

채소류 섭취에 따른 연령별 잔류농약 노출평가

장미라* · 문현경¹ · 김태랑 · 육동현 · 김은희 · 홍채규 · 최채만 · 황인숙 · 김정현 · 김무상 · 채영주

서울시보건환경연구원 강남농수산물검사소, 단국대학교 식품영양학과¹

(Received on January 21, 2012. Revised on March 10, 2012. Accepted on March 15, 2012)

Dietary Exposure Assessment by Ages due to Pesticide Residues in Vegetables

Mi Ra Jang*, Hyun Kyung Moon¹, Tae Rang Kim, Dong Hyun Yuk, Eun Hee Kim, Chae Kyu Hong, Chae Man Choi, In Sook Hwang, Jung Hun Kim, Moo Sang Kim and Young Zoo Chae

Gangnam Agro-marine Products Inspection Center, Seoul Metropolitan Government Research Institute of Public Health and Environment, Seoul 138-701, Korea, ¹Department of Food Science & Nutrition, Dankook University, Yongin 448-701, Korea

Abstract

Dietary exposure assessment by ages was performed in this study using pesticide residues data examined in vegetable commodities collected in Seoul from 2007 to 2009, and the vegetable intakes for Seoulites which were obtained after analysing the Korea National Health and Nutrition examination survey data of 2008. There was a statistical difference for vegetable intakes by ages ($P < 0.001$). Vegetable intake was the highest in 40~59 age group and was the lowest in under 5 age group. The %ADI was calculated using vegetable pesticide residues and vegetable intake for Seoulites by ages. Considering below 1 of the %ADI by ages, the risk caused by pesticide residues in vegetables was very low and vegetable intake was safe.

Key words Dietary exposure, Pesticide residues, Vegetable intakes, %ADI

서론

근래에 안전한 먹을거리에 대한 관심의 증가와 채식위주의 식생활이 건강과 직결된다는 인식이 커지면서, 채소류 소비량은 90년대 이후 증가하고 있으며 농산물은 식문화의 중심으로 부각되고 있다. 이러한 농산물에 농약의 사용은 작물 생산성을 향상시키는 수단으로 필수 불가결하지만, 생활환경을 오염시키고 생태계에 영향을 미칠 뿐만 아니라 식품 오염 및 잔류로 인해 국민보건에 큰 문제가 되기도 한다. 이러한 농약의 양면성 때문에 개발과정에서부터 병해충이나 잡초에 대한 효능뿐 아니라 인간에 대한 위해성 및 안전성 문제까지

강조되고 있다(Kim et al., 2000).

농약으로 인한 인체 영향을 최소화하기 위해 세계보건기구(WHO)를 비롯한 세계식량농업기구(FAO), 미국환경청(EPA) 등에서는 잔류농약의 한계치나 권고치, 위해도 계산 방법 등을 설정하여 채소류를 비롯한 농산물 관리에 이용하고 있다(Jang et al., 2010). 위해성평가에는 잔류농약 농도와 식품섭취량을 이용하여 단순점(single point)으로 위해지수를 제시하는 결정론적 방법(deterministic approach)과 잔류농약 농도와 식품섭취량의 확률적 분포를 고려한 확률론적 방법(probabilistic approach)이 이용될 수 있다. 결정론적 방법은 위해도를 하나의 값으로 제시하는 것으로 간단하고 계산하기 쉽다. 반면 많은 자료와 컴퓨터 계산이 요구되는 확률론적 방법은 현실적인 추정이 가능하고 산출된 위해도에 대한

*Corresponding author: Tel. +82-2-3401-6291
Fax. +82-2-3401-6742, E-mail. jangmr@seoul.go.kr

확률을 제시할 수 있어 정책결정자(policy maker or decision maker)의 의사결정을 지원하는데 유리하다.

