



ORIGINAL ARTICLES

과일류 원물간식의 잔류농약 실태조사

유정완* · 권영희 · 황수정 · 정은정 · 황혜선 · 심주희 · 정유나 · 박선희

부산광역시 보건환경연구원 반여농산물검사소

Monitoring of Pesticide Residues in Dried and Frozen Fruits

Jeong-Wan Yu*, Young-Hee Kwon, Su-Jeong Hwang, Eun-Jung Jeong, Hye-Sun Hwang,
Ju-Hee Sim, Yu-Na Jeong, and Sun-Hee ParkBanyeo Agricultural Products Inspection Office, Busan Metropolitan City Institute
of Health and Environment, Busan 46616, Korea

(Received on October 10, 2025. Revised on November 5, 2025. Accepted on November 5, 2025)

Abstract This study was conducted to investigate pesticide residues in dried and frozen fruits. A total of 40 dried fruit samples and 48 frozen fruit samples were purchased between December 2023 and October 2024 for analysis. The samples were analyzed using the multi-class pesticide multiresidue method of the Korean Food Code. GC-MS/MS and LC-MS/MS were employed to detect 477 pesticide residues. As a result, pesticide residues were detected in 27 of the 40 dried fruit samples (67.5%) and 28 out of 48 frozen fruit samples (58.3%). In total, 46 pesticide residues were detected 225 times across all samples. However, none of the samples exceeded maximum residue limits (MRLs). Pesticide residues were detected at levels of 0.02-0.78 mg/kg in dried fruits, while levels of 0.01-1.50 mg/kg were discovered in frozen fruits. These detectable levels of pesticide residues may be attributed to the concentration of residues during the drying process, and extended persistence in frozen fruits. Therefore, separate MRLs are needed taking processing factors into consideration. This study provides foundational data for ensuring the safety of dried and frozen fruits and establishing MRLs.

Key words: Dried fruits, Frozen fruits, Maximum residue levels (MRLs), Pesticide residues

서론

소비자들의 건강에 대한 관심이 높아짐에 따라 건강식품의 소비가 증가하고 있으며, 가공식품에 사용되는 화학 첨가물에 대한 기피 현상과 더불어 웰빙 간식의 소비가 증가하고 있다. 또한 편리성을 추구하는 식품 소비 경향이 확산되면서, 건조 및 냉동 과채류 등 계절에 상관없이 판매되고 조리과 섭취가 용이하게 가공된 제품들의 수요가 증가하고 있다(KREL, 2019; LEE et al., 2019; Kim et al., 2022). 최근에는 일반 간식에 비해 영양적으로 우수하고 보관성이 좋은 원물간식이 식품 산업에서 크게 성장하고 있다. 원물간식이란 첨가물을 포함하지 않고 거의 원물만을 단순 가공 처리한 가공식품 유형을

말하며 견과류 가공품, 건조 고구마, 건조 및 냉동 과일 등이 있다(AT, 2017).

2020년 한국농수산물유통공사의 조사에 따르면 코로나 19 발생 전후의 식품 트렌드 변화에서 원물간식의 순위가 9단계 상승하여 4위를 차지하였으며(KCA, 2021), 원물간식 시장의 규모가 확대됨에 따라 안전성 관리의 중요성도 커지고 있다. 소비자들은 식품안전 위해 요인에 대한 높은 관심을 보이며, 특히 식품첨가물과 잔류농약에 대한 우려도가 높은 편이다(Yoon and Kim, 2013). 원물간식은 식품첨가물이 거의 들어있지 않지만 원료 및 가공 과정에 따라 잔류농약이 여전히 주요 위해 요인으로 남아있을 수 있다. 특히 건조 과일이나 냉동 과일은 세척하지 않고 바로 섭취하는 경우가 많기 때문에 잔류농약에 대한 안전관리가 필요하다.

원물간식은 대부분 과·채가공품과 같은 가공식품에 해당하여 잔류농약에 대한 개별 기준 및 규격이 설정되어 있지

*Corresponding author
E-mail: yujw93@korea.kr

않은 경우가 많다. 식품공전에서는 건조추, 건조 허브류, 인삼농축액 등 일부 품목에 대해서만 가공계수가 정해져 있으며 대부분의 건조 및 냉동 과채류에 대해서는 가공계수가 정해지지 않아 원료 농산물의 잔류허용기준 범위 이내에서 잔류를 허용하고 있다(MFDS, 2024b). 즉, 원료의 함량에 따라 원료의 기준을 적용하고, 건조 등의 과정으로 인하여 수분함량이 변화된 경우는 수분함량을 고려한 후 원료의 기준을 적용한다(MFDS, 2024b). 따라서 과-채가공품의 품목별 가공 방법이나 농약의 특성 등을 고려한 가공계수가 적용되지 않고 있다.

