



## ORIGINAL ARTICLES

## 부산지역 유통 과일류의 과피 및 과육별 잔류농약 실태조사

김은주\* · 정재훈 · 박소현 · 권위경 · 정지윤 · 황지영 · 유정완 · 김성희 · 박성아

부산광역시보건환경연구원 반여농산물검사소

## A Survey on Pesticide Residues in Peel and Pulp of Fruits Collected from Markets in Busan

Eun-ju Kim\*, Jae-hoon Jeong, So-hyun Park, Wi-gyeong Gwon, Ji-yun Jeong, Ji-young Hwang, Jeong-wan Yu, Seong-hee Kim, Sung-ah Park

Banyeo agricultural products inspection Center, Busan Metropolitan City Institute of Health and Environment, Busan 46616, Republic of Korea

(Received on June 7, 2023. Revised on July 4, 2023. Accepted on July 11, 2023)

**Abstract** This study was conducted to investigate pesticide residues in peel and pulp of fruits on the markets in Busan. A total of 112 samples were collected and analyzed for 338 pesticides by multi-residue methods of Korean Food Code using GC-MSMS and UPLC-MSMS. The results showed that the pesticides were detected in 77 samples (68.8%) of whole fruit and the concentration was in the range of 0.01-2.5 mg/kg. Then, pesticides were detected in 107 samples (95.5%) of the peel and pesticides detected in 41 samples (36.6%) of the pulp, with concentration ranges of 0.01-13.0 mg/kg and 0.1-3.0 mg/kg, respectively. The amount of residual pesticide in the peel was higher than the whole fruit. In the pulp, carbendazim was detected most frequently with 14 times. As a result of the risk assessment on carbendazim and etofenprox, the hazard index (%ADI) was 1.0-8.0%, indicating that residual pesticides detected in fruits distributed in Busan were at safe levels.

**Key words** Busan, Fruits, Peel, Pesticide residues, Pulp

## 서 론

과일류는 폴리페놀 화합물과 카로티노이드, 플라보노이드, 비타민 C 등과 같은 식이성 항산화 물질을 많이 함유하고 있다. 이는 세포에 산화적 스트레스를 유발하는 활성 산소종(reactive oxygen species, ROS)으로부터 인체를 보호하여 (Kim and Park, 2011; Halliwell et al., 1995), 암, 심혈관 질환, 뇌졸중과 같은 질병의 위험을 낮춰주는 것으로 알려져 세계적으로 과일 섭취를 권장하고 있다(Ames et al., 1995). 특히 과일의 전체보다 껍질에서 페놀화합물의 함량과 항산화 활성이 높다는 많은 연구 결과가 발표되었고(Jose et al., 2011; Kubola and Siriamornpun, 2011), 과피의 생리활성 성분과 이를 기능성 식품 소재로 활용하고자 하는 연구가

이루어지고 있다(Lee et al., 2012).

2000년대 들어 자유무역협정(free trade agreement, FTA) 체결 이후 다양한 품목의 과일이 수입되고 인구·사회적 여건 변화에 따라 과일 소비 형태가 달라졌다. 맛 이외에 건강 증진과 식사 대용으로 섭취하는 경우가 많아 아침 과일 섭취량이 과거보다 증가하였다(KREI, 2017). 과일은 식품 산업에서 음료류 다음으로 과일 가공품이나 잼류의 원료로 많이 소비되고 있으며(MAFRA, 2022), 최근에는 껍질째 씻지 않고 그대로 섭취가 가능한 신선편이 과일과 과일 가공품이 주목받고 있다. 이에 따라 껍질이 얇은 과일과 친환경·유기농 과일의 필요성이 제기되고 있다(KREI, 2017).

농약은 병해충이나 잡초 등을 제거하여 농산물의 품질 향상과 수확량 증대에 중요한 역할을 한다. 농작물에 살포된 농약은 강우, 햇빛, 바람, 미생물 등에 의해 분해 소실되며, 일부는 식물체 표면의 cuticle층을 통과한 후 내부로 이동하여 잔류하게 된다(Lee et al., 2009; Ihm et al., 2002). 과도

\*Corresponding author  
E-mail: eunjoo0712@korea.kr

한 농약의 사용은 잔류 가능성을 증가시켜 소비자들에게 위해성을 일으키므로 농산물의 잔류농약에 대한 안전성이 중요시되고 있다. 우리나라는 2001년부터 잔류농약 모니터링 사업을 매년 실시하여 그 결과를 정책 수립 및 잔류허용기준 제·개정 등에 반영하고 있다(Nam et al., 2006).

과일별 농약 부착량 및 잔류성은 농약의 이화학적 특성과 제형, 과일 표면의 상태와 굴곡, 재배방법, 용모의 유무 등에 영향을 받는다. 과일에 살포된 농약은 대부분 껍질에 잔류하지만 과일별 특성에 따라 농약의 잔류성에 차이가 있다(Ihm et al., 2002; Lee et al., 2004). 서울지역과 경기도에서 과일류의 부위별 잔류농약 함량을 비교한 연구에서 과피가 과일 전체보다 높은 검출량을 보였고 일부 과육에서 농약이 검출되었다고 보고하였다(Park et al., 2015; Moon et al., 2022).

본 연구는 부산에서 유통되는 과일류 중 껍질째 섭취가 많은 과일, 껍질 표면에 용모가 있는 과일과 껍질째 가공하거나 껍질을 말려 차로 음용하는 과일을 연구 대상으로 선정하여 과피와 과육을 분리해 부위별 농약 잔류량의 실태를 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 시료 및 분석항목

2022년 1월부터 2022년 8월까지 부산지역 내 대형마트, 재래시장, 반여농산물도매시장 등에서 유통되는 과일류 112건을 대상으로 하였다. 품목별로 사과·배(인과류), 감귤·오렌지·레몬(감귤류), 복숭아(핵과류), 포도(장과류) 7품목을 선정하였으며(Table 1), 분석항목은 잔류농약 338종을 대상으로 하였다(Tables 2, 3).

**Table 1.** List of samples analyzed for pesticide residues

Groups	Commodity	No. of samples
Pome fruits	Apple	16
	Pear	16
Citrus fruits	Mandarin	20
	Orange	13
	Lemon	13
Stone fruits	Peach	18
Berry fruits	Grape	16
Total		112

**Table 2.** List of residual pesticides analyzed by GC-MSMS

Alachlor	Endrin	Isofenphos	Propanil
Aldrin & Dieldrin	EPN	Isoprocab	Propiconazole
Anilofos	Epoxiconazole	Isoprothiolane	Propisochlor
Benfuresate	Ethalfuralin	Isopyrazam	Propyzamide
BHC	Ethion	Isotianil	Prothiofos
Bifenthrin	Ethoprophos	Kresoxim-methyl	Pyraclofos
Boscalid	Ethychlozate	Lindane	Pyraflufen-ethyl
Bromobutide	Etoxazole	Mepanipyrim	Pyrazophos
Bromopropylate	Etridiazole	Mepronil	Pyrifthalid
Buprofezin	Fenamidone	Metalaxyl	Pyrimethanil
Butachlor	Fenarimol	Methidathion	Pyriminobac-methyl
Cadusafos	Fenbuconazole	Methoxychlor	Quinalphos
Carbophenothion	Fenclorim	Metolachlor	Quinoxifen
Carboxin	Fenitrothion	Metribuzin	Quintozene
Chlordane	Fenobucarb	Myclobutanil	Silafluofen
Chlorfenapyr	Fenothiocarb	Nuarimol	Simeconazole
Chlorobenzilate	Fenoxanil	Oxadiazon	Simetryn
Chlorpropham	Fenpropimorph	Oxadixyl	Spiromesifen
Chlorpyrifos	Fenpyrazamine	Oxyfluorfen	Spiroxamine
Chlorpyrifos-methyl	Fenthion	Paclobutrazol	Tebuconazole
Clomazone	Fipronil	Parathion	Tebufenpyrad
Cyflufenamid	Fluacrypyrim	Parathion-Methyl	Tebupirimfos
Cyprodinil	Fluazifop-butyl	Penconazole	Tecnazene
Deltamethrin	Flucythrinate	Pendimethalin	Tefluthrin
Diazinon	Fluensulfone	Penflufen	Terbacil

