

대전시 유통 과실류의 농약 잔류 실태 및 위해성 평가

한국탁* · 박혜진 · 이규승 · 김일중¹⁾ · 김규섭¹⁾ · 조성민¹⁾

충남대학교농화학과, 국립농산물품질관리원충남지원¹⁾
(2002년 11월 1일 접수, 2002년 11월 28일 수리)

Pesticide Residue Survey and Risk Assessment of Fruits in Daejeon

Kook-Tak Han*, Hye-Jin Park, Kyu-Seung Lee, Ill-Jung Kim¹⁾, Kyu-Sub Kim¹⁾, and Sung-Min Cho¹⁾ (Department of Agriculture Chemistry, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea, ¹⁾National Agricultural Products Quality Management Service Chungnam Province, Daejeon 301-505, Korea)

ABSTRACT : Pesticide residues in some fruits collected at Noeun wholesale market, Daejeon were surveyed and assessed its risk. In 120 samples, the detection rate of pesticide was 70.8% and the rate exceed MRL was 1.67%. Highly detection rate of commodities was apple, peach and grape. Organophosphorus, organochlorine and pyrethroid insecticide were found with similar rate relatively, but most of fungicides were procymidone(dicarboximides) and chlorothalonil(organochlorine). The order of detected pesticide were chlorothalonil, chlorpyrifos, fenvalerate, procymidone, deltamethrin and EPN. In order to assess risk, estimated intake amount of each pesticide was compared to ADI. Although some peach were exceed MRL, the total amount and uptake pesticides was less than 1.22% comparing to ADI.

Key words: pesticide, residue, Daejeon, risk assessment, survey, fruit.

서 론

농산물 재배 과정에서 필수 불가결하게 사용되고 있는 농약은 잔류 농약의 형태로 식품 위해성 측면에서 매우 중요하게 여겨지고 있다. 이뿐만 아니라, 사용된 농약이 토양이나 수계에 투입되어 발생하는 생태계 위해성에 대한 조사·연구도 많이 이루어지고 있다.

이러한 잔류 농약의 인체 및 환경에 대한 위해성 평가는 국가적으로는 과학적이고 정당한 규제치를 설정할 수 있도록 해주고, 동시에 인간과 생태계에 영향이 적으면서 혜택을 줄 수 있는 가장 적절한 수준을 추정할 수 있다¹⁾.

인체 위해성 평가를 위해서는 인체 노출량을 평가한 후에 독성학적인 기준인 ADI(Acceptable Daily Intake) 값과 비교하는 방법이 많이 사용되고 있다. 따라서 유독 물질의 위해성은 그 물질의 독성과 노출의 곱(risk = toxicity × exposure)에 의해 결정되므로 독성이 높더라도 노출이 없으면 위해성은 없는 것으로 간주한다^{2,4)}.

한편, 인체 노출량 평가는 식품 소비량과 식품 중 잔류량 조사가 필수적이다. 이러한 잔류량 조사는 국가적인 대규모 모니터링 제도를 통하여 이루어지고 있다. 국가 기관으로는 보건복지부, 환경부, 농림부 등 여러 기관에서 실시하고 있는데, 그 중 농림부의 국립농산물품질관리원⁵⁾에서는 2001년에 55,344건을 분석하여 636건의 허용기준 초과 농산물이 출하되는 것을 방지하였다. 또 서울시보건환경연구원에서 실시한 농산물의 잔류량 조사 결과에서도 허용기준 초과 농산물의 비율이 '98년 5.5%, '99년 2.6%, 2000년 1.6%로 나타났다고 보고하여 점점 안전 농산물 생산이 확산되고 있음을 보여주고 있다¹⁸⁾. 그러나 이러한 대부분의 잔류량 조사는 법적 허용기준의 초과 여부만을 조사·처리하고 있어 전체적인 식품 섭취에 따른 노출량 평가는 많이 이루어지고 있지 않다.

인구집단에 대한 해당 농약의 위해 여부를 평가하기 위해서는 식품별로 설정된 잔류농약 허용기준의 타당성과 함께 잔류 농약 식이섭취량(Dietary intake of pesticide residue)을 예측하고 이것을 ADI 값과 비교할 필요가 있다⁶⁾. 식이섭취량을 예측하는 방법으로 UNEP/FAO/WHO에서는 모든 시료에 대한 실측 섭취량이 가장 정확한 방법이라고 하지만 현실적으로 실측 측정은 어렵다. 이에 대한 대안으로 추정 섭취량을 조사하는 것이 현실적이라고 할 수 있다^{2,6)}.