우리나라에서는 1968년부터 식품 중 잔류농약 모니터링이 시작되었으며(Do et al., 2010), 1982년에 BHC, DDT, heptachlor 등과 같은 유기염소계 농약의 섭취 총량 평가를 시도하였다(Lee, 1982). 1990년대에 미국에서 이루어지고 있는 농약의 법적규제와 안전성 평가에 이용되고 있는 방법들이 우리나라에 소개됨으로써 위해도 평가가 본격적으로 시작되었다(Lee, 1991). 이후 잔류농약의 인체 위해성 평가 방법(Lee et al., 1993; Lee et al., 2000; Lee et al., 2001)에 대한 연구와 농약잔류허용기준을 바탕으로 이론적 식이섭취량을 계산하여 농약잔류허용기준의 타당성을 검토한 연구(Lee et al., 1995; Chun et al., 1999; Lee et al., 2001) 등이 수행되었다. 또한 Han et al.(2003), Kim et al.(2006)과 Lee et al.(2009)은 국내 농산물의 농약 잔류량을 모니터링하여 1일 추정섭취량을 산정한 후 농산물 섭취로 인한 위해성을 평가하였다. 이처럼 채소류에 잔류되는 농약 모니터링을 수행하고 그 결과를 이용한 인체노출평가를 실시하여 소비자의 안전여부를 확인할 필요가 있다. 특히 연령에 따른 위해성 평가는 연령그룹에 따른 정책수립 및 우선순위 결정에 이용될 수 있다.

본 연구에서는 2008년 국민건강영양조사에서 서울시민의 연령별 채소섭취량을 산정하여 2007년부터 2009년까지 서울 지역에서 유통 중인 채소류에 대한 잔류 농약 모니터링 결과를 토대로 검출빈도가 높은 농약을 대상으로 채소류섭취에 따른 연령별 농약노출의 안전성을 %ADI로 노출량을 평가하였다.

재료 및 방법

자료수집

채소류 중 농약 잔류량은 서울지역 유통 채소류의 잔류농약 조사(Jang et al., 2011)에 제시된 2007년부터 2009년까지 3년 동안 서울시보건환경연구원에서 수행된 모니터링 자료를 근거로 하였다. 채소류 시료는 서울의 강남지역시장, 대형 판매점 및 백화점에서 유통된 채소류로 엽채류, 엽경채류, 근채류 및 과채류 91종 18,069건이었다. 조사된 농약성분은 GC 및 HPLC 동시 분석이 가능한 성분으로 2007년과 2008년에 246종, 2009년에는 258종을 대상으로 하였다.

노출평가

잔류농약에 대한 인체노출량은 채소류 중 잔류량 자료, 평

가대상 인구집단의 식품소비자료, 그리고 몸무게 등의 인체노출변수를 활용하여 계산하였다. 식품유해물질에 대한 일반적인 인체노출평가는 acute dietary exposure assessment와 chronic dietary exposure assessment로 구분할 수 있는데 잔류농약의 경우는 평생노출이 가능하므로 chronic dietary exposure assessment를 실시하였다.

본 연구에서는 연령에 따른 잔류농약의 인체노출평가를 수행하였으며 KFDA(Korea Food Drug Administration) 잔류농약데이터베이스(KFDA, 2010)의 일일섭취허용량(ADI)을 추정식이섭취량(EDI)과 비교하여 %ADI를 산출하고 이를 바탕으로 채소류 섭취로 인한 잔류농약에 대한 안전성을 평가하였다. 이때 ADI값이 설정되지 않는 물질은 KFDA 잔류농약 데이터베이스에 있는 일본이나 CODEX, EU 자료를 이용하였다.

Acceptable Daily Intake =

$$ADI (mg/kg/day) \times Body Weight (kg) \quad (1)$$

채소류를 통해 섭취되는 추정식이섭취량(EDI)은 채소류에 포함되어 있는 농약잔류량과 일일 섭취하는 채소류양의 곱이 되며, 농약과 채소류의 종류를 고려하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

Estimated Daily Intake (mg/day/person) =

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k [(Pesticide Average Conc. (mg/kg))_i \times (Daily Food Intake (kg/day/person))_j] \quad (2)$$

연령에 따른 채소류의 일일 섭취량은 2008년에 질병관리본부에서 실시한 국민건강영양조사 제 4기 2차년도 자료를 활용하여 산출하였으며 가공요인(박피, 조리, 끓임 등)은 고려하지 않았다.