Table 2. continued

Alachlor	Endrin	Isofenphos	Propanil
Dichlobenil	Flumioxazine	Penthiopyrad	Terbutryn
Diclofop-methyl	Fluopyram	Pentoxazone	Tetraconazole
Dicloran	Fluquinconazole	Phenthoate	Tetradifon
Dicofol	Flusilazole	Phosalone	Thifluzamide
Diethofencarb	Flutianil	Phosmet	Thiometon
Difenoconazole	Fluxapyroxad	Phosphamidon	Tolclofos-methyl
Dimepiperate	Formothion	Picoxystrobin	Triadimefon
Dimethametryn	Fthalide, Phthalide	Piperonyl butoxide	Triadimenol
Dimethenamid	Heptachlor	Pirimicarb	Tri-allate
Dimethylvinphos	Hexythiazox	Pirimiphos-ethyl	Triazophos
Diniconazole	Indanofan	Pirimiphos-methyl	Trifloxystrobin
Diphenamid	Indoxacarb	Pretilachlor	Triflumizole
Diphenylamine	Ipconazole	Procymidone	Trifluralin
Dithiopyr	Iprobenfos	Profenofos	Vinclozolin
Endosulfan	Isazofos	Prometryn	Zoxamide

Table 3. List of residual pesticides analyzed by UPLC-MSMS

Acephate	Ethaboxam	Mandipropamid	Pyribencarb
Acetamiprid	Ethiofencarb	Mecarbam	Pyribenzoxim
Aldicarb	Etofenprox	Mefenacet	Pyributicarb
Ametoctradin	Etrimfos	Mefentrifluconazole	Pyridaben
Amisulbrom	Famoxadone	Metaflumizone	Pyridaphenthion
Azinphos-methyl	Fenamiphos	Metamifop	Pyrifluquinazon
Azoxystrobin	Fenazaquin	Metconazole	Pyrimidifen
Benalaxyl	Fenhexamid	Methabenzthiazuron	Pyrimisulfan
Bendiocarb	Fenoxaprop-ethyl	Methamidophos	Pyriofenone
Benthiavalicarb-isopropyl	Fenoxycarb	Methiocarb	Pyroquilon
Benzobicyclon	Fenpyroximate	Methoxyfenozide	Quinoclamine
Benzoximate	Fensulfothion	Metobromuron	Saflufenacil
Benzyladenine	Fentrazamide	Metolcarb	Sedaxane
Bistrifluron	Ferimzone	Metrafenone	Sethoxydim
Bromacil	Flonicamid	Mevinphos	Simazine
Cafenstrole	Fluazinam	Monocrotophos	Spinetoram
Carbaryl	Flubendiamide	Napropamide	Spinosad
Carbendazim	Fludioxonil	Norflurazon	Spirodiclofen
Carpropamide	Flufenacet	Ofurace	Sulfentrazone
Chlorantraniliprole	Flufenoxuron	Omethoate	Sulfoxaflor
Chlorfenvinphos	Fluopicolide	Orysastrobin	Tebufenozide
Chlorfluazuron	Flupyradifurone	Oryzalin	Tebufloquin
Chloridazon	Flusulfamide	Oxadiargyl	Teflubenzuron
Chromafenozide	Fluthiacet-methyl	Oxamyl	Tepraloxymid
Clofentezine	Flutolanil	Oxathiapiprolin	Terbufos
Clothianidin	Flutriafol	Oxaziclomefone	Terbuthylazine
Cyantraniliprole	Fluxametamide	Oxydemeton-methyl	Tetraniliprole
Cyazofamid	Fomesafen	Pencycuron	Thenylchlor
Cyclaniliprole	Forchlorfenuron	Penoxsulam	Thiabendazole

Table 3. continued

Acephate	Ethaboxam	Mandipropamid	Pyribencarb
Cycloprothrin	Fosthiazate	Phenothrin	Thiacloprid
Cyenopyrafen	Hexaconazole	Phorate	Thiamethoxam
Cyflumetofen	Hexaflumuron	Phoxim	Thiazopyr
Cymoxanil	Hexazinone	Picarbutrazox	Thidiazuron
Cyproconazole	Imazalil	Piperophos	Thiobencarb
Daimuron	Imibenconazole	Probenazole	Tiadinil
Dichlorvos	Imicyafos	Propamocarb	Tolfenpyrad
Diclosulam	Imidacloprid	Propoxur	Triafamone
Diflubenzuron	Inabenfide	Prosulfocarb	Triazamate
Dimethoate	Ipfencarbazon	Pydiflumetofen	Tricyclazole
Dinotefuran	Iprovalicarb	Pyflubumide	Triflumuron
Disulfoton	Isoxaben	Pyraclonil	Triticonazole
Diuron	Linuron	Pyraclostrobin	Valifenalate
Dodine	Lufenuron	Pyraziflumid	Vamidothion
Emamectin benzoate	Malathion	Pyrazolate	
Esprocarb	Mandestrobin	Pyrazoxyfen	

### 시약 및 기구

338종 농약의 표준품은 Dr. Ehrenstorfer사(Augsburg, Bayern, Germany)와 AccuStandard사(New Haven, CT, USA) 제품을 사용하였다. 농약 표준원액과 HPLC-MSMS의 이동상 조제에 사용되는 acetonitrile, methanol 등은 Merck사(Darmstadt, Hesse, Germany)의 HPLC급 용매를 사용하였다. 또한 이동상 용매 조제시 formic acid (ThermoFisher, Waltham, Massachusetts, USA) 및 Ammonium formate (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 사용하였다. QuEChERS (Quik, Easy, Cheap, Effective, Rugged, and safe) 시약은 Chromatific사(Germany)의 QuEChERS Extraction kit (ENK1-SC)와 QuEChERS Dispersive (PM2EN) 제품을 시료 추출과 정제에 사용하였다. 원심분리기는 Beckman Coulter사(Brea, CA, USA) US/Avanti J-15R 모델을 사용하였다.

### 시료 전처리

전체 검체는 식품공전에 따라 처리하였다. 사과, 배는 꼭지를 제거, 감귤, 오렌지, 레몬은 과실 전체, 복숭아는 꼭지

및 씨를 제거, 포도는 꼭지와 줄기를 제거하여 전체 검체로 사용하였으며, 과피와 과육만 분리하여 과피 검체와 과육 검체로 사용하였다. 시료의 전처리 및 분석 방법은 식품공전 중 다성분 시험법 제2법(7.1.2.2)-QuEChERS법에 따라 추출 및 정제하여 분석하였다(MFDS, 2022).

### 분석기기 및 조건

분석에 사용된 GC-MSMS (Gas Chromatography/Tandem Mass Spectrometer System)는 Agilent Technologies (Santa Clara, CA, USA) 7010B Triple quadrupole 장비로 잔류농약 160종을 분석하였고, UPLC-MSMS는 Waters Corporation (Milford, MA, USA) Xevo TQ-S micro 모델을 사용하여 잔류농약 178종을 분석하였다. GC-MSMS와 UPLC-MSMS의 기기분석 조건은 각각 Tables 4, 5와 같다.

### 정량 방법

검량선(calibration curve)은 이미 알고 있는 농도의 표준 용액 최소 3개 이상을 주입하여 나타난 peak 면적과 표준용액의 양으로 산출하였고 검체의 분석성분의 양을 검량선에

Table 4. Analytical conditions of GC-MSMS

Instrument	GC-MSMS (Agilent 7010B)
Inlet temp.	260°C
Carrier gas	He (1.2 mL/min)
Column	DB-5MS UI (30 m × 0.25 mm × 0.25 μm)
Oven temp.	60°C (1 min) → 30°C/min → 180°C (0 min) → 5°C/min → 290°C (0 min) → 20°C/min → 310°C (2 min)
Detector temp.	Source 250°C Quadrupole 150°C

**Table 5.** Analytical conditions of UPLC-MSMS

Instrument	UPLC-MSMS (Waters Xevo TQ-S micro)		
Column	CORTECS UPLC C18+ 1.6 $\mu$ m (2.1 $\times$ 100 mm), Temperature : 40°C		
Flow rate	0.2 mL/min		
Injection vol.	2 $\mu$ L		
Mobile phase	A: 5 mM ammonium formate, 0.1% formic acid in water B: 5 mM ammonium formate, 0.1% formic acid in methanol		
Gradient	Time (min)	A (%)	B (%)
	0.0	95	5
	0.65	95	5
	2.0	60	40
	8.0	30	70
	11.0	20	80
	15.0	0	100
	17.0	0	100
	19.0	95	5

대입하여 정량하였다(NIFDS, 2017). 검체의 분석값은 농산물의 농약 잔류허용기준(MFDS, 2022)을 적용하였으며 허용 기준값 대비 검출 표기값이 0.01 mg/kg 이상 되는 것을 검출 건수에 포함하였다.