*연락처자:

Tel: +82-42-226-6080 Fax: +82-42-226-6080
E-mail: hankook@naqs.go.kr

따라서 본 연구에서는 대전시가 2001년 7월에 개장한 대전시 노은 농수산물 도매시장에서 여러 종류의 과실류를 채취하여 농약의 잔류성분과 잔류량을 조사한 후, 이를 토대로 각 농산물에서 검출된 성분에 대한 섭취량을 추정하여 그 위해성을 평가하고자 한다.

재료 및 방법

표준물질 및 시약

분석 대상성분은 GC로 동시 분석이 가능하고 현재 국내에서 생산·유통되고 있는 성분위주로 104성분을 선별하여 GC/ECD, GC/NPD에 각각 2 group 씩 조제하였다(Table 1). 사용된 표준물질은 Dr. Ehrenstorfer사(Germany)와 Wako (Japan)사에서 구입하여 사용하였다.

표준품에서 각 성분의 용해도에 따라 acetone, methanol, hexane을 이용하여 1000 µg/mL을 조제한 후, 다시 10% acetone/hexane에 희석하여 100 µg/mL를 조제해서 stock solution으로 사용하였고, working solution 은 분석 전에 10% acetone/hexane을 이용하여 희석 조제하였다. 분석에 사용한 acetonitrile, acetone, methanol, dichloro- methane, sodium chloride는 Merck사에서 PRA급을 구입하여 사용하였다.

시료 채취

시료는 대전시 유성구 노은 농수산물도매시장에서 2001년 9월부터 2002년 7월까지 각 작물의 주 출하시기에 생산자가 중복되지 않도록 포도, 귤, 배, 사과, 딸기, 복숭이를 각각 20 점씩 채취하였다.

시험방법

작물체중 농약잔류분석

시료 2 kg을 시료분쇄기(Blixer 3Plus, robot cope사, 프랑스)로 세절한 후 50 g을 취하여 acetonitrile 100 mL을 가해 homogenizer(Polytron PT 3100)를 이용하여 3000 rpm으로 5분간 마쇄한 후, funnel에 Celite 545 10 g을 깔고, No.2 여과지로 감압여과하였다. 여과액을 separatory funnel에 옮기고 sodium chloride 10 g을 넣고 5분간 격렬하게 진탕하고 30분 정도 정치시켰다. 분리된 유기층에서 10 mL씩 GC/ECD와 GC/NPD용으로 두 개를 취해 40°C 수욕상에서 nitrogene evaporator(N-EVAP, Varian)에 농축하였다.

농축된 시료 중 GC/ECD용은 hexane 2 mL로 용해하였다. 정제과정은 florisil solid phase extraction(SPE) cartridge(1000 mg, 6 mL, Varian)에 hexane 5 mL를 흘려보낸 후 시료 용해액을 주입하고, 10% acetone/hexane 5 mL로 용출하였다. 이 용출액을 nitrogene evaporator에 농축한 후 농축된 시료를 hexane 2 mL로 용해하여 GC/ECD로 분석하였으며, 분석조건은 Table 2와 같다.

Table 1. List of group and 104 compounds

Group	compound
E ^{a)} -1 group (31)	Dichlobenil, Ethalfuralin, Chlorothalonil, Propanil, Chlorpyrifos-methyl, Alachlor, Fenitrothion, Chlorpyrifos, Tolyfluanide, Procymidone, Captan, Triflumizole, Endosulfan, Butachlor, Oxadiazone, Edifenphos, Dicofol, Phosmet, Iprodione, EPN, Bromopropylate, Bifenthrin, Azinphos-methyl, Mefenacet, Cyhalothrin, Acrinathrin, Permethrin, Cypermethrin, Fenvalerate, Flucythrinate, Deltamethrin
	Trifluralin, Metobromuron, Metribuzine, Vinclozolin, Bromacil, Dichlofluanide, Parathion, Triadimefon, Penconazole, Folpet, Fluazinam, Chinomethionat, Isoprothiolane, Prothiofos, Oxyfluorfen, Bifenox, Tetradifon, Phosalone, Cyfluthrin, Flucythrinate, Esfenvalerate, Tralomethrin
	Dichlorvos, Acephate, Isoprocarb, Fenobucarb, Monocrotophos, Phorate, Simazine, Terbufos, Diazinon, Iprobenphos, Prometryn, Pirimiphos-methyl, Malathion, Fenthion, Pendimethalin, Phenthoate, Isofenphos, Methidathion, Tricyclazole, Napropamide, Profenofos, Buprofezin, Triazophos, Hexazinon, Tebuconazole, Furathiocarb, Pyrazophos, Bitertanol, Prochloraz
	Demeton-s-methyl, Ethoprophos, Chlorpropham, Dimethoate, Pirimicarb, Phosphamidone, Tolclofos-methyl, Metalaxyl, Thiobencarb, Metolachlor, Pirimiphos-ethyl, Qunalphos-methyl, Triadimenol, Hexaconazole, Myclobutanil, Flusilazole, Mepronil, Pyridaphenthion, Fenarimol, Clofentezin, Fenoxaprop-p-ethyl, Difenconazole