Table 1. Body weights by ages for Korean

Ages	Mean (kg)	Male (kg)	Female (kg)
under 5	14.2	14.5	13.8
6~11	29.8	30.7	28.9
12~17	54.1	57.3	50.8
18~24	61.1	68.5	54.0
25~39	63.5	71.3	55.7
40~59	64.4	69.9	58.8
over 60	60.3	63.7	56.9

인체노출량 계산에 필요한 연령별 평균 몸무게는 Table 1 과 같이 산업자원부 기술표준원에서 제공하는 자료를 이용하였다(KRISS, 2004).

통계분석

2008년 국민건강영양조사 자료 중 서울시민의 연령별 채소류 섭취수준을 분석하기 위하여 평균과 표준편차 등 기술 통계량을 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 SPSS 17.0 프로그램을 사용하였다.

결과 및 고찰

서울시민의 연령별 채소류 섭취량

국민건강영양조사 자료에서 서울시민에 대해 연령별 평균 채소류 섭취량을 분석한 결과 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p<0.001$). 연령그룹 중 40~59세 그룹의 채소류 섭취량이 가장 높게 나타났고 5세 이하 그룹의 채소류 섭취량이 가장 낮게 나타났다. 6세 이상부터 59세 까지는 연령이 증가함에 따라 채소류 섭취량이 증가하는 경향을 나타내었다(Table 2).

농약이 검출된 채소류의 연령별 섭취량

2007년부터 2009년까지 분석한 채소류 중 농약이 검출된 37종에 대해 2008년 국민건강영양조사자료의 식품코드를 이용하여 연령그룹별로 산출한 채소류 섭취량은 Table 3과 같다. 섭취량에는 신선채소로 직접 섭취하는 것과 김치섭취량을 별도로 표시하고 있었다. 쌀 다음으로 많이 먹는 식품인

김치섭취량은 점진적으로 증가하는 추세이고(MHW, 2006), 우리나라 국민의 채소류 주요 공급원이 김치임을 고려하여, Lee et al.(2000)의 연구와 같이 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 의한 농약노출의 위해성을 보수적으로 평가하기 위해 최악의 경우(worst-case)를 고려하여 김치류에서 원료재료의 중량비가 100%인 것으로 가정하였다.

연령그룹별 서울시민의 채소류 섭취량은 40~59세 그룹의 섭취량이 280.46 g으로 가장 높은 것으로 나타났고, 5세 이하 그룹의 섭취량은 55.94 g으로 가장 낮게 나타났다. 6세 이상부터 59세 까지 연령이 증가함에 따라 채소류 섭취량은 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

노출평가

본 연구에서 농약노출은 채소류 섭취에 기인한 것으로 한정하였다. 잔류농약을 분석한 채소류는 91종이었으며 이 중 37종에서 농약이 검출되었다. 한편 국민건강영양조사에서 서울시민이 섭취한 채소류는 62종이었고 이 중 새싹채소, 죽순, 토란대 등은 잔류농약을 분석한 채소류에 포함되지 않았으며 그 외 채소류는 분석대상 채소류와 일치하였다.

잔류농약에 대한 위해도는 EPA(1992)의 잔류농약 평균농도 산정 방식에 따라 검출한계 이하인 시료의 경우 검출한계의 1/2농도를 가정한 평균값을 적용하여 %ADI를 이용한 결정론적 위해도로 제시하였다.

2007년부터 2009년까지 채소류 섭취에 따른 연령그룹별 잔류농약의 결정론적 위해도를 Table 4~6에 나타내었다. 2007년에는 imidacloprid의 위해도가 5.36E-04로 가장 낮았고 diniconazole의 위해도가 4.85E-01로 가장 높게 나타났다. 2008년에는 fludioxonil의 위해도가 9.83E-05로 가장 낮았고 indoxacarb가 6.28E-01로 가장 높았다. 2009년에는 paclobutrazol의 위해도가 가장 낮았고 diniconazole의 위해도가 3.88E-01로 가장 높게 나타났다. 모든 농약 성분에 대한 %ADI가 1 이하로 나타나 만성 인체 위해도는 낮을 것으로 판단된다.