#### 회수율, 검출한계 및 정량한계

회수율(recovery)은 식품공전 잔류농약 분석법 실무해설서에 따라 실시하였다(NIFDS, 2017). 잔류농약이 검출되지 않은 포도에 0.1 mg/kg이 되도록 표준용액을 첨가한 뒤 3회 반복 측정하였다. 검출한계(Limit of detection, LOD) 및 정량한계(Limit of quantitation, LOQ)는 International Conference on Harmonization (ICH)에서 제시한 아래의 식에 따라 산출하였다.

$$\text{LOD} = 3.3 \times \delta / S$$

$$\text{LOQ} = 10 \times \delta / S$$

$\delta$ : The standard deviation of the response, S: The slope of the calibration curve

#### 위해성 평가

과피 검체에서 검출된 농약의 위해성 평가는 일일섭취허용량(acceptable daily intake, ADI) 대비 일일섭취추정량(estimated daily intake, EDI)인 %ADI로 평가하였다. 농촌진흥청 고시(MOLEG, 2022)의 농약의 일일섭취허용량과 2020년 국민건강영양조사(KDCA, 2021; KHIDI, 2021)의 과일류 품목별 일일섭취량(감귤 11.47 g, 복숭아 13 g, 사과 33.91 g) 자료를 이용하였다. EDI는 농약의 평균 잔류량과 일일섭취량을 곱한 뒤 한국인의 평균 체중인 55 kg으로 나누었으며, %ADI는 아래의 식을 이용하여 산출하였다(Do et al, 2012; MFDS, 2019).

$$\%ADI = \frac{EDI(\text{mg/kgbw/day}) \times 100}{ADI(\text{mg/kgbw/day})}$$

## 결과 및 고찰

#### 회수율, 검출한계 및 정량한계

품목 및 장비별로 최대 검출된 농약 12종을 대상으로 하였으며, 그 결과는 Table 6과 같다. 12종 농약의 LOD는 0.0005-0.0017 mg/kg, LOQ는 0.0018-0.0053 mg/kg으로 국내에서 규정하고 있는 0.05 mg/kg 이하의 검출한계 기준에 적합하였다. 회수율은 82.0-107.6%, 상대표준편차(Relative standard deviation, RSD)는 0.7-4.4%를 나타냈다. 실무해설서(NIFDS, 2017)에 의하면, 국내에서 허용되는 회수율 범위는 70-120%, 상대표준편차 20% 이하로 본 연구는 적절한 분석법으로 시행한 것으로 판단된다.

#### 부위별 잔류농약 검출현황

부산지역에서 유통되고 있는 과일 7품목 112건을 전체 검체, 과피 검체와 과육 검체로 분리하여 분석하였다. 부위별 잔류농약 검출 건수 및 검출률은 Table 7과 같다. 전체 검체의 검출률은 68.8% (77건/112건)로 나타났으며 기준 이하로 적합하였다. 오렌지와 레몬의 전체 검체에서 100%로 가장 높은 검출률을 보였고 사과 전체 검체 93.8% (15건/16건), 복숭아 전체 검체 72.2% (13건/18건), 포도 전체 검체 68.8% (11건/16건) 그리고 감귤 전체 검체 55.0% (11건/20건) 순으로 나타났다. 배 전체 검체의 검출률이 6.3% (1건/16건)로 가장 낮았다.

과피 검체의 검출률은 95.5% (107건/112건)로 나타났다. 과피의 경우 모든 품목에서 검출률이 높았고, 특히 사과, 오렌지, 레몬, 복숭아 과피 검체는 100%의 잔류농약 검출률을

**Table 6.** Recovery rate, LOD and LOQ of pesticides detected

Pesticide	Instrument type	Recovery $\pm$ RSD <sup>a)</sup> (%)	LOD <sup>b)</sup> (mg/kg)	LOQ <sup>c)</sup> (mg/kg)
Bifenthrin	GC-MSMS	98.2 $\pm$ 1.2	0.0007	0.0021
Buprofezin	GC-MSMS	89.4 $\pm$ 3.0	0.0008	0.0024
Chlorfenapyr	GC-MSMS	92.0 $\pm$ 4.4	0.0017	0.0053
Cyprodimil	GC-MSMS	97.3 $\pm$ 2.8	0.0008	0.0024
Propiconazole	GC-MSMS	89.9 $\pm$ 2.2	0.0005	0.0018
Trifloxystrobin	GC-MSMS	82.0 $\pm$ 0.8	0.0007	0.0022
Carbendazim	LC-MSMS	99.1 $\pm$ 3.8	0.0007	0.0023
Chlorantraniliprole	LC-MSMS	101.6 $\pm$ 2.9	0.0009	0.0029
Etofenprox	LC-MSMS	96.2 $\pm$ 0.7	0.0006	0.0021
Fenhexamid	LC-MSMS	98.4 $\pm$ 1.0	0.0010	0.0031
Imazalil	LC-MSMS	107.6 $\pm$ 3.2	0.0012	0.0037
Thiabendazole	LC-MSMS	97.6 $\pm$ 1.7	0.0007	0.0022

<sup>a)</sup>Relative standard deviation

<sup>b)</sup>Limit of detection

<sup>c)</sup>Limit of quantification

**Table 7.** Detection rate of residual pesticides from whole, peel and pulp

Group	Commodity	No. of samples	No. of sample detected(%)		
			whole (peel+pulp)	peel	pulp
Pome fruits	Apple	16	15 (93.8)	16 (100.0)	7 (43.8)
	Pear	16	1 (6.3)	15 (93.8)	0 (0)
Citrus fruits	Mandarin	20	11 (55.0)	18 (90.0)	7 (35.0)
	Orange	13	13 (100.0)	13 (100.0)	8 (61.5)
	Lemon	13	13 (100.0)	13 (100.0)	5 (38.5)
Stone fruits	Peach	18	13 (72.2)	18 (100.0)	5 (27.8)
Berry fruits	Grape	16	11 (68.8)	14 (87.5)	9 (56.3)
Total		112	77 (68.8)	107 (95.5)	41 (36.6)

보였다. 배 과피 검체의 검출률은 93.8% (15건/16건)이었으며 감귤 과피 검체 90.0% (18건/20건), 그리고 포도 과피 검체 87.5% (14건/16건) 순으로 나타났다. 과피는 수분 함량이 낮고 조직이 치밀하여 농약의 침투가 용이하지 않다(Park et al., 2007). 따라서 살포된 농약이 일부 과육으로 이행하지만 대부분 과피에 잔존한다(Ihm et al., 2002). 본 연구는 Cho et al. (2012)이 보고한 연구 결과에서 과피와 과육의 분리 실험 전에 비해 과피의 농약 잔류량이 크게 증가한 것과 비슷한 양상을 보였다.

과육 검체의 검출률은 36.6% (41건/112건)로 나타났다. 오렌지 과육 검체에서 61.5% (8건/13건)로 가장 높았고, 포도 과육 검체 56.3% (9건/16건), 사과 과육 검체 43.8% (7건/16건), 레몬 과육 검체 38.5% (5건/13건), 감귤 과육 검체 35.0% (7건/20건), 그리고 복숭아 과육 검체 27.8% (5건/18건) 순으로 나타났다. 본 연구 결과 배를 제외한 6품목의 과육 검체에서 농약이 검출되었고 과피 검체보다 낮은 잔류

농약 검출률을 보였다. 이는 과일의 전체 부피 중 과육이 차지하는 비율이 높을수록 전체 검체의 농약 검출률이 떨어졌다고 생각한다. 배의 경우 과피 검체는 93.8% (15건/16건)의 검출률을 보였으나 전체 검체는 6.3% (1건/16건)에 불과하였다. 반면, 같은 인과류에 속하는 사과의 경우 과피 검체는 100% (16건/16건)의 검출률을 나타냈으며 전체 검체도 93.8% (15건/16건)로 비슷한 수준이었다. 이는 사과 과육 검체의 높은 농약 검출률 43.8% (7건/16건)의 영향으로 판단된다.