^{a)} E, Detected by GC/ECD; ^{b)} N, Detected by GC/NPD.

Table 2. Operating conditions for GC/ECD

Instrument	Agilent 6890 Series Plus (with 7683 series auto sampler)
Column	DB-1, 30 m(L) × 0.25 mm(ID) × 0.25 µm (film thickness)
Temperature	Injector : 250°C Detector : 300°C Oven : initial temp. 110°C for 2min, 5.5°C/min to 250°C, 13°C/min to 300°C maintained for 3min
Flow rate	Carrier gas : N ₂ , 1.0ml/min
Split ratio	50 : 1
Injection volume	1 µL

Table 3. Operating conditions for GC/NPD

Instrument	Agilent 6890 Series Plus (with 7683 series auto sampler)
Column	DB-1, 30 m(L) × 0.25 mm(ID) × 0.25 μm (film thickness)
Temperature	Injector : 250°C Detector : 315°C Oven : initial temp. 110°C for 2min, 5.5°C/min to 250°C, 13°C/min to 300°C maintained for 3min
Flow rate	Carrier gas : N ₂ , 1.0 mL/min Reagent gas : H ₂ , 3.0 mL/min; Air, 60.0 mL/min
Split ratio	Splitless
Injection volume	1 μL

GC/NPD용으로 농축된 시료는 acetone 5 mL로 용해하고 0.2 μm nylon filter로 filtering한 후 GC/NPD로 분석하였으며, 분석조건은 Table 3과 같다.

결과 및 고찰

회수율 및 검출한계

본 시험 방법에 의한 대상성분의 회수율은 70~120% 정도로 다성분동시분석법으로 가능하였고 변이율이 10% 미만이었다. ECD 분석성분의 검출한계가 0.001~0.01 mg/kg이었고, NPD 분석성분의 경우 0.005~0.06 mg/kg 수준이었다.

검출내역

전체 농산물 120건 중 농약이 검출된 시료는 85건으로 70.8%를 차지하였고, 그 중에서 잔류허용기준(MRL)을 초과하는 시료는 2건으로 전체 농산물 중의 1.67%를 나타냈다. 가락농산물시장¹⁸⁾(5.2%), 충남보건환경연구원¹⁹⁾(5.6%)과는 큰 차이를 보였다. 허용기준 초과 농산물은 복숭아에서 EPN(허용기준 0.1 mg/kg) 0.164 mg/kg, chlorothalonil(허용기준 1.0 mg/kg) 1.143 mg/kg으로 각각 1건씩 검출되었다. 충남보건환경연구원¹⁹⁾에서도 복숭아에서 기준 초과품이 발생하였다고 보고하였다. 그렇지만, Lee⁷⁾의 연구에서 보고되었듯이 유통과정 중의 분해를 고려하면, 복숭아의 EPN, chlorothalonil의 경우 허용기준을 약간 초과하는 수치로 도매시장에서 채취한 시료임을 감안하면 2차, 3차 유통 과정을 거치는 동안 성분의 분해로 인하여 허용기준 이하로 감소될 수 있을 것으로 판단된다.

농약의 검출 비율이 높은 시료는 사과(100%), 복숭아(100%), 포도(90%) 등이었는데 검출된 성분의 계열별 분포를 보면 pyrethroid계, 유기인계, 유기염소계, dicarboximide계 농약의 분포가 16% 이상씩을 차지하면서 주종을 이루고 있는