원료 중에 잔류된 농약은 가공 과정 중에 감소하거나 오히려 농축될 수 있으며, 냉장 및 냉동 온도에서는 안정적이거나 천천히 분해된다(Gang et al., 2017; Yigit and Velioglu, 2020). 농약의 분해는 농산물의 종류, 가공 및 저장 조건, 농약의 화학적 특성 등 다양한 요인에 의해 영향을 받는다(Yigit and Velioglu, 2023). 따라서 이러한 특성을 반영한 가공계수를 고려한 잔류허용기준이 필요하며, 원료 품목의 잔류허용기준을 그대로 가공식품에 적용할 경우 불합리 할 수 있다(Im and Ji, 2016). 특히 최근 농약 허용물질관리제도(Positive List System, PLS)의 도입으로 미량의 잔류농약에 대해서도 부적합으로 판정될 수 있으며, 실제로 최근 연구들을 살펴보면 PLS의 도입 이후로 PLS 기준 초과로 인한 부적합 발생 빈도가 높게 나타나고 있다(Kwon et al., 2024).

식품의약품안전처, 국립농산물품질관리원 및 시·도 보건환경연구원에서는 도매시장 내 경매 농산물 및 국내 유통 농산물 등에 대해서 잔류농약 안전성 검사를 수행하고 있다. 하지만 농산물을 원료로 한 원물간식과 같은 가공식품에 대한 잔류농약 검사는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구는 국내 유통되는 원물간식 중 건조 과일과 냉동 과일의 잔류농약 실태를 조사하고, 원물간식의 안전성 확보와 잔류농약 기준 설정을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

대상시료

2023년 12월부터 2024년 10월까지 부산 지역 내 대형마트, 반역농산물도매시장 및 온라인에서 유통되는 원물간식 중 건조 및 냉동 과일류 88건을 대상으로 하였다. 과일의 품목은 식품의약품안전처의 식품안전관리지침(MFDS, 2024a)에 따른 농산물 섭취량 상위 품목의 과일 24품목 중에서 건조 및 냉동 과일 형태의 원물간식으로 많이 소비되고 있는 블루베리, 포도, 망고, 감, 딸기 5품목을 선정하였다(Table 1). 분석 항목은 잔류농약 477종을 대상으로 하였다(Tables 2, 3).

표준물질 및 시약

477종 농약의 표준품은 AccuStandard사(New Haven, CT,

Table 1. List of samples analyzed for pesticide residues

Commodity	Number of samples		
	Total	Dried fruits	Frozen fruits
Blueberry	20	10	10
Grape	18	10	8
Mango	20	10	10
Persimmon	20	10	10
Strawberry	10	-	10
Total	88	40	48

USA) 제품을 사용하였다. 농약 표준원액의 희석과 이동상 용매는 acetonitrile과 methanol (Merck, Darmstadt, Germany) HPLC급 용매를 사용하였으며, 이동상 용매 조제에는 ammonium formate (Sigma-Aldrich, Burlington, MA, USA)와 formic acid (ThermoFisher, Waltham, MA, USA)를 사용하였다. Water는 초순수 제조장치 Purelab Quest (ELGA LabWater, Woodbridgem IL, USA)를 사용하여 18.2 MΩ·cm의 비저항을 갖는 초순수를 사용하였다. 잔류농약 다성분 시험분석에 사용된 추출키트와 정제키트는 CHROMATific사(Heidenrod, Germany) QuEChERS Extraction kit (ENK1-SC)와 QuEChERS Dispersive kit (PM2EN)를 사용하였다.