연도별 분석결과는 다음과 같다. 2007년에는 Table 4와 같이 전 연령층에서 diniconazole, endosulfan, diazinon이 다른 농약에 비해 %ADI가 높게 나타났다. 이는 다른 농약에 비해 ADI가 낮아 위해도가 높게 나타난 것으로 보인다. 대부분 농약의 위해도는 18~24세 연령그룹에서 낮은 것으로 나타났다.

Table 2. Vegetable intakes by ages for Seoulites

Ages	N	Vegetable Intakes ^{a)}
under 5	89	87.48 ± 99.1 ^{ab)}
6~11	154	185.04 ± 157.9 ^{b)}
12~17	117	227.24 ± 152.3 ^{b)}
18~24	74	235.20 ± 178.4 ^{b)}
25~39	301	328.48 ± 213.9 ^{c)}
40~59	380	370.77 ± 236.4 ^{c)}
over 60	251	322.43 ± 217.4 ^{c)}
sum	1,366	293.53 ± 219.9

^{a)}Mean ± SD, g/day

^{b)}One way ANOVA test($\alpha=0.05$), a, b, c : Duncan's multiple range test($p<0.05$)

Table 3. Daily intakes of vegetables by ages

Vegetable	Ages						
	Under 5	6-11	12-17	18-24	25-39	40-59	over 60
amaranth	0.00	0.30	0.40	0.00	0.12	1.02	0.28
betterbur	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.36	0.00
cabbage	1.39	2.34	2.93	13.38	9.15	8.27	7.64
celery	0.00	0.29	0.16	0.00	0.07	0.01	0.04
chamnamul	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00
chard	0.27	1.96	0.00	0.00	0.14	0.24	0.05
chicory(leaf)	0.00	0.00	0.00	1.65	0.09	0.15	0.00
chwinamul	0.09	0.11	0.02	0.00	1.76	3.14	2.72
crown daisy	0.12	0.74	0.25	0.64	0.37	2.32	0.31
cucumber	2.24	6.25	6.55	12.91	16.02	13.88	14.82
eggplant	0.00	0.39	0.99	0.00	2.21	1.73	2.09
godlbaggi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	0.80	0.00
kale	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.52
Korean cabbage	17.52	54.31	73.11	56.45	97.65	102.77	95.20
Korean melon	1.27	0.34	0.00	4.39	1.56	10.73	10.52
leek	1.49	0.30	0.87	1.46	3.33	1.64	2.31
lettuce(head)	0.14	0.24	0.38	2.37	0.89	0.88	0.53
lettuce(leaf)	0.45	1.55	1.16	4.60	4.92	8.00	4.65
marsh mallow	0.98	0.89	0.14	0.00	0.14	0.87	1.25
mustard green	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
mustard leaf	0.04	0.00	0.62	0.15	1.23	1.83	0.78
pak choi	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00
paprika(sweet pepper)	0.21	1.49	1.96	2.04	1.71	1.04	0.32
pepper	0.29	0.64	0.62	2.25	5.00	6.21	3.61
pepper leaf	0.00	0.02	0.00	0.07	0.12	0.84	0.18
perilla leaf	0.20	0.47	0.99	2.89	1.91	3.89	1.59
radish	8.95	18.93	28.22	27.33	32.24	37.78	38.22
radish leaf	0.39	3.90	3.85	2.90	7.66	13.93	15.55
sedum	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.03
shepherd's purse	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04
shinsuncho	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
spinach	4.80	7.69	3.33	1.83	10.84	9.33	6.97
squash	5.80	8.64	7.17	8.31	13.73	12.16	15.70
ssamchu	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.08	0.00
tomato	6.23	4.60	5.72	3.65	9.97	21.45	16.05
water dropwort	0.24	0.31	0.00	0.64	0.45	0.85	0.59
welsh onion	2.82	6.97	6.63	14.87	14.14	14.20	7.28
sum	55.94	123.66	146.07	165.00	238.88	280.46	249.83