반면, 다른 계열의 농약 검출 빈도는 매우 적었다. 살충제의 경우 유기인계와 pyrethroid계, 살균제는 유기염소계와 dicarboximide계가 대부분 검출되었다. 그 중 살균제는 유기염소계 중 chlorothalonil 33건, dicarboximide계 중 procymidone(21건)이 검출되어, 특정 일부 성분이 높은 검출빈도를 보였다. 이는 '99년도에 광주지역에서 채취한 실험과 동일하였다¹⁵⁾. 살충제의 경우에는 pyrethroid계, 유기인계, 유기염소계 등 다양한 성분이 검출되어 특정 성분이 많이 사용되고 있지 않다는 것을 알 수 있었다. 검출성분별 빈도는 chlorothalonil 33건, chlorpyrifos 30건, fenvalerate 21건, procymidone 21건, deltamethrin 14건, EPN 13건이 검출되어 10건 이상의 검출 빈도를 보였다. 또 검출 농약의 대부분이 저독성(48.0%), 보통독성(42.0%) 농약으로 고독성(10.0%) 농약보다 많이 검출되어 살포자의 인체 및 환경에 대한 영향이 적은 농약이 많이 살포되고 있음을 알 수 있었다.

농작물별 검출 성분 및 위해성 평가

농작물의 위해성 평가를 위해서 검출성분의 평균 검출 농도를 계산하였다. 평균 검출 농도의 계산은 검출한계 이하 시료의 경우는 현재 EPA⁸⁾에서 위해성 평가에 사용되고 있는 방법으로 해당 성분의 검출한계에 1/2을 적용하여 계산하였다. 여기에 검출된 모든 농도를 합산하여 전체 시료 수로 나누었다. 국민 전체 평균체중은 Lee⁹⁾가 사용한 55 kg을 이용하였다. ADI는 FAO/WHO Joint Meeting on Pesticide Residue (JMPR)¹⁰⁾에서 설정한 값을 적용하였으며, EPN의 경우는 Lee 등²⁾이 사용한 NOLE(무작용량)값의 1/100(안전계수)을 적용하였고, 또 tetradifon의 경우는 Lee¹¹⁾가 사용한 값을 적용하였다.

식이섭취량은 식생활 습관을 잘 나타내는 합당한 수치가 필요하다. 그러나 이러한 수치의 도출은 매우 큰 어려움을 지니고 있다^{3,6)}. 따라서 본 실험에서는 보건복지부에서 가장 최근에 보고된 1998년도 국민영양조사보고서¹²⁾를 참고하였다.

포도

포도의 검출성분은 잣빛곰팡이병, 노균병, 탄저병 방제¹³⁾를 위하여 살포한 procymidone, iprodione, chlorothalonil 등의 살균제가 많이 검출되었고 몇 종류의 살충제 성분이 검출되었다(Table 4). Kim 등¹⁴⁾의 연구와 최근의 연구인 Kim 등¹⁵⁾의 연구에서도 유기인계 농약의 검출빈도가 높았고, procymidone, chlorpyrifos, vinclozolin등이 검출되어 본 실험과 유사한 결과를 얻었다. 포도의 1일 식이 섭취량은 0.0057 kg/day로서 검출빈도가 높은 성분의 위해도가 procymidone 0.003%, iprodione 0.022%, chlorothalonil 0.002%, chlorpyrifos 0.003%로 매우 낮은 수준을 보였고, 기타 다른 성분도 포도의 섭취에 의한 위해성은 낮은 것으로 판단되어 생산 유통되고 있는 포도의 안전성에는 문제가 없을 것으로 판단되었다.

결

끝에서는 모두 살충제만이 검출되었는데 chlorpyrifos, fen-

Table 4. Detected pesticides in grape

compound	No. of detected sample	minimum value detected, mg/kg	maximum value detected, mg/kg	average value ^{a)} mg/kg	estimated dietary intake amount, ^{b)}	ADI ^{c)}	%ADI ^{d)}
procymidone	13	0.006	0.204	0.0297	0.000169	5.5	0.003
iprodion	8	0.013	0.247	0.0421	0.000239	0.003	0.022
chlorothalonil	4	0.001	0.108	0.0060	0.000034	1.65	0.002
chlorpyrifos	4	0.006	0.023	0.0025	0.000014	0.55	0.003
fenvalerate	3	0.007	0.023	0.0035	0.000020	1.1	0.002
vinclozolin	2	0.016	0.044	0.0037	0.000021	0.55	0.004
parathion	1	0.005	0.005	0.0014	0.000087	0.22	0.003
fenitrothion	1	0.007	0.007	0.0015	0.000008	0.275	0.004

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

^{b)} Estimated dietary intake amount(mg/day/person) = average value \times daily food intake amount(kg/day/person).

^{c)} ADI(mg/55 kg/day) = ADI(mg/kg/day) \times 55 kg(Korean average weight).