잔류농약 분석방법 및 분석기기

시료의 전처리 및 잔류농약 분석은 식품공전의 제8. 일반시험법의 7. 잔류농약 분석법 중 7.1.2.2 다성분 시험법 제2법(QuEChERS법)에 따라 추출 및 정제하였다(MFDS, 2024b). 검체 약 1 kg을 분쇄하여 균질화한 후 시료 10 g을 정밀히 달아 50 mL 원심분리관에 넣고 acetonitrile 10 mL를 넣은 뒤 1분간 강하게 흔들어서 섞는다. 이에 추출 키트(QuEChERS extraction kit)를 넣고 1분간 강하게 흔들어서 섞은 후 4°C, 4000 G에서 10분간 원심분리(Beckman Coulter, Brea, CA, USA)하여 상층액 6 mL를 취한다. 추출된 상층액을 정제 키트(QuEChERS dispersive kit)에 넣고 1분간 강하게 흔들어서 섞은 다음 이를 추출 과정과 동일하게 원심분리한다. 정제된 상층액을 0.2 μm PTFE syringe filter (Merck Millipore, Darmstadt, Germany)로 여과하여 시험 용액으로 사용하였다. 건조시료는 분쇄하여 균질화하고 5 g 이하를 정밀히 달 후, 측정할 시료 무게의 두 배 이상의 물을 넣어 30분 이상 방치하여 습윤화 과정을 거친다. 이후 추출 및 정제 과정은 동일하게 진행하였다.

잔류농약 477종 중에서 252종은 GC-MS/MS(Agilent 7010B GC/TQ, Santa Clara, CA, USA)로 동시분석하였고 225종은 LC-MS/MS(Waters Xevo TQ-S, Milford, MA, USA)로 동시분석하였다. GC-MS/MS와 LC-MS/MS의 기기분석 조건은 Tables 4, 5와 같다.

Table 2. List of pesticides analyzed by GC-MS/MS

Alachlor	Chlorpyrifos	Endosulfan	Fluxapyroxad	Parathion	Pyrifenox
Aldrin & Dieldrin	Chlorpyrifos-methyl	Endrin	Fonofos	Parathion-methyl	Pyrifitalid
Allidochlor	Chlorthal-dimethyl	EPN	Formothion	Penconazole	Pyrimethanil
Ametryn	Chlorthion	Epoxiconazole	Halfenprox	Pendimethalin	Pyriminobac-methyl
Anilofos	Chlorthiophos	EPTC	Heptachlor	Penflufen	Quinalphos
Aramite	Chlorzolinate	Etaconazole	Heptenophos	Pentachlorobenzonitrile	Quinoxyfen
Aspon	Cinmethylin	Ethalfuralin	Hexythiazox	Penthiopyrad	Quintozene
Atrazine	Clomazone	Ethion	Indanofan	Pentoxazone	Silafluofen
Azaconazole	Coumaphos	Ethofumesate	Indoxacarb	Permethrin	Simeconazole
Benfluralin	Cyanophos	Ethoprophos	Ipconazole	Perthan	Simetryn
Benfuresate	Cyflufenamid	Ethychnozate	Iprobenfos	Phenthoate	Spiromesifen
Benodanil	Cyhalofop-butyl	Etoxazole	Iprodione	Phosphamidon	Spiroxamine
Benzoylprop-ethyl	Cyprazine	Etridiazole	Isazofos	Phosalone	Sulfotep
BHC	Cyprodinil	Fenamidone	Isofenphos	Phosmet	Tebuconazole
Lindane	Deltamethrin	Fenarimol	Isofenphos-methyl	Phthalide	Tebufenpyrad
Bifenthrin	Desmetryn	Fenbuconazole	Isoprocarb	Picoxystrobin	Tebupirimfos
Boscalid	Dialifor	Fenchlorphos	Isopropalin	Piperonyl butoxide	Tecnazene
Bromobutide	Diallate	Fenclorim	Isoprothiolane	Pirimicarb	Tefluthrin
Bromophos-methyl	Diazinon	Fenfuram	Isopyrazam	Pirimiphos-ethyl	Terbacil
Bromophos-ethyl	Dichlobenil	Fenitrothion	Isotianil	Pirimiphos-methyl	Terbumeton
Bromopropylate	Dichlofenthion	Fenobucarb	Isoxadifen-ethyl	Pretilachlor	Terbutryn
Bupirimate	Dichlormid	Fenothiocarb	Kresoxim-methyl	Prochloraz	Tetrachlorvinphos
Buprofezin	Diclobutrazol	Fenoxanil	Leptophos	Procymidone	Tetraconazole
Butachlor	Diclofop-methyl	Fenpropathrin	Mefenpyr-diethyl	Prodiamine	Tetradifon
Butafenacil	Dicloran	Fenpropimorph	Mepanipyrim	Profenofos	Thifluzamide
Butralin	Dicofol	Fenpyrazamine	Mepronil	Profluralin	Thiometon
Butylat	Dicrotophos	Fenson	Metalaxyl	Prohydrojasmon	Thionazin
Cadusafos	Diethatyl-ethyl	Fenthion	Methidathion	Prometon	Tolclofos-methyl
Carbophenothion	Diethofencarb	Fipronil	Methoprotryn	Prometryn	Triadimefon
Carboxin	Difenoconazole	Flamprop-isopropyl	Methoxychlor	Propachlor	Tri-allate
Chlorbenside	Diflufenican	Fluacrypyrim	Methyl trithion	Propanil	Triazophos
Chlorbufam	Dimepiperate	Fluazifop-butyl	Metolachlor	Propazine	Tridiphane
Chlordane	Dimethachlor	Fluchloralin	Metribuzin	Propetamphos	Trifloxystrobin
Chlorethoxyfos	Dimethametryn	Flucythrinate	MGK-264	Propham	Triflumizole
Chlorfenapyr	Dimethenamid	Fluensulfone	Monolinuron	Propiconazole	Trifluralin
Chlorfenson	Dimethomorph	Flufenpyr-ethyl	Myclobutanil	Propisochlor	Vinclozolin
Chlorflurenol-methyl	Dimethylvinphos	Flumetralin	Nitrothal-isopropyl	Propyzamide	Zoxamide
Chlomitrofen	Diniconazole	Flumioxazin	Nonachlor	Prothiofos	
Chlorobenzilate	Dinitramine	Fluopyram	Nuarimol	Pyracarbolid	
Chloropropylate	Dioxathion	Fluorochloridone	Oxadiazon	Pyraclufos	
Chloroneb	Diphenamid	Fluquinconazole	Oxadixyl	Pyraflufen-ethyl	
Chlorothalonil	Diphenylamine	Flusilazole	Oxyfluorfen	Pyrazophos	
Chlorpropham	Dithiopyr	Flutianil	Paclbutrazol	Pyridalyl	