Unit : g/day

2008년에는 Table 5와 같이 diniconazole, endosulfan, diazinon, indoxacarb가 다른 농약에 비해 위해도가 높게 나타났으며, 특히 indoxacarb는 40~59세 연령그룹에서 다른 연령그룹에 비해 2배 이상 높은 결과를 나타냈다. Pencycuron은 5세 이하 연령그룹에서 위해도가 다른 연령그룹에 비해 높은 것으로 나타났다. Indoxacarb는 2008년에 배추 중 잔류

량이 높아 위해도가 높게 나타난 것으로 판단된다.

2009년의 결과도 2008년과 비슷하게 diniconazole, endosulfan, diazinon, indoxacarb가 다른 농약에 비해 %ADI가 높게 나타났다. 또한 6~11세 연령그룹과 40~59세 연령그룹의 위해도가 상대적으로 높고 18~24세 연령그룹에서 위해도가 낮아 연령증가에 따라 M자 형태를 나타내었다(Table 6).

Table 4. The %ADI estimates of pesticides by ages in 2007

Pesticide	Ages						
	Under 5	6~11	12~17	18~24	25~39	40~59	over 60
azoxystrobin	1.46E-02	1.91E-02	8.00E-03	8.24E-03	1.30E-02	1.75E-02	1.20E-02
bifenthrin	3.13E-02	3.76E-02	2.24E-02	1.56E-02	2.97E-02	3.25E-02	3.07E-02
carbendazim	1.07E-01	3.83E-02	2.03E-02	3.62E-02	6.10E-02	4.74E-02	4.86E-02
chlorfenapyr	4.23E-02	4.57E-02	2.55E-02	2.38E-02	3.88E-02	4.66E-02	4.36E-02
chlorothalonil	3.42E-02	5.30E-02	2.82E-02	2.56E-02	3.57E-02	5.14E-02	3.88E-02
chlorpyrifos	1.18E-02	1.39E-02	5.09E-03	1.01E-02	1.23E-02	1.49E-02	8.51E-03
cypermethrin	1.38E-02	1.83E-02	1.32E-02	1.07E-02	1.56E-02	1.82E-02	1.76E-02
diazinon	2.01E-01	2.97E-01	1.89E-01	1.73E-01	2.42E-01	2.57E-01	2.48E-01
diethofencarb	8.09E-02	8.71E-02	2.76E-02	8.07E-02	6.89E-02	9.64E-02	5.49E-02
dimethomorph	2.91E-02	3.31E-02	1.52E-02	1.41E-02	2.46E-02	2.63E-02	2.21E-02
diniconazole	3.29E-01	4.85E-01	3.60E-01	2.70E-01	4.15E-01	4.55E-01	4.51E-01
endosulfan	2.80E-01	3.89E-01	1.67E-01	1.86E-01	2.59E-01	3.35E-01	3.07E-01
imidacloprid	5.36E-04	7.14E-04	5.75E-04	1.77E-03	1.23E-03	2.27E-03	1.13E-03
indoxacarb	5.30E-02	4.88E-02	2.99E-02	3.89E-02	4.29E-02	8.77E-02	4.83E-02
paclobutrazol	2.75E-03	1.25E-02	8.88E-04	1.73E-02	1.14E-03	2.83E-03	5.06E-02
procymidone	9.88E-02	6.34E-02	2.28E-02	2.96E-02	5.78E-02	5.05E-02	4.84E-02
pyridalyl	3.19E-02	4.00E-02	2.55E-02	1.99E-02	3.21E-02	3.60E-02	3.46E-02
tebufenpyrad	1.24E-02	2.67E-02	9.11E-03	2.35E-02	1.56E-02	3.12E-02	1.33E-02
vinclozolin	5.79E-02	4.77E-02	1.23E-02	8.76E-03	2.36E-02	4.40E-02	3.31E-02