^{d)} % ADI : Estimated dietary intake amount/ADI \times 100.

itrothion, EPN 등의 유기인계농약(11건), tetradifon, dicofol 등 유기염소계 농약(8건), bifenthrin, cypermethrin, fenvalerate 등 합성 pyrethroid 계 농약(3건) 등의 모든 계열이 검출되었다. 그런데 유기인계 농약의 경우 3성분 모두 3건 이상씩 고르게 분포를 보였는데 이는 '94년도 Kim등¹⁰⁾, '98년도 Kim등¹⁴⁾의 조사와 유사한 경향을 보여 감귤 재배 농가의 유기인계 농약 선호도를 보여주었다. 반면 유기염소계 농약의 경우 tetradifon이 7건으로 검출 성분 중 가장 많은 검출 빈도를 보였는데 이 성분은 다른 대상 시료에서는 검출되지 않고 유일하게 감귤에서만 검출되었다.

귤의 1일 식이 섭취량은 0.073 kg/day로서 연구 대상 작물 중 가장 높았다. 검출성분 중 최대 검출 농도가 높은 fenitrothion, dicofol의 %ADI가 각각 0.2578%, 1.2221%로 높게 나타났는데, 이것은 두 성분의 최대 검출농도가 높을 뿐만 아니라, ADI 값이 다른 성분에 비해 낮은 영향도 있었다. dicofol의 최대 %ADI 값이 1.2221%로 단일 작물의 섭취에 의한 영향이 크게 나타났다. 그러나 dicofol의 농약안전사용 기준¹³⁾상의 대상 작물이 감귤과 거베라로 설정되어 있고, 또 실제 본 연구에서도 귤을 제외한 다른 과실에서 dicofol이 검출되지 않았다. 따라서 다른 작물에서 dicofol의 검출율이 낮아 전체적인 식품 섭취에 의한 위해성은 적을 것으로 판단된다.

배

배에서는 모두 50%의 시료에서 농약성분이 검출되었는데 검출된 성분이 살충제와 살균제가 비슷한 빈도를 보였다. 특히 살충제 중 EPN, 살균제 중 procymidone이 높은 검출빈도를 보였다. Kim등¹⁴⁾의 연구에서는 EPN은 검출되지 않았으나 다른 종류의 유기인계 농약이 많이 검출된 것으로 보고되어 살충제로 유기인계 농약 사용이 많음을 알 수 있었다. '98년도의 시료에서는 chinomethionat의 검출빈도가 높게 나타났고¹⁴⁾, 강원보건환경연구원²²⁾에서는 배에서 dichlofluanid의 빈도

가 높았으나, 본 실험에서는 전혀 검출되지 않았다.

배의 1일 식이 섭취량은 0.0234 kg/day였는데 모든 %ADI 값이 낮게 나타났다. 검출된 다른 성분과 비교하였을 때 endosulfan과 fenitrothion이 검출빈도에 비해 %ADI 값이 높게 나타났다. 이는 두 성분의 검출농도는 높게 나타나지 않았지만 ADI가 낮게 설정되어 있는데 기인한 것이다.

사과

사과의 경우 농약의 총 검출건수가 66건으로 가장 많은 검출을 보였다. '98년도 Kim등¹⁴⁾의 연구에서는 사과에서 methidathion 한 성분만이 검출된 것으로 보고되었었다. 살균제인 chlorothalonil이 낮은 농도로 모든 시료에서 검출되었는데, chlorothalonil의 허용기준은 1.0 ppm으로 최대 검출농도가 0.179 ppm 수준으로 허용기준의 1/6 수준이었다. 다른 검출된 살균제로는 tolylfluanide, captan이 검출되었다. 살충제는 합성 pyrethroid 계 농약이 28건 검출되었고, 유기인계 농약 12건, 유기염소계 농약이 1건 검출되어 사과의 총해 방제를 위해 많은 농가에서 합성 pyrethroid 계 농약이 많이 사용되고 있음을 알 수 있었다. '99년 황²⁰⁾은 chlorpyrifos와 유기염소계 농약이 많이 검출되었다고 보고하였다.

그리고 시료의 채취가 저장되었다가 유통되는 1월에 이루어져 대체로 검출농도가 낮음을 알 수 있었다. 검출 성분수가 많았지만, 모두 낮은 잔류 농도를 보이는 것은 사과의 특성상 다른 농산물에 비해 단위 중량 대비 표면적이 적는데 기인한 것²¹⁾으로 판단된다.

