 위해는 낮은 수준이었다. 위해지수는 2007년에 2.76E-2로 가장 높게 나타났고 2009년에는 1.69E-2로 감소하였다. 이는 채소류 중 잔류농약 허용기준초과율의 감소추세와 일치하였다. 3년 동안 배추, 시금치, 들깻잎, 상추 등이 다른 채소류에 비해 위해지수에 기여하는 비율이 높았다. 윤¹²⁾ 등의 연구결과에 의하면 전체 채소류에 대한 위해지수가 0.16으로 나타났으며, 특히 들깻잎, 부추, 양파가 위해지수의 41%를 차지하는 것으로 나타났다. 이와 같이 위해 수준은 분석한 농산물의 종류와 농약 잔류량에 따라 차이가 있을 수 있다.^{26,27)}

건강 유지 및 증진을 위해 과일과 채소류의 섭취가 강조되고 있는 시점에서 유통 중인 채소류 섭취에 따른 농약의 노출량은 매우 낮은 수준으로 채소류에 대한 안전성을 확인하였다. 하지만 본 연구는 전체 식이 섭취량에 대한 평가가 아니므로, 향후 지속적인 잔류농약 모니터링과 더불어 정확한 식이 섭취량 평가에 대한 연구가 수반되어야 할 것으로 판단된다.

요 약

서울 지역에서 2007년부터 2009년까지 유통 중인 채소류에 대해 농약 잔류수준을 분석하여 검출빈도가 높은 농약을 대상으로 2008년도 국민건강영양조사 자료에서 서울시민의 채소섭취량을 산출하여 채소류 섭취에 따른 농약성분의 노출수준을 평가하였다.

1) 채소류 중 잔류농약 검출비율은 2007년 11.2%, 2008년 8.6%, 2009년 12.0%로 나타났으며, 잔류허용기준초과비율은 2007년 4.6%, 2008년 2.8%, 2009년 2.1%로 감소하는 경향을 나타내었다.

2) 서울시민과 서울시민을 제외한 한국인의 채소류 섭취량은 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았으며, 일일 평균 섭취량이 각각 288.12 ± 214.8 g, 287.28 ± 231.6 g으로 비슷한 것으로 나타났다.

3) 농약이 검출된 37종의 채소류에 대해 서울시민의 채소류 섭취량을 산정한 결과, 일일 총 채소섭취량은 182.81 g이었고, 남자 191.84 g, 여자 175.99 g으로 남자의 섭취량이 더 높은 것

으로 나타났다. 성인의 경우 일일 총 채소류 섭취량은 252.36 g이었으며 성인남자는 306.43 g, 성인여자는 219.78 g으로 성인남자가 더 높은 것으로 나타났다.

4) 농약이 검출된 채소류 섭취에 따른 다중농약 성분에 대한 성인의 위해지수는 모두 1보다 작아 채소류 섭취에 기인한 다중 농약노출의 위해는 매우 낮은 수준이며, 위해지수는 2007년에 2.76E-02로 가장 높게 나타났고 2009년에는 1.69E-02로 감소하였다. 이는 채소류 중 잔류농약 허용기준초과율의 감소 추세와 일치하였다.

본 연구는 채소류에만 국한된 연구이지만 잔류농약으로 인한 안전성을 확보하기 위해서는 지속적인 모니터링과 함께 신뢰성 있는 식이 섭취량 조사와 이에 따른 위해성 평가를 효과적으로 실시하여 과학적 근거를 축적하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