#### 품목별 잔류농약 검출현황

전체 검체, 과피 검체와 과육 검체에서 검출된 잔류농약의 종류 및 검출농도를 소분류별로 나누어 Tables 8-11에 나타내었다. 인과류 총 32건(사과 16건, 배 16건)에서 전체 검체는 12종의 농약이 31회 검출되었고 검출범위는 0.1-2.5 mg/kg이었다. 과피 검체는 45종이 194회 검출되었고 검출

**Table 8.** Level of residual pesticides in pome fruits

Commodity (No. of samples)	Pesticides	MRL <sup>a)</sup> (mg/kg)	Detection range (mg/kg) (No. of detection)		
			whole (peel+pulp)	peel	pulp
Apple (16)	Acetamiprid	0.3	0.1 (1)	0.1 (2)	-
	Bifenthrin	0.5	0.1 (1)	0.1-0.6 (14)	-
	Bistrifluron	1.0	-	0.1 (2)	-
	Boscalid	1.0	-	0.2 (2)	-
	Carbendazim	3.0	0.1-2.5 (8)	0.1-13.0 (10)	0.1-3.0 (6)
	Chlorantraniliprole	2.0	-	0.1 (3)	-
	Chlorfenapyr	1.0	-	0.1-0.2 (2)	-
	Chlorpyrifos	1.0	-	0.1 (1)	-
	Deltamethrin	0.5	-	0.1-1.1 (8)	-
	Difenoconazole	1.0	0.1 (1)	0.1-0.6 (6)	-
	Diflubenzuron	2.0	0.1 (1)	0.1-0.7 (5)	-
	Dinotefuran	0.5	0.1 (1)	0.1 (1)	0.1 (1)
	Etofenprox	1.0	0.1-0.2 (9)	0.1-3.3 (16)	-
	Fenazaquin	0.3	-	0.3 (1)	-
	Fenitrothion	0.5	-	0.1 (1)	-
	Fluazinam	0.3	0.1 (1)	0.1-0.5 (2)	-
	Flubendiamide	1.0	0.1 (1)	0.1-0.7 (2)	-
	Flutriafol	1.0	-	0.1 (1)	-
	Fluxametamide	0.5	-	0.6 (1)	-
	Fluxapyroxad	0.5	-	0.1 (1)	-
	Hexythiazox	0.3	-	0.1 (1)	-
	Indoxacarb	0.3	-	0.1-0.2 (2)	-
	Lufenuron	0.3	-	0.1-0.2 (5)	-
	Metconazole	1.0	-	0.1-0.2 (4)	-
	Methoxyfenozide	2.0	-	0.1-0.5 (2)	-
	Procymidone	0.01	-	0.02 (1)	-
	Propiconazole	1.0	-	0.1-0.3 (4)	-
	Pydiflumetofen	0.5	-	0.2 (1)	-
	Pyflubumide	0.5	-	0.1 (1)	-
	Pyraclostrobin	0.3	0.1 (1)	0.1-0.8 (10)	-
	Pyraziflumid	1.0	-	0.1 (1)	-
	Spirodiclofen	2.0	-	0.1 (1)	-
Spiromesifen	1.0	-	0.1-0.3 (4)	-	
Tebuconazole	1.0	0.1 (3)	0.1-0.4 (13)	-	
Teflubenzuron	1.0	-	0.1 (3)	-	
Tetraniliprole	0.7	-	0.2-0.3 (2)	-	
Trifloxystrobin	0.7	0.1-0.2 (2)	0.1-0.9 (10)	-	
Triflumuron	0.5	-	0.1 (1)	-	
Pear (16)	Boscalid	1.0	-	0.1-0.4 (3)	-
	Buprofezin	0.5	-	0.1-0.5 (10)	-
	Carbendazim	3.0	0.2 (1)	0.1-0.6 (11)	-
	Chlorfenapyr	1.0	-	0.1 (1)	-
Chlorpyrifos	1.0	-	0.1-0.4 (4)	-	

Table 8. continued

Commodity (No. of samples)	Pesticides	MRL <sup>a)</sup> (mg/kg)	Detection range (mg/kg) (No. of detection)		
			whole (peel+pulp)	peel	pulp
Pear (16)	Cyenoxyrafen	1.0	-	0.2 (1)	-
	Difenoconazole	1.0	-	0.1 (1)	-
	Etofenprox	1.0	-	0.1 (1)	-
	Fenitrothion	1.0	-	0.1 (1)	-
	Fludioxonil	5.0	-	0.4 (1)	-
	Fluquinconazole	0.5	-	0.1 (1)	-
	Indoxacarb	0.5	-	0.3 (1)	-
	Methidathion	0.01	-	0.02 (1)	-
	Methoxyfenozide	2.0	-	0.1 (2)	-
	Pydiflumetofen	0.5	-	0.1 (1)	-
	Pyraclostrobin	1.0	-	0.1 (1)	-
	Pyrimethanil	3.0	-	0.2 (1)	-
	Spirodiclofen	1.0	-	0.1 (1)	-
	Tebuconazole	0.5	-	0.1 (1)	-
	Teflubenzuron	1.0	-	0.1 (1)	-
Thiabendazole	3.0	-	0.1 (2)	-	

<sup>a)</sup>maximum residue limits

범위는 0.02-13.0 mg/kg이었으며, 과육 검체는 2종이 7회 검출되었고 검출범위는 0.1-3.0 mg/kg이었다. 사과 총 16건에서 전체 검체는 12종의 농약이 30회 검출되었고 검출범위는 0.1-2.5 mg/kg이었다. 과피 검체에서는 38종이 147회 검출되었고 검출범위는 0.02-13.0 mg/kg이었으며, 과육 검체에서는 2종이 7회 검출되어 검출범위는 0.1-3.0 mg/kg이었다. 사과는 전체 검체에 비해 과피 검체에서 검출농도가 1-22배 정도 높았다. 배 총 16건에서 전체 검체는 carbendazim이 0.2 mg/kg 1회 검출된 반면 과피 검체는 21종이 47회 검출되었고 검출범위는 0.02-0.6 mg/kg이었다. 과육 검체는 잔류농약이 검출되지 않았다. 배는 전체 검체의 검출량에 비해 과피 검체에서 2배 정도의 양이 높게 검출되었다.

Park et al. (2007)은 배가 사과보다 과육 내 수분 함량이 높고 과피가 두꺼우며 배의 과피에서 농약의 확산 속도가 감소했다고 보고하였다. 이를 통해 본 연구에서도 사과에 비해 배의 전체 검체와 과육 검체에서 농약이 거의 검출되지 않았다고 볼 수 있다.

감귤류 총 46건(감귤 20건, 오렌지 13건, 레몬 13건)에서 전체 검체는 12종의 농약이 88회 검출되었고 검출범위는 0.01-2.1 mg/kg이었다. 과피 검체는 30종이 150회 검출되었고 검출범위는 0.01-9.5 mg/kg이었으며, 과육 검체는 5종이 20회 검출되었고 검출범위는 0.1-0.6 mg/kg이었다. 감귤 총 20건에서 전체 검체는 5종의 농약이 14회 검출되었고 검출범위는 0.1-2.1 mg/kg이었다. 과피 검체는 20종이 54회 검

출되었고 검출범위는 0.1-9.5 mg/kg이었으며, 과육 검체는 3종이 7회 검출되어 검출범위는 0.1-0.6 mg/kg이었다. 감귤은 전체 검체에 비해 과피 검체에서 검출농도가 1-31.7배 정도 높았다. 오렌지 총 13건에서 전체 검체는 7종의 농약이 27회 검출되었고 검출범위는 0.01-1.4 mg/kg이었다. 과피 검체는 10종이 37회 검출되었고 검출범위는 0.06-7.4 mg/kg이었으며, 과육 검체는 2종이 8회 검출되었고 검출농도는 0.1 mg/kg이었다. 오렌지는 전체 검체의 검출량에 비해 과피 검체에서 1-6.5배 수준의 양이 높게 검출되었다. 레몬 총 13건에서 전체 검체는 5종의 농약이 47회 검출되었고 검출범위는 0.1-2 mg/kg이었다. 과피 검체는 6종이 59회 검출되었고 검출범위는 0.01-4 mg/kg이었으며, 과육 검체는 2종이 5회 검출되었고 검출범위는 0.1-0.2 mg/kg이었다. 레몬은 과피 검체에서 전체 검체 대비 1-10배 많은 농약이 잔류한 것으로 나타났다.

충청남도에서 유통되는 과일의 잔류농약 실태조사에서 감귤류의 농약 검출률이 가장 높았다고 보고하였다(Lee et al., 2019). 본 연구에서는 감귤류 중 오렌지와 레몬 전체 검체의 검출률이 100%로 가장 높았다(Table 7). 수입 과일은 장기간 저장 및 보관, 장거리 수송으로 인해 수확 후 농약처리(Post-harvest)를 한다(Choi et al., 2013). 본 연구에서도 수입 감귤류의 경우 Post-harvest 살균제인 thiabendazole, imazalil과 fludioxonil이 주로 검출되었으며, 국내 감귤류에서는 검출되지 않아 선행연구와 동일한 양상을 보였다(Choi et