사과의 1일 식이 섭취량은 0.0401 kg/day로서 %ADI 값이 모두 0.1% 이하였다. azinphos-methyl이 가장 높은 %ADI 값을 나타냈는데, 이는 azinphos-methyl의 ADI가 0.005 mg/kg/day로 낮았기 때문이었다. 과실류의 경우 동일 또는 다른 계열의 농약이 많이 검출되고 있는데 이에 따른 복합독성에 의한 허용기준의 설정을 고려해야할 것으로 보인다.

Table 5. Detected pesticides in fruits

commodity	compound	No. of detected sample	detection range	average value	estimated dietary intake amount,	ADI	%ADI
mandarin	tetradifon	7	0.001~0.075	0.0098	0.000714	6.6	0.0108
	chlorpyrifos	4	0.004~0.041	0.0043	0.000317	0.55	0.0006
	fenitrothion	4	0.008~0.122	0.0097	0.000709	0.275	0.2578
	EPN	3	0.016~0.026	0.0037	0.000269	1.1	0.0245
	bifenthrin	1	0.010~0.010	0.0019	0.000142	1.1	0.0129
	cypermethrin	1	0.016~0.016	0.0127	0.000927	2.75	0.0842
	dicofol	1	0.311~0.311	0.0184	0.001344	0.11	1.2221
	fenvalerate	1	0.010~0.010	0.0019	0.000142	1.1	0.0129
pear	EPN	6	0.003~0.026	0.0037	0.000085	1.1	0.0078
	procymidone	3	0.002~0.031	0.0025	0.000057	5.5	0.0010
	bromopropylate	1	0.003~0.003	0.0010	0.000023	1.65	0.0014
	chlorothalonil	1	0.003~0.003	0.0006	0.000014	1.65	0.0009
	endosulfan	1	0.062~0.062	0.0036	0.000084	0.33	0.0254
	fenitrothion	1	0.005~0.005	0.0014	0.000033	0.275	0.0121
apple	chlorothalonil	20	0.010~0.179	0.0296	0.001189	1.65	0.0720
	bifenthrin	8	0.024~0.070	0.0180	0.000720	1.1	0.0654
	deltamethrin	8	0.017~0.027	0.0083	0.000333	0.55	0.0605
	chlorpyrifos	7	0.002~0.068	0.0054	0.000218	0.55	0.0397
	fenvalerate	6	0.014~0.096	0.0160	0.000653	1.1	0.0594
	tolylfluamide	4	0.017~0.023	0.0046	0.000184	5.5	0.0033
	cyhalothrin	3	0.025~0.030	0.0053	0.000214	1.1	0.0194
	cypermethrin	3	0.023~0.107	0.0198	0.000796	2.75	0.0289
	azinphos-methyl	2	0.031~0.034	0.0073	0.000294	0.275	0.1069
	fenitrothion	2	0.009~0.010	0.0021	0.000084	0.275	0.0307
	captan	1	0.060~0.060	0.0035	0.000139	5.5	0.0025
	endosulfan	1	0.009~0.009	0.0009	0.000037	0.33	0.0111
	EPN	1	0.013~0.013	0.0011	0.000046	1.1	0.0041
peach	chlorpyrifos	15	0.002~0.075	0.0120	0.000005	0.55	0.0009
	fenvalerate	11	0.003~0.258	0.0365	0.000014	1.1	0.0013
	chlorothalonil	7	0.007~1.143	0.0887	0.000035	1.65	0.0021
	deltamethrin	6	0.002~0.006	0.0015	0.000001	0.55	0.0001
	cypermethrin	4	0.008~0.122	0.0181	0.000007	2.75	0.0002
	procymidone	4	0.003~0.004	0.0016	0.000001	5.5	0.0000
	cyhalothrin	2	0.005~0.005	0.0019	0.000001	1.1	0.0001
	EPN	2	0.049~0.164	0.0111	0.000004	1.1	0.0004
	chinomethionat	1	0.002~0.002	0.0006	0.000000	0.33	0.0001
	endosulfan	1	0.002~0.002	0.0006	0.000001	0.33	0.0001
	fenitrothion	1	0.039~0.039	0.0031	0.000001	0.275	0.0005
	iprodione	1	0.082~0.082	0.0055	0.000002	3.3	0.0001
	parathion	1	0.011~0.011	0.0017	0.000001	0.22	0.0003
	strawberry	endosulfan	2	0.014~0.016	0.0020	0.000000	0.33
chlorothalonil		1	0.012~0.012	0.0011	0.000000	1.65	0.0000
chlorpyrifos		1	0.006~0.006	0.0076	0.000000	0.55	0.0000
cypermethrin		1	0.021~0.021	0.0129	0.000001	2.75	0.0000
EPN		1	0.012~0.012	0.0011	0.000000	1.1	0.0000
procymidone		1	0.113~0.113	0.0066	0.000001	5.5	0.0000