Table 3. List of pesticides analyzed by LC-MS/MS

Acephate	Cyflumetofen	Fluxametamide	Nitenpyram	Pyrimisulfan
Acetamiprid	Cymoxanil	Fomesafen	Norea	Pyriofenone
Aldicarb	Cyproconazole	Forchlorfenuron	Norflurazon	Pyroquilon
Allethrin	Daimuron	Fosthiazate	Novaluron	Quinoclamine
Ametoctradin	Demeton	Hexaconazole	Ofurace	Saflufenacil
Amisulbrom	Demeton-S-methyl	Hexaflumuron	Omethoate	Secbumeton
Azamethiphos	Demeton-S-methyl-sulfone	Hexazinone	Orysastrobins	Sedaxane
Azinphos-methyl	Dichlorvos	Imazalil	Oryzalin	Sethoxydim
Azoxystrobin	Diclosulam	Imibenconazole	Oxadiargyl	Simazine
Benalaxyl	Diflubenzuron	Imicyafos	Oxamyl	Spinetoram
Bendiocarb	Dimethoate	Imidacloprid	Oxathiapiprolin	Spinosyn
Bensulide	Dinotefuran	Inabenfide	Oxaziclomefone	Spirodiclofen
Benthiavalicarb-isopropyl	Diuron	Ipfencarbazone	Oxycarboxin	Spirotetramat
Benzobicyclon	Dodine	Iprovalicarb	Oxydemeton-methyl	Sulfentrazone
Benzoximate	Emamectin B1a	Isoproturon	Pebulate	Sulfoxaflor
Benzyladenine	Esprocarb	Isoxaben	Pencycuron	Sulprofos
Bistrifluron	Ethaboxam	Isoxathion	Penoxsulam	Tebufenozide
Bixafen	Ethiofencarb	Lenacil	Phenmedipham	Tebufloquin
Bromacil	Etofenprox	Linuron	Phenothrin	Tebuthiuron
Butocarboxim	Etrimfos	Lufenuron	Phorate	Teflubenzuron
Cafenstrole	Famoxadone	Malaaxon	Phosfolan	Tepraloxydim
Carbaryl	Fenamiphos	Malathion	Phoxim	Terbufos
Carbendazim	Fenazaquin	Mandestrobins	Picarbutrazox	Terbuthylazine
Carbetamide	Fenhexamid	Mandipropamid	Picolinafen	Tetraniliprole
Carpropamide	Fenoxaprop-ethyl	Mecarbam	Piperophos	Thenylchlor
Chlorantraniliprole	Fenoxycarb	Mefenacet	Probenazole	Thiabendazole
Chlorfenvinphos	Fenpyroximate	Mefentrifluconazole	Promecarb	Thiacloprid
Chlorfluazuron	Fensulfothion	Mephosfolan	Propamocarb	Thiamethoxam
Chloridazone	Fentrazamide	Metaflumizone	Propoxur	Thiazopyr
Chlorobenzuron	Ferimzone	Metamifop	Proquinazid	Thidiazuron
Chlorotoluron	Flonicamid	Metamitron	Prosulfocarb	Thiobencarb
Chloroxuron	Fluazinam	Metconazole	Pydiflumetofen	Tiadinil
Chromafenozone	Flubendiamide	Methabenzthiazuron	Pyflubumide	Tolfenpyrad
Clofentezine	Fludioxonil	Methamidophos	Pyraclonil	Triafamone
Clomeprop	Flufenacet	Methiocarb	Pyraclostrobin	Triazamate
Clothianidin	Flufenoxuron	Methomyl	Pyraziflumid	Tribufos
Crotoxyphos	Fluometuron	Methoxyfenozide	Pyrazolate	Tricyclazole
Crufomate	Fluopicolide	Metobromuron	Pyrazoxyfen	Triflumuron
Cyanazine	Flupoxam	Metolcarb	Pyribencarb	Trimethacarb
Cyantraniliprole	Flupyradifurone	Metominostrobin	Pyribenzoxim	Triticonazole
Cyazofamid	Fluridone	Metrafenone	Pyributicarb	Valifenalate
Cyclaniliprole	Flusulfamide	Mevinphos	Pyridaben	Uniconazole
Cycloate	Fluthiacet-methyl	Monocrotophos	Pyridaphenthion	Vamidothion
Cycloprothrin	Flutolanil	Napropamide	Pyrifluquinazon	Vernolate
Cyenopyrafen	Flutriafol	Neburon	Pyrimidifen	XMC