**Table 9.** Level of residual pesticides in citrus fruits

Commodity (No. of samples)	Pesticides	MRL (mg/kg)	Detection range (mg/kg) (No. of detection)		
			whole (peel+pulp)	peel	pulp
Mandarin (20)	Acephate	5.0	-	-	0.1 (1)
	Bifenthrin	0.5	-	0.1 (1)	-
	Boscalid	3.0	0.1 (1)	0.1 (1)	-
	Buprofezin	0.5	-	0.1 (1)	-
	Carbendazim	5.0	0.1-2.1 (10)	0.1-9.5 (15)	0.1-0.6 (5)
	Chlorfenapyr	1.0	0.3 (1)	0.1-1.5 (7)	-
	Chlorpyrifos	1.0	-	0.3 (1)	-
	Cyprodinil	1.0	-	0.1 (2)	-
	Deltamethrin	0.5	-	0.1 (1)	-
	Diflubenzuron	3.0	-	0.1 (3)	-
	Dinotefuran	1.0	-	0.1 (1)	0.1 (1)
	Etofenprox	5.0	0.1 (1)	0.8 (1)	-
	Fenazaquin	2.0	-	0.1-0.2 (3)	-
	Fonicamid	1.0	-	0.1 (1)	-
	Imidacloprid	0.7	-	0.1 (3)	-
	Indoxacarb	0.5	-	0.1 (3)	-
	Kresoxim-methyl	2.0	-	0.1 (1)	-
	Lufenuron	0.5	-	0.1 (2)	-
	Phenthoate	1.0	0.1 (1)	0.4 (2)	-
	Pyridaben	2.0	-	0.1 (1)	-
Spirodiclofen	2.0	-	0.1-0.3 (4)	-	
Orange (13)	Azoxystrobin	10	1 (1)	1-2 (3)	-
	Buprofezin	2.5	-	0.1 (1)	-
	Difenoconazole	0.6	-	0.1 (2)	-
	Fludioxonil	10	1 (1)	1-2 (3)	-
	Imazalil	15	1 (9)	1-5 (11)	-
	Pendimethalin	0.05	0.01 (1)	0.06 (1)	-
	Propiconazole	8.0	0.2 (1)	0.3 (1)	0.1 (1)
	Pyrimethanil	7.0	0.3-0.4 (3)	0.8-1.3 (3)	-
	Simeconazole	0.5	-	0.1 (1)	-
	Thiabendazole	7.0	0.2-1.4 (11)	0.6-7.4 (11)	0.1 (7)
Lemon (13)	Azoxystrobin	10	1 (7)	1-2 (12)	-
	Fludioxonil	10	1 (8)	1-3 (12)	-
	Imazalil	15	1-2 (11)	1-4 (13)	-
	Metalaxyl	0.01	-	0.01 (1)	-
	Propiconazole	8.0	0.1-0.5 (11)	0.2-1.4 (11)	0.1 (1)
Thiabendazole	7.0	0.1-1.5 (10)	0.4-2.1 (10)	0.1-0.2 (4)	

al., 2013; Chung et al., 2014).

복숭아 총 18건에서 전체 검체는 14종의 농약이 21회 검출되었고 검출범위는 0.03-0.6 mg/kg이었다. 과피 검체는 42종이 119회 검출되었고 검출범위는 0.01-5.1 mg/kg이었으며, 과육 검체는 4종이 5회 검출되었고 검출농도는 0.1 mg/kg이

었다. 전체 검체보다 과피 검체에서 1-22배 수준의 양이 높게 검출되었다.

Lee et al. (2004) 연구 결과에 따르면 복숭아 표면의 잔털은 살포된 농약이 부착할 수 있는 표면적을 증가시켜 농약의 부착량과 잔류량에 큰 영향을 미친다고 보고하였다. Hwang

**Table 10.** Level of residual pesticides in stone fruits

Commodity (No. of samples)	Pesticides	MRL (mg/kg)	Detection range (mg/kg) (No. of detection)		
			whole (peel+pulp)	peel	pulp
Peach (18)	Acetamiprid	1.0	0.1 (1)	0.2 (1)	-
	Azoxystrobin	2.0	0.1 (1)	0.1-2.0 (4)	-
	Bifenthrin	0.3	-	0.1-1.1 (3)	-
	Bistrifluron	1.0	-	0.2 (2)	-
	Boscalid	1.0	-	0.3 (1)	-
	Buprofezin	1.0	0.1-0.2 (2)	0.7-1.0 (2)	0.1 (1)
	Carbendazim	2.0	0.1-0.3 (3)	0.1-5.1 (4)	0.1 (2)
	Chlorantraniliprole	1.0	-	0.1-1.0 (9)	-
	Chlorfenapyr	1.0	-	0.1 (1)	-
	Chlorpyrifos	0.5	-	0.1 (1)	-
	Chromafenozide	0.5	-	0.1 (1)	-
	Cyenoxyrafen	0.5	0.1 (1)	0.1-0.7 (3)	-
	Cyflumetofen	1.0	0.6 (1)	0.1-2.6 (2)	-
	Deltamethrin	0.5	-	0.2-0.7 (3)	-
	Difenoconazole	2.0	-	0.1-0.4 (6)	-
	Diflubenzuron	0.1	-	0.1 (1)	-
	Emamectin benzoate	0.2	-	0.1 (1)	-
	Etofenprox	2.0	-	0.1-1.1 (8)	-
	Flonicamid	1.0	-	0.3 (1)	0.1 (1)
	Fluazinam	1.0	0.3 (1)	0.1-2.8 (4)	-
	Flubendiamide	0.7	0.1-0.3 (2)	0.6-4.8 (3)	-
	Fluxametamide	2.0	-	0.1-0.3 (4)	-
	Imidacloprid	0.5	-	0.1 (1)	-
	Indoxacarb	1.0	0.2 (1)	0.1-4.4 (7)	-
	Kresoxim-methyl	1.0	-	2.1 (1)	-
	Lufenuron	0.5	0.1 (1)	0.1-0.8 (7)	-
	Mefentrifluconazole	0.3	0.1 (1)	0.1-0.3 (3)	-
	Metaflumizone	0.5	-	0.2 (1)	-
	Methoxyfenozide	2.0	-	0.1-0.2 (2)	-
	Pendimethalin	0.05	0.03 (1)	0.04-0.32 (2)	-
	Phenothrin	0.01	-	0.03 (1)	-
	Pydiflumetofen	0.7	-	0.2 (1)	-
	Pyflubumide	1.0	-	0.1 (1)	-
	Pyraclostrobin	1.0	-	0.1-2.2 (6)	-
Spirodiclofen	0.5	-	0.8 (1)	-	
Spiromesifen	2.0	-	0.3-0.6 (3)	-	
Sulfoxaflor	0.5	0.1 (1)	0.1 (1)	0.1 (1)	
Tebuconazole	1.0	-	0.1-0.2 (3)	-	
Teflubenzuron	1.0	-	0.2 (1)	-	
Thiabendazole	0.01	-	0.01-0.05 (2)	-	
Trifloxystrobin	2.0	0.1-0.3 (4)	0.1-4.8 (8)	-	
Triflumizole	1.0	-	1.1 (1)	-	

**Table 11.** Level of residual pesticides in berry fruits

Commodity (No. of samples)	Pesticides	MRL (mg/kg)	Detection range (mg/kg) (No. of detection)		
			whole (peel+pulp)	peel	pulp
Grape (16)	Acetamiprid	1.0	-	0.1 (1)	-
	Boscalid	5.0	0.1-0.4 (3)	0.1-2.5 (6)	0.1 (2)
	Carbendazim	3.0	1.5 (1)	2.2 (1)	1.9 (1)
	Chlorantraniliprole	2.0	0.1 (1)	0.1-0.5 (4)	-
	Chlorpyrifos	0.01	-	0.01 (1)	-
	Chromafenozide	0.7	0.1 (1)	0.1 (1)	-
	Cyprodinil	5.0	0.1-0.4 (5)	0.7-1.7 (5)	0.1 (3)
	Difenoconazole	1.0	-	0.1-1.0 (2)	-
	Dinotefuran	5.0	0.1 (1)	0.1 (1)	0.1 (1)
	Fenhexamid	3.0	0.3-2.1 (5)	0.6-7.4 (6)	0.1-0.3 (5)
	Fludioxonil	5.0	0.1-0.2 (5)	0.4-0.9 (5)	0.1 (1)
	Fluopyram	5.0	0.1 (1)	0.1-0.3 (3)	-
	Kresoxim-methyl	5.0	-	0.1 (1)	-
	Mandestrobin	5.0	0.2 (1)	0.3 (1)	-
	Methoxyfenozide	2.0	-	0.1 (2)	-
	Myclobutanil	2.0	-	0.2 (1)	-
	Phenothrin	0.01	-	0.03 (1)	-
	Pyraclostrobin	3.0	-	0.1 (2)	-
	Spinetoram	1.0	-	0.1 (2)	-
	Sulfoxaflor	2.0	-	0.1 (1)	-
Tebuconazole	5.0	-	0.1-0.2 (2)	-	

et al. (2010)의 연구 결과에서는 다른 과일에 비해 키위 표면에 많은 농약이 잔류하였고, Kim et al. (2012)은 털이 있는 복숭아 품종에서 털이 없는 품종보다 최대 5.4배 많은 농약이 잔류하였다고 보고하였다. 이처럼 과피 검체의 높은 농약 잔류량이 복숭아 표면의 털에 의한 것으로 판단된다.