Literature cited

- 1) Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries. White paper on the agri-food safety; 2009. p.9-10
- 2) Lee BH, Kim SY, Cho CH, Chung DK, Chun OK, Kim DO. Estimation of daily per capita intake of total phenolics, total flavonoids, and antioxidant capacities from fruit and vegetable juices in the Korean diet based on the Korea National Health and Nutrition Examination Survey 2008. *Korean J Food Sci Technol* 2011; 43(4): 475-482
- 3) Ministry of Health and Welfare, Korea Health Industry Development Institute. The Third Korea National Health & Nutrition Examination Survey, 2005-Nutrition Survey (II); 2006
- 4) Kim HY, Yoon SH, Park HJ, Lee JH, Gwak IS, Moon HS, Song MH, Jang YM, Lee MS, Park JS, Lee KH. Monitoring of residual pesticides in commercial agricultural products in Korea. *Korean J Food Sci Technol* 2007; 39(3): 237-245
- 5) Lee JK, Woo HD. Current status for management of pesticide maximum residue limits in foods. *Food Sci Ind* 2010; 43(2): 2-23
- 6) Korea Food and Drug Administration. Korea food code: 2011
- 7) Kim OH, Park SK, Ha KT, Choi YH, Seung HJ, Kim SJ, Lee KA, Jang JI, Jo HB, Choi BH, Kim MY. Monitoring and risk assessment of pesticide residues in vegetables cultivated from different areas of Korea in 2009. *Rep Seoul Metrop Gov Res Inst Public Health Environ* 2009; 45: 44-65
- 8) Lee SM, Papathakis ML, Feng HM, Hunter GF, Carr JE. Multipesticide residue method for fruits and vegetables: California Department of Food and Agriculture. *Fresenius J Anal Chem* 1991; 339(6): 376-383
- 9) Korea Centers for Disease Control and Prevention. The Fourth Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES VI-2), 2008: 2008
- 10) Korea Research Institute of Standards and Science. Report of 5th size Korea; 2004
- 11) Korea Food and Drug Administration. Pesticide residue database. [Accessed 2010 Mar 7]. Available from: <http://www.foodnara.go.kr/>
- 12) Yoon SH. Rapid analysis of multi-pesticides residues by extracted ion profiling and risk assessment of residual pesticides agricultural products [Ph. D. thesis]. Seoul: Seoul National University; 2009

- ty; 2009
- 13) Ministry of Health and Welfare. The In-depth analysis of Korea Health Industry Development Institute. The Third Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES III), 2005; 2006
- 14) Lee SR, Lee H, Huh K, Lee MG. Optimization of average food consumption data for Koreans in 1990s. *J Food Hyg Saf* 2000; 15(2): 68-78
- 15) Jang M, Moon H, Kim T, Yuk D, Kim J, Park S. Dietary risk assessment for pesticide residues of vegetables in Seoul, Korea. *Korean J Nutr* 2010; 43(4): 404-412
- 16) Chun OK, Lee YW. A study on the risk of pesticide exposure by food intake. *J Food Hyg Saf* 1999; 14(2): 201-215
- 17) Lee SR, Lee MG, Kim NH. Computation of theoretical maximum daily intake and safety index of pesticides by Korean population. *Korean J Food Sci Technol* 1995; 27(4): 618-624
- 18) Lee SR, Lee MG. Computation of theoretical maximum daily intake of pesticides by Korean population. *Food Sci Biotechnol* 2001; 10(2): 115-122
- 19) Lee SR, Lee MG. Present status and remedial actions with regard to legal limits of pesticide residues in Korea. *Korean J Environ Agric* 2001; 20(1): 34-43
- 20) Lee SR. Pesticide problems and regulatory aspects in USA. *Korean J Environ Agric* 1991; 10(2): 178-196
- 21) Guidance on cumulative risk assessment of pesticide chemicals that have a common mechanism of toxicity. Office of Pesticide Programs, U.S. Environmental Protection Agency; Washington, D.C.; 2002
- 22) Supplementary guidance for conducting health risk assessment of chemical mixtures. Risk Assessment Forum, U.S. Environmental Protection Agency; Washington, D.C.; 2000
- 23) Mumtaz MM. Risk assessment of chemical mixtures from a public health perspective. *Toxicol Lett* 1995; 82-83: 527-532
- 24) Bosgra S, van der Voet H, Boon PE, Slob W. An integrated probabilistic framework for cumulative risk assessment of common mechanism chemicals in food: an example with organophosphorus pesticides. *Regul Toxicol Pharmacol* 2009; 54(2): 124-133
- 25) Kim TR, Yuk DH, Jang MR, Hong CK, Hawng KH, Jo SA, Lee ES, Choi CM, Kim EH, Han SH, Choi EJ, Kim JH, Park SG. Characteristics of pesticide residues in agricultural products collected from the southern area of Seoul in 2009. *Rep Seoul Metrop Gov Res Inst Public Health Environ* 2009; 45: 21-33
- 26) Caldas ED, Tressou J, Boon PE. Dietary exposure of Brazilian consumers to dithiocarbamate pesticides-a probabilistic approach. *Food Chem Toxicol* 2006; 44(9): 1562-1571
- 27) Battu RS, Singh B, Kang BK, Joia BS. Risk assessment through dietary intake of total diet contaminated with pesticide residues in Punjab, India, 1999-2002. *Ecotoxicol Environ Saf* 2005; 62(1): 132-139