Table 4. Analytical conditions of GC-MS/MS

Instrument	GC-MS/MS (Agilent 8890 GC, 7010B TQ)
Column	DB-5MS UI (30 m × 0.25 mm × 0.25 μm)
Carrier gas	He (1.2 mL/min)
Inlet temp.	260°C
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.	Ion source 260°C Quadrupole 150°C
Ionization mode	Electron ionization (EI)

Table 5. Analytical conditions of LC-MS/MS

Instrument	LC-MS/MS (Waters ACQUITY UPLC I-Class PLUS, Xevo TQ-S micro)		
Column	CORTECS UPLC C18+ 1.6 μm(2.1×100 mm), Temperature: 40°C		
Flow rate	0.2 mL/min		
Mobile phase	A: 0.1% formic acid, 5 mM ammonium formate in water B: 0.1% formic acid, 5 mM ammonium formate in methanol		
Injection volume	2 μL		
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
Collision gas	N ₂		
Ionization mode	Electrospray ionization (ESI), Positive 3,000 V Electrospray ionization (ESI), Negative 3,000 V		

농약 잔류허용기준 적용

검량선은 표준용액을 최소 3개 이상 주입하여 얻어진 peak 면적과 표준용액의 농도로 산출하였으며, 검체의 면적 값을 검량선에 대입하여 정량하였다(NIFDS, 2023). 검체의 분석값에 해당 농산물 품목의 농약 잔류허용기준(MFDS, 2024b)을 적용하였으며, PLS에 따라 해당 품목에 대한 기준이 설정되어 있지 않거나 국내 미등록 농약의 경우 0.01 mg/kg의 기준을 적용하였다. 건조 품목의 기준이 설정되어 있는 경우에는 분석값을 해당 기준에 적용하였으며, 설정되어 있지 않은 경우는 분석값에 수분 보정을 한 후 원료의 기준을 적용하였다. 분석값이 0.01 mg/kg 미만인 경우에는 식품공전의 정량한계에 따라 불검출로 처리하였다(MFDS, 2024b).