포도 총 16건 전체 검체는 10종의 농약이 25회 검출되었고 검출범위는 0.1-2.1 mg/kg이었다. 과피 검체는 21종이 49회 검출되었고 검출범위는 0.01-7.4 mg/kg이었으며, 과육 검체는 6종이 13회 검출되었고 검출범위는 0.1-1.9 mg/kg이었다. 포도 과피 검체에는 전체 검체의 검출량 대비 1-25배 많은 농약이 잔류한 것으로 나타났다.

포도는 과피 검체의 농약 검출 대비 전체 검체와 과육 검체에서 많은 종류의 농약이 검출되었는데, 이는 살포된 농약이 모여있는 포도알 형태로 인해 흘러내리지 않고 남아 있어 농약 잔류량이 증가한 것으로 볼 수 있다. 다른 과일에 비해 과피의 비율이 높다는 Lee et al. (2004)의 연구 결과에 따라 전체 검체의 농약 검출률이 떨어지지 않은 것으로 보인다. 또한 껍질째 먹는 포도는 과피와 과육의 분리 과정 중 과피가 일부 혼입되어 상대적으로 과육 검체의 농약 잔류량이 증가한 것으로 생각된다.

감귤에서 검출된 Dinotefuran과 복숭아에서 검출된 Flonicamid는 과피 검체와 과육 검체에서 0.1 mg/kg으로 검출되었지만 전체 검체에서 0.01 mg/kg 미만으로 검출되어 검출 건수에 포함되지 않았다. 이는 과피와 과육으로 분리하지 않고 처리하여 전체 검체에서 희석된 것이라 판단된다.

#### 농약별 잔류농약 검출현황

연구 대상의 품목 112건에서 분석항목 338종 중 5회 이상 검출된 농약은 30종 429회였다(Table 12). 동일 품목에서 부위별(전체 검체, 과피 검체, 과육 검체)로 동시 검출된 농약은 최대 검출 횟수를 산정하였다. 검출 농약을 용도에 따라 분류하면 살균제 14종이 251회(58.5%), 살충제 16종이 178회(41.5%) 검출되어 살균제가 많이 검출된 것으로 파악되었다. 검출 빈도가 가장 높은 농약은 carbendazim으로 총 41회 검출되었으며, etofenprox 26회, thiabendazole 25회, imazalil 24회, fludioxonil 21회, azoxystrobin, pyraclostrobin, tebuconazole 각 19회, bifenthrin, trifloxystrobin 각 18회, difenoconazole 17회, chlorantraniliprole, propiconazole 각 16회, buprofezin, lufenuron 각 14회, boscalid, indoxacarb 각 13회, deltamethrin 12회, chlorfenapyr 11회,

**Table 12.** Residual pesticides of detected in the sample

Pesticides	Pesticide type	Commodity (No. of detection)	Sub total
Azoxystrobin	Fungicide	orange (3), lemon (12), peach (4)	19
Bifenthrin	Insecticide	apple(14), mandarin (1), peach (3)	18
Boscalid	Fungicide	apple (2), pear (3), mandarin (1), peach (1), grape (6)	13
Buprofezin	Insecticide	pear (10), mandarin (1), orange (1), peach (2)	14
Carbendazim	Fungicide	apple (10), pear (11), mandarin (15), peach (4), grape (1)	41
Chlorantraniliprole	Insecticide	apple (3), peach (9), grape (4)	16
Chlorfenapyr	Insecticide	apple (2), pear (1), mandarin (7), peach (1)	11
Chlorpyrifos	Insecticide	apple (1), pear (4), mandarin (1), peach (1), grape (1)	8
Cyprodinil	Fungicide	mandarin (2), grape (5)	7
Deltamethrin	Insecticide	apple (8), mandarin (1), peach (3)	12
Difenoconazole	Fungicide	apple (6), pear (1), orange (2), peach (6), grape (2)	17
Diflubenzuron	Insecticide	apple (5), mandarin (3), peach (1)	9
Etofenprox	Insecticide	apple (16), pear (1), mandarin (1), peach (8)	26
Fenhexamid	Fungicide	grape (6)	6
Fluazinam	Fungicide	apple (2), peach (4)	6
Flubendiamide	Insecticide	apple (2), peach (3)	5
Fludioxonil	Fungicide	pear (1), orange (3), lemon (12), grape (5)	21
Fluxametamide	Insecticide	apple (1), peach (4)	5
Imazalil	Fungicide	orange (11), lemon (13)	24
Indoxacarb	Insecticide	apple (2), pear (1), mandarin (3), peach (7)	13
Lufenuron	Insecticide	apple (5), mandarin (2), peach (7)	14
Methoxyfenozide	Insecticide	apple (2), pear (2), peach (2), grape (2)	8
Propiconazole	Fungicide	apple (4), orange (1), lemon (11)	16
Pyraclostrobin	Fungicide	apple (10), pear (1), peach (6), grape (2)	19
Spirodiclofen	Insecticide	apple (1), pear (1), mandarin (4), peach (1)	7
Spiromesifen	Insecticide	apple (4), peach (3)	7
Tebuconazole	Fungicide	apple (13), pear (1), peach (3), grape (2)	19
Teflubenzuron	Insecticide	apple (3), pear (1), peach (1)	5
Thiabendazole	Fungicide	pear (2), orange (11), lemon (10), peach (2)	25
Trifloxystrobin	Fungicide	apple (10), peach (8)	18
Total			429

diflubenzuron 9회, chlorpyrifos, methoxyfenozide 각 8회, cyprodinil, spirodiclofen, spiromesifen 각 7회, fenhexamid, fluazinam 각 6회, flubendiamide, fluxametamide, teflubenzuron 각 5회 순을 나타냈다.

본 연구에서 검출된 농약들은 하나의 검체에서 대부분 2종 이상의 농약이 동시에 검출되었다. 사과에서 최대 18종의 농약이 동시에 검출되었고 복숭아에서 최대 12종의 농약이 동시에 검출되었다. Yang et al. (2017)은 다양한 병원균이나 해충을 동시에 방제하기 위해 혼합제 농약을 사용하거나 살균제와 살충제를 혼합해서 사용하기 때문에 농산물에서 2종 이상의 농약이 검출된다고 판단하였다. 또한 Ahn et al. (2013)이 사과와 복숭아에서 가장 다양한 농약이 검출되었다고 보고한 것처럼 본 연구에서도 두 품목의 검체에서

검출된 농약 수가 많아 유사한 경향을 보였다.

과육 검체에서는 12종의 잔류농약이 45회 검출되었다 (Table 13). 검출 농약을 용도에 따라 분류하면 살균제 7종이 38회(84.4%), 살충제 5종이 7회(15.6%) 검출되어 살균제가 많이 검출된 것으로 파악되었다. Carbendazim이 14회로 가장 많이 검출되어 전체 검출빈도의 31.1%를 차지했다. 다음으로 thiabendazole이 11회 검출되어 24.4%를 차지했으며, 나머지 fenhexamid, cyprodinil, dinotefuran, boscalid, propiconazole, acephate, buprofezin, flonicamid, fludioxonil, sulfoxaflor 10종의 농약이 전체 검출의 44.4%를 차지했다. Carbendazim은 thiabendazole과 함께 benzimidazole계 살균제로 넓은 작용범위를 지닌 침투성 농약이다. 이러한 침투 이행성 농약은 식물의 뿌리와 잎으로 흡수·이행되어 잔류기

**Table 13.** Residual pesticides of detected in the pulp from sample

Pesticides	Pesticide type	Commodity (No. of detection)	Sub total
Acephate	Insecticide	Mandarin (1)	1
Boscalid	Fungicide	Grape (2)	2
Buprofezin	Insecticide	Peach (1)	1
Carbendazim	Fungicide	Apple (6), Mandarin (5), Peach (2), Grape (1)	14
Cyprodinil	Fungicide	Grape (3)	3
Dinotefuran	Insecticide	Apple (1), Mandarin (1), Grape (1)	3
Fenhexamid	Fungicide	Grape (5)	5
Flonicamid	Insecticide	Peach (1)	1
Fludioxonil	Fungicide	Grape (1)	1
Propiconazole	Fungicide	Orange (1), Lemon (1)	2
Sulfoxaflor	Insecticide	Peach (1)	1
Thiabendazole	Fungicide	Orange (7), Lemon (4)	11
Total			45