Table 5. The %ADI estimates of pesticides by ages in 2008

Pestic	Ages						
	Under 5	6~11	12~17	18~24	25~39	40~59	over 60
azoxystrobin	3.52E-03	4.39E-03	1.50E-03	1.71E-03	4.62E-03	7.88E-03	6.13E-03
bifenthrin	3.25E-02	3.94E-02	2.41E-02	1.67E-02	3.09E-02	3.18E-02	2.99E-02
carbendazim	7.11E-03	1.52E-02	4.49E-03	1.35E-02	1.08E-02	1.93E-02	1.00E-02
chlorfenapyr	3.76E-02	3.61E-02	2.39E-02	2.16E-02	3.66E-02	3.49E-02	3.48E-02
chlorpyrifos	1.55E-02	1.19E-02	3.64E-03	3.02E-03	8.91E-03	1.03E-02	6.53E-03
cypermethrin	1.56E-02	1.94E-02	1.50E-02	1.30E-02	1.86E-02	2.08E-02	1.85E-02
diazinon	2.14E-01	2.95E-01	1.84E-01	1.27E-01	2.32E-01	2.41E-01	2.21E-01
diethofencarb	1.09E-01	1.31E-01	4.79E-02	1.00E-01	9.52E-02	1.54E-01	7.62E-02
dimethomorph	6.18E-02	8.83E-02	5.42E-02	4.16E-02	6.90E-02	7.46E-02	6.85E-02
diniconazole	2.33E-01	3.20E-01	1.95E-01	1.38E-01	2.41E-01	2.52E-01	2.39E-01
endosulfan	2.72E-01	3.09E-01	1.94E-01	1.60E-01	2.64E-01	3.05E-01	2.91E-01
fludioxonil	1.28E-04	2.12E-04	9.83E-05	2.67E-04	2.78E-04	4.42E-04	2.24E-04
indoxacarb	1.36E-01	2.32E-01	1.41E-01	1.52E-01	2.38E-01	6.28E-01	2.73E-01
paclobutrazol	3.91E-02	5.90E-02	4.20E-02	2.89E-02	4.78E-02	5.03E-02	5.07E-02
pencycuron	5.13E-02	3.30E-02	8.44E-03	5.05E-03	2.41E-02	1.96E-02	1.75E-02
procymidone	2.68E-02	2.19E-02	1.08E-02	1.78E-02	2.33E-02	2.68E-02	2.21E-02
pyridalyl	2.66E-02	3.47E-02	2.18E-02	1.63E-02	2.92E-02	3.23E-02	3.05E-02
tebufenpyrad	5.11E-03	5.81E-03	6.75E-03	1.74E-02	1.11E-02	2.23E-02	9.71E-03