복숭아

복숭아도 검출빈도가 56건으로 사과 다음으로 많은 농약 검출 빈도를 보였다. Kim등¹⁴⁾의 연구와 마찬가지로 유기인계 살충제로써 chlorpyrifos가 15건으로 가장 높은 검출 빈도를 차지하였고 합성 pyrethroid계 농약의 경우는 여러 성분이 검출되어 특정 성분이 살포되지 않는 것으로 나타났다. 살균제는 유기염소계 살균제인 chlorothalonil과 dicarboximide계인 procymidone이 많이 검출되었다. 복숭아에서는 chlorothalonil과 EPN이 허용기준을 초과하였다. Kim등¹⁵⁾의 연구에서도 methidathion이 허용기준을 초과하여 검출되었다는 보고가 있는데 복숭아 농가에 대한 농약 안전사용 교육의 필요성이 있는 것으로 판단된다. 또 고독성 농약인 EPN, endosulfan, parathion이 검출되어 다른 시료와는 대조적이었다.

2개의 시료에서 부적합 농산물이 생산되었음에도 불구하고, 위해성 지수인 %ADI 값은 다른 과실류에 비해 상당히 낮게 나타나 모두 0.002% 이하이었다. 이는 복숭아의 1일 식이 섭취량이 0.0004 kg/day로 매우 적었기 때문이었다. 따라서 특정 시료에 대해서 부적합을 나타내더라도, 평균 식이 섭취량에 의한 영향은 그렇게 크지 않은 것으로 나타났다.

딸기

딸기의 허용기준 적용을 위한 분류에서 이전에는 식품원재료 분류에 의하여 분류하였으나, 2002년 4월부터는 농약 잔류 특성에 의한 분류로 개정되었다. 식품공전에서 식품원재료의 분류에서는 채소류 중 과채류로 분류하고 있고, 농약잔류 허용기준을 위한 개정된 규정에서는 과일류 중 장과류로 분류하고 있다. 이는 WTO 체제의 농산물 국제 교역에 의한 문제를 대비한 조치로, FAO/UNEP 합동 국제 식품규격위원회(Codex Alimentarius Commission)에서 분류한 방법을 따른 것이다¹⁷⁾. 따라서 chlorothalonil의 경우 허용기준이 장과류 최저치인 포도를 적용하였다.

딸기는 대체로 낮은 검출 비율(20%)을 보였는데, Kim등¹⁵⁾의 연구에서는 연구 대상 시료 중 가장 높은 검출 빈도(62.5%)를 보였다고 보고하여 다른 결과로 나타났다. 이는 딸기 재배농가의 농약 사용에 대한 인식이 바뀌어 안전사용기준을 준수하고 있음을 알 수 있었다. 또 Kim등¹⁵⁾의 연구에서 검출빈도가 높았던 endosulfan, procymidone 두 성분의 검출 빈도가 높았으나, 본 연구에서는 두 성분 외에 다른 성분도 많이 검출되어 재배 농가의 살포 농약이 다양화되어 병충해 방제의 효율성을 높이고 있는 것으로 나타났다.

딸기의 1일 식이 섭취량은 0.0001 kg/day로 매우 낮아 %ADI값도 가장 낮게 나타났다. 따라서 딸기에 의한 농약 위해성은 거의 없는 것으로 판단된다.

요 약

대전시 노은 도매 시장에서 채취한 과실류와 6종의 농약 잔류량을 조사한 후 이에 대한 위해성 평가를 실시하였다. 전

체 120건의 분석시료 중 70.8%가 농약 성분이 검출되었고 그 중 1.67%가 잔류허용기준치를 초과하여 검출되었다. 검출 비율이 높은 시료는 사과, 복숭아, 포도 등이었다. 검출된 성분에서 살충제는 유기인계, 합성 pyrethroid계, 유기염소계가 비슷한 비율로 검출되었고, 살균제에서는 특히 procymidone(dicarboximide계)과 chlorothalonil(유기염소계)의 검출 비율이 높았다. 검출빈도가 높은 성분은 chlorothalonil, chlorpyrifos, fenvalerate, procymidone, deltamethrin, EPN의 순이었다. 위해성을 평가하기 위해서 각 농작물에 대한 농약의 추정 섭취량과 ADI를 비교한 결과, 추정섭취량의 비율이 1.221% 이하로 나타나 그 영향이 매우 낮은 것으로 판단되었다. 이것은 농약 잔류 허용기준치를 초과한 농작물인 복숭아에서 chlorothalonil, EPN에 대해서도 동일한 결과를 나타내었다.