**Table 14.** Residual pesticides of detected in the peel from sample

Pesticides	Detection range (mg/kg)	MRL (mg/kg)	Commodity (No. of detection)	Sub total
Bifenthrin	0.6	0.5	Apple (1)	1
Carbendazim	5.1-13.0	2.0-5.0	Apple (3), Mandarin (2), Peach (1)	6
Chlorfenapyr	1.5	1.0	Mandarin (1)	1
Cyenopyrafen	0.7	0.5	Peach (1)	1
Cyflumetofen	2.6	1.0	Peach (1)	1
Deltamethrin	0.7-1.1	0.5	Apple (1), Peach (1)	2
Etofenprox	1.1-3.3	1.0	Apple (6)	6
Fenhexamid	5.6-7.4	3.0	Grape (2)	2
Fluazinam	0.5-2.8	0.3-1.0	Apple (1), Peach (1)	2
Flubendiamide	1.3-4.8	0.7	Peach (2)	2
Fluxametamide	0.6	0.5	Apple (1)	1
Indoxacarb	4.4	1.0	Peach (1)	1
Kresoxim-methyl	2.1	1.0	Peach (1)	1
Lufenuron	0.8	0.5	Peach (1)	1
Methidathion	0.02	0.01	Pear (1)	1
Pendimethalin	0.06-0.32	0.05	Orange (1), Peach (1)	2
Phenothrin	0.03	0.01	Peach (1), Grape (1)	2
Procymidone	0.02	0.01	Apple (1)	1
Pyraclostrobin	0.4-2.2	0.3-1.0	Apple (2), Peach (2)	4
Spirodiclofen	0.8	0.5	Peach (1)	1
Thiabendazole	0.05-7.4	0.01-7.0	Orange (1), Peach (1)	2
Trifloxystrobin	0.9-4.8	0.7-2.0	Apple (1), Peach (1)	2
Triflumizole	1.1	1.0	Peach (1)	1
Total			44	

간이 길게 나타난다(Kim et al., 2008; Jeong et al., 2017). 사과와 검은블루너병, 감귤의 잿빛곰팡이병 등 방제에 사용되며(RDA, 2022), 사과 6건, 감귤 5건, 복숭아 2건, 포도 1

건의 과육 검체에서 검출되었다. Thiabendazole은 수입 감귤류에 수확 후 농약으로 많이 사용되고 있으며 오렌지 7건과 레몬 4건의 과육 검체에서 검출되었다. Fenhexamid는

**Table 15.** Risk assessment of detected pesticides from peel

Pesticides	Commodity	Average <sup>a)</sup> concentration (mg/kg)	ADI <sup>b)</sup> (mg/kg·bw/day)	EDI <sup>c)</sup> (mg/kg·bw/day)	%ADI <sup>d)</sup> (EDI/ADI)(%)
Carbendazim	Apple	3.8695		0.0024	8.0
	Mandarin	1.8219	0.03	0.0004	1.3
	Peach	1.4416		0.0003	1.0
Etofenprox	Apple	0.9463	0.03	0.0006	2.0

<sup>a)</sup> Average concentration =  $\Sigma$ Detected concentration/number of total sample

<sup>b)</sup> Acceptable daily intake

<sup>c)</sup> Estimated daily intake = average concentration (mg/kg)  $\times$  daily intake (kg/day) / 55 kg

<sup>d)</sup> (EDI/ADI)  $\times$  100

침투이행성이 강한 살균제로 포도, 딸기, 복숭아 등과 관련된 병해의 방제에 사용되며, 특히 포도 생산에 큰 피해를 주는 *Botrytis cinerea*의 방제에 효과 있다(Han et al., 2003). 본 연구에서 5건의 포도 과육 검체에서 fenhexamid가 검출되었다. Cyprodinil은 pyrimidine계 살균제로 배의 검은별무늬병, 사과와 복숭아의 붉은무늬병, 포도의 잿빛곰팡이병 등의 방제에 사용되며(RDA, 2022), 3건의 포도 과육 검체에서 검출되었다. 과육 검체에서 검출된 농약들은 대부분 침투성 농약으로 과일 표면에 부착된 농약이 과피를 통해 과육으로 침투·이행하였기 때문이라고 판단된다.

과피 검체의 잔류농약 모니터링 결과 23종의 성분이 식품 위생법의 농약 잔류허용기준(MFDS, 2022)을 초과하여 검출되었다(Table 14). 검출 빈도가 가장 많은 농약은 carbendazim과 etofenprox로 각 6회 초과하여 검출되었으며, pyraclostrobin 4회, deltamethrin, fenhexamid, fluazinam, flubendiamide, pendimethalin, phenothrin, thiabendazole, trifloxystrobin 각 2회 등의 순을 나타냈다. Carbendazim은 사과 3건, 감귤 2건, 복숭아 1건의 과피 검체에서 초과하여 검출되었다. Etofenprox는 비침투성 농약인 pyrethroid계 살충제로 과채류의 복숭아혹진딧물, 꽃노랑총채벌레, 담배나방 등의 방제에 사용되고 있으며(Oh et al., 2021), 본 연구에서 6건의 사과 과피 검체에서만 검출되었다. Pyraclostrobin은 strobilurin계 살균제로서 치료 및 예방효과를 동시에 나타내고 침투이행성이 우수하여 흰가루병, 곰팡이병, 검은별무늬병 등 다양한 식물병원균의 방제에 이용되고 있으며(Park et al., 2012), 사과와 복숭아 각 2건의 과피 검체에서 검출되었다.

Moon et al. (2022)은 과피에서 검출된 농약이 대부분 농산물의 잔류허용기준 이내였다고 보고하여 본 연구에서 과피 검체의 잔류농약 검출 결과와 다소 다른 양상을 보였다. 선행연구에 따르면 키위의 과피 1건에서만 deltamethrin이 기준을 초과하여 검출되었다고 보고하였고(Moon et al., 2022), 본 연구에서는 deltamethrin이 사과와 복숭아 각 1건의 과피 검체에서 초과하여 검출되었다. 앞서 사과와 복숭아의 검체에서 다양한 농약이 검출되었다고 보고했듯이 과

피 검체에서 초과하여 검출된 농약 수도 사과 17건과 복숭아 18건으로 가장 많았다. 사과와 복숭아는 껍질째 섭취가 많은 과일인 만큼 흐르는 물에 충분히 씻은 후 섭취하길 권장한다. 또한 감귤류는 껍질째 가공하는 과일청이나 껍질을 말려 차로 음용하는 경우가 많아 세척에 더욱 주의가 필요하다고 생각된다.

#### 위해성 평가

과피 검체에서 잔류허용기준(MFDS, 2022)을 초과한 농약 중 각 6회로 최다 검출된 carbendazim과 etofenprox에 대해 위해성 평가를 실시하였다. 과피 중 검출 농약의 안전성은 일일섭취허용량 대비 일일섭취추정량인 %ADI로 평가하였다. Carbendazim의 %ADI는 1.0-8.0%이었고, etofenprox의 경우 2.0%로 나타났다(Table 15). 위해지수가 100% 이상일 경우 위해하다고 판단하며, 100% 이하일 경우 안전하다고 판단할 수 있다(MFDS, 2019). 검출된 농약 2종 모두 100% 이하로 조사되어 위해성이 크지 않았다. 위해성 평가 산출에 이용한 일일섭취량은 과피와 과육을 포함한 과일 전체의 일일섭취량이므로 과피의 섭취에 따른 위해도는 더욱 낮아질 것으로 판단된다. 또한, 농산물의 농약 잔류허용기준(MFDS, 2022)은 과일의 전체 검체에서 검출된 농도에 적용하는 것으로 과피 검체에서 초과하였다하여 부적합이라고 할 수 없다. 일반적으로 과피만 섭취하지 않고, 세척 및 조리과정을 통해 농약의 위해성은 더 낮아질 것으로 예상된다(Kwon, 2009).

#### Author Information and Contributions

Eun-Ju Kim, Busan Metropolitan City Institute of Health and Environment, Researcher, <http://orcid.org/0000-0003-4564-6940>

Jae-hoon Jeong, Busan Metropolitan City Institute of Health and Environment, Researcher

So-hyun Park, Busan Metropolitan City Institute of

Health and Environment, Researcher

Wi-gyeong Gwon, Busan Metropolitan City Institute of Health and Environment, Researcher

Ji-yun Jeong, Busan Metropolitan City Institute of Health and Environment, Researcher

Ji-young Hwang, Busan Metropolitan City Institute of Health and Environment, Researcher

Jeong-wan Yu, Busan Metropolitan City Institute of Health and Environment, Researcher

Seong-hee Kim, Busan Metropolitan City Institute of Health and Environment, Researcher

Sung-ah Park, Busan Metropolitan City Institute of Health and Environment, Researcher

## 이해상충관계

저자는 이해상충관계가 없음을 선언합니다.