Table 6. The %ADI estimates of pesticides by ages in 2009

Pesticide	Ages						
	Under 5	6~11	12~17	18~24	25~39	40~59	over 60
azoxystrobin	4.15E-03	7.44E-03	3.86E-03	5.15E-03	6.25E-03	1.23E-02	6.80E-03
bifenthrin	3.62E-02	4.42E-02	2.79E-02	2.03E-02	3.79E-02	4.24E-02	3.90E-02
carbendazim	4.03E-02	2.25E-02	9.05E-03	1.75E-02	4.85E-02	9.38E-02	2.78E-02
chlorfenapyr	3.14E-02	3.37E-02	2.14E-02	2.00E-02	3.30E-02	3.33E-02	3.02E-02
chlorothalonil	1.13E-02	3.93E-02	2.50E-02	1.95E-02	1.86E-02	5.78E-02	2.35E-02
cypermethrin	3.30E-02	4.38E-02	2.83E-02	2.55E-02	3.68E-02	3.96E-02	3.40E-02
diazinon	1.97E-01	2.87E-01	2.01E-01	1.56E-01	2.46E-01	2.90E-01	2.46E-01
diethofencarb	8.36E-02	9.13E-02	4.64E-02	1.00E-01	1.02E-01	1.53E-01	7.86E-02
dimethomorph	9.40E-02	1.21E-01	7.43E-02	6.48E-02	1.05E-01	1.26E-01	1.03E-01
diniconazole	2.66E-01	3.88E-01	2.83E-01	2.29E-01	3.48E-01	3.70E-01	3.53E-01
endosulfan	2.18E-01	2.58E-01	1.46E-01	1.33E-01	2.14E-01	2.46E-01	2.37E-01
ethoprophos	2.82E-02	6.80E-02	2.28E-02	5.50E-02	3.31E-02	1.24E-01	2.93E-02
fludioxonil	1.16E-03	1.52E-03	2.42E-04	3.18E-04	6.51E-04	7.75E-04	4.76E-04
indoxacarb	1.44E-01	1.91E-01	1.26E-01	8.85E-02	1.51E-01	1.67E-01	1.51E-01
kresoxim-methyl	3.61E-04	4.46E-04	2.35E-04	5.13E-04	5.24E-04	6.68E-04	3.90E-04
metalaxyl	2.92E-03	3.57E-03	1.33E-03	2.03E-03	3.14E-03	4.08E-03	3.02E-03
paclobutrazol	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.99E-05	0.00E+00	2.10E-04	3.01E-04
procymidone	4.06E-02	2.66E-02	1.45E-02	2.43E-02	3.79E-02	5.00E-02	3.15E-02
pyridaben	7.07E-03	7.67E-03	6.56E-03	1.82E-02	2.12E-02	3.19E-02	1.70E-02
pyridalyl	1.87E-02	2.74E-02	2.05E-02	1.46E-02	2.35E-02	2.49E-02	2.40E-02
pyrimethanil	2.09E-03	2.44E-03	1.39E-03	2.87E-03	2.49E-03	2.80E-03	1.46E-03
tebufenpyrad	1.05E-02	1.16E-02	1.18E-02	3.14E-02	2.82E-02	4.65E-02	2.25E-02
tetraconazole	3.94E-02	2.66E-02	3.94E-02	3.94E-02	4.06E-02	3.94E-02	3.36E-02
vinclozolin	1.34E-02	1.24E-02	4.92E-03	3.36E-03	1.19E-02	1.31E-02	1.43E-02

2007년부터 2009년까지 서울시민의 채소류 섭취에 따른 연령별 잔류농약의 %ADI는 모두 1 이하로 나타나 잔류농약의 위해 가능성은 낮을 것으로 판단된다. 본 연구는 채소류의 데치기, 조리 등의 가공계수가 고려되지 않았기 때문에 노출량이 과대 평가되었을 수 있으며, 노출량은 필요한 요소들의 평균값을 이용한 결정론적인 방법(deterministic approach)으로 평가하였다. 따라서 향후 식이섭취로 인한 농약의 위해도가 식품관리 정책수립 및 의사결정 도구로 적절히 이용되기 위해서는 위해도 계산에 필요한 각 변수들의 분포에 기반한 확률론적인 값(probabilistic value)으로 노출평가를 실시하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

>> 인 / 용 / 문 / 헌

Chun, O.K, Y.W. Lee (1999) A study on the of pesticide exposure by food Intake. J. Food Hyg. Safety 14(2):201~215.

- Do, J.A., H.J. Lee, Y.W. Shin, W.J. Choe, K.R. Chae, K.C. Soon, W.S. Kim (2010) Monitoring of pesticides residues in domestic agricultural products. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 39(6):902~908.
- Han, K.T., K.S. Lee, Y.K. Lee, Y.J. Lee, K.Y. Ko, D.J. Won, J.W. Lee, S.D. Kwon (2003) Pesticide residue survey and estimate intake amount of vegetables in Noeun wholesale market, Daejeon. Korean J. Environ. Agric. 22(3):210~214.
- Jang, M.R., H.K. Moon, T.R. Kim, D.H. Yuk, J.H. Kim, S.G. Park (2010) Dietary risk assessment for pesticide residues of vegetables in Seoul, Korea. Korean J. Nutr. 43(4):404~412.
- Jang, M.R., H.K. Moon, T.R. Kim, D.H. Yuk, E.H. Kim, C.K. Hong, C.M. Choi, I.S. Hwang, J.H. Kim, M.S. Kim (2011) The survey on pesticide residues in vegetables collected in Seoul. The Korean J. Pesticides Science 15(2):114~124.
- Kim, K.I., H.T. Kim, K.S. Kyung, C.W. Jin, C.H. Jeong, M.S. Ahn, S.W. Sim, S.S. Yun, Y.J. Kim, K.G. Lee, K.D. Lee, W.J. Lee, J.B. Lim (2006) Monitoring of pesticide residues in peppers from farmgate and pepper powder from wholesale market in Chungbuk area and their risk assessment. The Korean J. pesticide Science 10(1):15~21.