참고문헌

1. Pleus, R. C., Dunn, L. and Rogers, D. E. C. (1998) Comparison of the use of risk assessment for human health and ecological assessments in developed and developing countries, proceeding of the 2th world clean air and environment congress, Volume 2. 6D-5. 1998 0913
2. Lee, S. R., Lee, M. G. and Kim, N. H. (1995) Computation of theoretical maximum daily intake and safety index of pesticides by Korean population, *Korean J. Food Sci. Technol.* 27(4), 618-624.
3. Lee, S. R., Lee, H. M., Huh, K. and Lee, M. G. (2000) Optimization of average food consumption data for Koreans in 1990s, *J. Fd Hyg. Safety* 15(2), 68-78.
4. Lee, S. R. and Lee, M. G. (1993) Optimization of food factors applicable to Korean population, *Korean J. Environ. Agric.* 12(2), 184-192.
5. 2001 농산물 안전성 추진 계획 (2002), 국립농산물품질관리원, p.1-28.
6. Lee, S. R. and Lee, M. G. (1994) Estimation of the dietary intake of organophosphorus pesticide by the Korean population in 1998~1990, *Korean J. Environ. Agric.* 13(1), 66-75.
7. Lee, M. G. and Lee, S. R. (1993) Problems in the dietary exposure assessment of pesticide residues, *Korean J. Environ. Agric.* 12(3), 255-263.
8. EPA (1992) Guidelines for exposure assessment. EPA (1999) Chlorpyrifos. Anticipated residues for chronic dietary exposure assessment for chlorpyrifos RED.
9. 이서래 (1999) 한국인의 평균 체중에 대한 자료, 식품과학과 산업, 32(4), 65-66.
10. WHO/IPCS (1999) IPCS(International Program on Chemical Safety), Inventory of IPCS and other WHO pesticide

- evaluations and summary of toxicological evaluations performed by the Joint Meeting on Pesticide Residues (JMPR), 3rd edition.
11. Lee, M. G. and Lee, S. R. (2001) Computation of theoretical maximum daily intake of pesticides by Korean population, *Food Sci. Biotechnol.* 10(2), 115-122.
 12. 국민영양조사결과보고서 (1998) 보건복지부.
 13. 농약사용지침서 (2002) 농약공업협회.
 14. 김진화, 김진배, 임건재, 임양빈, 김남숙 (1998) 과일류 중 농약 잔류량 조사. (농업과학기술원)시험연구보고서:작물보호부, p.813-818.
 15. Kim, Y. G., Lim, T. G., Park, S. S., Heo, N. C. and Hong, S. S. (2000) A study on residual pesticides in commercial fruits & vegetables, *Korean J. Food Sci. Technol.* 32(4), 763-771.
 16. 박병준, 김진배, 송병훈, 박창규 (1994) 국내의 농산물중 잔류농약의 안전성 평가 연구, (농업과학기술원)시험연구보고서:농약연구소, p.390-398.
 17. Lee, S. R. (2000) Classification and nomenclature of raw food materials for tolerance setting of chemical residues and contaminants, *Korean J. Environ. Agric.* 19(3), 259-269.
 18. Garak Agricultural Products Inspection Team (2000) A study of current status on pesticide residues in agricultural products(VIII), *Report of S.I.H.E.*, 36, 157-165.
 19. 충남보건환경연구원 (2000. 12) 도내 유통되는 농산물의 잔류량 조사, 농산물의 농약 잔류량 조사와 안전성 연구, p.11-27.
 20. 황선주 (1999) 도내 생산 과채소류의 잔류 농약에 관한 연구. *충북보건환경연구원보*, 8, 21-37.
 21. Kim, J. B., Song, B. H., Chun, J. C., Im, G. J. and Im, Y. B. (1997) Effect of sprayable formulation on pesticide adhesion and persistence in several crops, *The Korean Journal of Pesticide Science.* 1(1), 35-40.
 22. Shim, T. H., Ryu, M. J., Shin, I. C., Jeong, K. J. and Lee, T. J. (1998) *Rep. Inst. Health & Environ.* 9, 25-31.