## Literature cited

- Ahn JW, Jeon YH, Hwang JI, Kim JM, Seok DR, et al., 2013. Monitoring of pesticide residues and risk assessment for fruits in market. *Korean J. Environ Agri.* 32(2):142-147.
- Ames BN, Gold LS, Willet WC, 1995. The causes and prevention of cancer. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 92(12):5258-5265.
- Cho YS, Kang JB, Kim YH, Jeong JA, Huh JW, et al., 2012. A survey on pesticide residues of imported fruits circulated in Gyeonggi-do. *Korean J. Pestic. Sci.* 16(3):195-201.
- Choi SJ, Kim EJ, Lee Ji, Cho IS, Park WH, et al., 2013. Determination of post-harvest fungicide in citrus fruits using LC-MS. *Korean J. Food Sci. Technol.* 45(4):409-415.
- Chung SJ, Kim HY, Kim JH, Yeom MS, Cho JH, et al., 2014. Monitoring of pesticide residues and risk assessment in some fruits on the market in Incheon, Korea. *Korean J. Environ Agric.* 33(2):111-120.
- Do YS, Kim JB, Kang SH, Kim NY, Um MN, et al., 2012. Risk assessment of pesticide residues in fruits collected in Gyeonggi-do, Korea from 2006 to 2010. *Korean J. Pestic. Sci.* 16(2):85-97.
- Halliwell B, Aeschbach R, Loliger J, Aruoma OI, 1995. The characterization of antioxidants. *Food Chem. Toxic.* 33(7):601-617.
- Han SS, Lo SC, Kim WJ, Park PJ, Kim IK, 2003. Gas Chromatographic analysis on the residual of fungicide Fenhexamid in crops (cucumber, strawberry and grape). *Analytical Science & Technology.* 16(1):70-71.
- Hwang LH, Cho TH, Eom JH, Choe BC, Park YH, et al., 2010. Residue levels of pesticides in post-harvest treated import fruits during storage. *J. Food Hyg. Saf.* 25(3):245-250.
- Ihm YB, Kyung KS, Park YS, Lee HD, Kim JB, et al., 2002. Changes of pesticide residues in bagged pear and bagging paper during the field and storage. *Korean J. Pestic. Sci.* 6(4):293-299.
- Jeong HR, Noh HH, Lee JY, Park HK, Jin MJ, et al., 2017. Residual characteristics and safety assessments of Bifenthrin, Carbendazim and Metconazole in *Angelica gigas* Nakai. *Korean J. Pestic. Sci.* 21(1):97-105.
- Jose CC, Lilia CJ, Eduardo GH, Belen GV, 2011. Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, and seed from 24 exotic fruits from Colombia. *Food Research International.* 44(7):2047-2053.
- KDCA, 2021. National health statistics (2020), Korea Disease Control and Prevention Agency. Cheongju, Korea.
- KHIDI, 2021. National health statistics (2020), Korea Health Industry Development Institute. <https://www.khidi.or.kr/kps/dhraStat/result2?menuId=MENU01653&gubun=age1&year=2020> (Accessed Jul. 4. 2023)
- Kim JP, Seo JM, Lee HH, Oh MS, Ha DR, et al., 2008. The degradation patterns of Benzimidazole pesticides in Korean lettuce by cultivation. *J. Food Hyg. Saf.* 23(2):129-136.
- Kim MJ, Park EJ, 2011. Feature analysis of different *In vitro* antioxidant capacity assays and their application to fruit and vegetable samples. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 40(7):1053-1062.
- Kim HY, Hwang JI, Lee EH, Jeon YH, Kim JW, et al., 2012. Residue patterns of insecticide Flubendiamide by varieties of peaches. *Korean J. Environ Agric.* 31(2):152-156.
- KREI, 2017. Changes in fruit consumption trends and countermeasures of fruit industry, Korea Rural Economic Institute. Naju, Korea. p. 240
- Kubola J, Siriamornpun S, 2011. Phytochemicals and antioxidant activity of different fruit fractions (peel, pulp, aril and seed) of Thai gac (*Momordica cochinchinensis* Spreng). *Food Chemistry.* 127(3):1138-1145.
- Kwon HY, Lee HD, Kim JB, Jin YD, Moon BC, et al., 2009. Reduction of pesticide residues in field-sprayed leafy vegetables by washing and boiling. *J. Food Hyg. Saf.* 24(2):182-187.
- Lee HD, Kyung KS, Kwon HY, Ihm YB, Kim JB, et al., 2004. Residue characteristics of hexaconazole and chlorothalonil in several fruits. *Korean J. Pestic. Sci.* 8(2):107-111.
- Lee HJ, Choe WJ, Lee JY, Cho DH, Kang CS, et al., 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 MY, Yoo MS, Whang YJ, Jin YJ, Hong MH, et al., 2012. Vitamin C, total polyphenol, flavonoid contents and antioxi-

- dant capacity of several fruit peels. Korean J. Food Sci. Technol. 44(5):540-544.
- Lee KB, Kim NW, Song NS, Lee JH, Jung SM, et al., 2019. A safety survey of pesticide residues in fruit products circulated in Chungcheongnam-do Province, Korea. J. Food Hyg. Saf. 34(5):421-430.
- MAFRA, 2022. A survey on raw material consumption in the food industry (2021), Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Sejong. Korea.
- MFDS, 2019. General guidelines for risk assessment of Human products, Ministry of Food and Drug Safety. Cheongju, Korea.
- MFDS, 2022. Standards and Specifications of Food, Ministry of Food and Drug Safety. [https://www.mfds.go.kr/brd/m\\_207/list.do](https://www.mfds.go.kr/brd/m_207/list.do)(Accessed Oct. 4. 2022)
- MOLEG, 2022. Registration criteria for pesticides and raw materials, Ministry of Government Legislation. <https://www.law.go.kr/> (Accessed Dec. 1. 2022)
- Moon KE, Park MK, Bae HJ, Lee JH, Lee YN, et al., 2022. Comparison of pesticide residues in fruits by part. J. Food Hyg. Saf. 37(4):260-270.
- Nam HS, Choi YH, Yoon SH, Hong HM, Park YC, et al., 2006. Monitoring of residual pesticides in commercial agricultural products. Korean J. Food Sci. Technol. 38(3):317-324.
- NIFDS, 2017. A manual for the pesticide residues analytical methods of food code, National Institute of Food and Drug Safety Evaluation. Cheongju, Korea.
- Oh KY, Bae JY, Lee DY, Kim YJ, Lee DY, et al., 2021. Residual dissipation pattern of Dichlorvos and Etofenprox in squash under greenhouse condition. Korean J. Pestic. Sci. 25(1):31-39.
- Park HJ, Lee KW, Chung KH, Park BJ, Seo G, 2007. Diffusion of Ethoprophos in apple and pear. Korean J. Environ Agric. 26(2):177-178.
- Park JW, Kim TH, Chae S, Sim JR, Bae BJ, et al., 2012. The residue property of fungicide Dimethomorph and Pyraclostrobin in green onion under greenhouse condition. Korean J. Pestic. Sci. 16(4):328-335.
- Park KA, Lee JS, Jung SY, Jo SA, Kim NH, et al., 2015. Monitoring of pesticide residues in peel, fruit and pulp of tropical, citrus and pome fruits. Research Institute of Public Health and Environment. 51:71-82.
- RDA, 2022. Pesticide Safety Information System, Rural Development Administration. <http://psis.rda.go.kr> (Accessed Nov. 25. 2022)
- Yang YS, Gang GR, Lee SM, Kim SG, Lee MG, et al., 2017. Survey on pesticide residues and risk assessment of agricultural products from wholesale market in Gwangju (2014~2016). Korean J. Pestic. Sci. 21(4):341-354.

## 부산지역 유통 과일류의 과피 및 과육별 잔류농약 실태조사

김은주\* · 정재훈 · 박소현 · 권위경 · 정지윤 · 황지영 · 유정완 · 김성희 · 박성아

부산광역시보건환경연구원 반여농산물검사소

**요약** 본 연구는 부산지역 내 유통되는 과일의 껍질과 과육의 잔류농약의 실태를 조사하기 위하여 수행되었다. 총 112개의 시료를 식품공전의 다성분 시험법으로 GC-MSMS와 UPLC-MSMS를 이용하여 338종의 잔류농약을 분석하였다. 77건의 전체 검체에서 잔류농약이 검출되었고, 농도는 0.01-2.5 mg/kg 범위였다. 107건의 과피 검체와 41건의 과육 검체에서 잔류농약이 검출되었고, 각각 0.01-13.0 mg/kg과 0.1-3.0 mg/kg의 검출범위를 보였다. 전체 검체보다 과피 검체에서 잔류농약이 높게 검출되었다. 과육 검체에서 검출된 잔류농약은 carbendazim이 14회로 가장 많았다. Carbendazim과 etofenprox에 대해 위해성 평가를 실시한 결과 %ADI가 1.0-8.0%로 안전한 수준이었다.

**색인어** 부산, 과일, 껍질, 잔류농약, 과육