- Kim, Y.G., T.G. Lim, S.S. Park, N.C. Heo, S.S. Hong (2000) A study on residual pesticides in commercial fruits & vegetables. Korean J. Food Sci. Technol. 32(4):763~771.
- Korea Food and Drug Administration. Pesticide Residue Database. Available from: <http://fse.foodnara.go.kr>. Accessed Mar. 7, 2010.
- Korea Research Institute of Standard and Science. Report of 5th Size Korea. ; 2004.
- Lee, H.J., W.J. Choe, Y.J. Lee, D.H. Cho, C.S. Kang, W.S. Kim (2009) Monitoring of ergosterol biosynthesis inhibitor(EBI) pesticide residues in commercial agricultural products and risk assessment. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 38(12): 1779~1784.
- Lee, M.G., S.R. Lee (1993) Problems in the dietary exposure assessment of pesticide residues. Korean J. Environ. Agric. 12(3):255~263.
- Lee, M.G., S.R. Lee (2000) Computation of extreme food consumption by Korean adults in 1990s. J. Food Hyg. Safety 15(2):79~87.
- Lee, S.R. (1982) Overall assessment of organochlorine insecticide residues in Korean foods. Korean J. Food Sci. Technol. 14(31):82~93.
- Lee, S.R. (1991) Pesticide problems and regulatory aspects in USA. Korean J. Environ. Agric. 10(2):178~196.
- Lee, S.R., M.G. Lee, N.H. Kim (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, S.R., H.M. Lee, K. Huh, M.G. Lee (2000) Optimization of average food consumption data for Koreans in 1990s. J. Food Hyg. Safety 15(2):68~78.
- Lee, S.R., M.G. Lee (2001) Monitoring efficiency on pesticide residues in Korean foods. Food Sci. Biotechnol. 10(2):188~192.
- Lee, S.R., M.G. Lee (2001) Computation of theoretical maximum daily intake of pesticides by Korean population. Food Sci. Biotechnol. 10(2):115~122.
- Ministry of Health an Welfare, The In-depth Analysis of Korea Health Industry Development Institute (2006) The Third Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES III), 2005.
- USEPA (1992) Guideline for exposure assessment.

채소류 섭취에 따른 연령별 잔류농약 노출평가

장미라* · 문현경¹ · 김태량 · 육동현 · 김은희 · 홍채규 · 최채만 · 황인숙 · 김정현 · 김무상 · 채영주

서울시보건환경연구원 강남농수산물검사소, 단국대학교 식품영양학과¹

요 약 2008년 국민건강영양조사에서 서울시민의 연령별 채소섭취량을 산정하여 2007년부터 2009년까지 서울지역에서 유통 중인 채소류에 대한 잔류 농약을 모니터링 하여 채소류섭취에 따른 연령별 농약성분의 노출량을 평가하였다. 서울시민에 대해 연령별 평균 채소류 섭취량을 분석한 결과 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.001$). 연령그룹 중 40~59세 그룹의 채소류 섭취량이 가장 높게 나타났고 5세 이하 그룹의 채소류 섭취량이 가장 낮게 나타났다. 2007년부터 2009년까지 채소류 섭취에 따른 연령별 잔류농약의 %ADI(Acceptable Daily Intake)는 모두 1 이하로 나타나 잔류농약으로 인한 위해 가능성은 낮을 것으로 판단된다.

색인어 노출평가, 잔류농약, 채소섭취량, %ADI