건조시료의 수분 보정

검체의 수분함량은 수분측정기(MX-50, A&D, Tokyo, Japan)를

이용하여 상압가열건조법에 따라 측정하였다. 검체 1 g을 정밀히 달아 105°C에서 건조하여 검체의 건조 전 무게와 건조하여 수분을 모두 제거한 뒤 무게의 차이를 이용하여 계산하였다.

$$\text{수분함량(\%)} = (b - c) / (b - a) \times 100$$

a: 칭량접시의 무게(g)

b: 칭량접시와 검체의 무게(g)

c: 건조 후 칭량접시와 검체의 무게(g)

건조시료의 수분함량을 보정한 잔류농약 검출량은 아래와 같이 계산하였다. 이미 건조된 검체의 생체수분함량의 경우 건조 전 수분함량을 측정할 수 없으므로 국가표준식품성분표(RDA, 2021)에 기재되어 있는 생체수분함량을 사용하였다.

$$\text{수분보정 검출량} = \text{검출량} \times (100 - \text{생체수분함량(\%)} / (100 - \text{건조수분함량(\%)}))$$

Table 6. Correlation coefficients, recovery rates, LODs and LOQs of detected pesticides

Instrument	Pesticide	Correlation coefficient (R ²)	Recovery ± RSD ^{a)} (%)	LOD ^{b)} (mg/kg)	LOQ ^{c)} (mg/kg)
GC-MS/MS	Bifenthrin	0.998	85.0±3.1	0.0029	0.0088
	Boscalid	0.995	96.0±1.4	0.0004	0.0011
	Buprofezin	0.998	78.0±1.3	0.0030	0.0092
	Cyprodinil	0.996	94.9±6.3	0.0013	0.0040
	Difenoconazole	0.999	99.2±1.5	0.0012	0.0037
	Fenpropathrin	0.999	100.2±4.0	0.0017	0.0052
	Fluopyram	0.999	110.5±7.0	0.0006	0.0018
	Fluxapyroxad	0.998	91.3±0.8	0.0007	0.0021
	Iprodione	0.999	98.3±4.8	0.0004	0.0013
	Metalaxyl	0.999	81.7±2.8	0.0028	0.0085
	Permethrin	0.999	110.7±4.8	0.0019	0.0057
	Phosmet	0.994	101.3±1.5	0.0005	0.0014
	Procymidone	0.997	83.3±4.2	0.0010	0.0030
	Pyrimethanil	0.999	102.3±0.6	0.0007	0.0021
	Quinoxifen	0.994	92.7±3.3	0.0011	0.0034
	Spiromesifen	0.997	104.8±2.6	0.0007	0.0022
	Tebuconazole	0.995	116.0±6.0	0.0029	0.0088
Tetraconazole	0.997	81.3±4.0	0.0017	0.0053	
Trifloxystrobin	0.998	95.3±3.4	0.0003	0.0008	
LC-MS/MS	Acetamiprid	0.999	119.1±1.4	0.0012	0.0036
	Ametoctradin	0.998	100.8±2.7	0.0005	0.0015
	Azoxystrobin	0.998	98.2±4.4	0.0014	0.0041
	Carbendazim	0.999	97.0±7.8	0.0023	0.0070
	Chlorantraniliprole	0.999	100.4±5.1	0.0026	0.0079
	Cyantraniliprole	0.998	94.8±5.9	0.0024	0.0073
	Dinotefuran	0.999	93.3±0.6	0.0006	0.0018
	Ethaboxam	0.999	100.0±1.7	0.0008	0.0024
	Famoxadone	0.999	100.0±8.7	0.0019	0.0058
	Fenhexamid	0.999	95.8±1.0	0.0011	0.0034
	Flonicamid	0.999	83.7±1.8	0.0007	0.0020
	Flubendiamide	0.996	94.2±1.5	0.0009	0.0027
	Fludioxonil	0.998	97.6±4.5	0.0026	0.0078
	Imidacloprid	0.999	117.4±1.8	0.0024	0.0074
	Iprovalicarb	0.999	102.7±5.5	0.0032	0.0097
	Lufenuron	0.999	108.3±1.9	0.0009	0.0027
	Mefentrifluconazole	0.999	97.7±6.7	0.0011	0.0033
	Methoxyfenozide	0.999	74.6±5.3	0.0016	0.0049
	Metrafenone	0.999	101.7±3.5	0.0017	0.0052
	Novaluron	0.997	106.1±4.7	0.0028	0.0085
	Propamocarb	0.999	97.3±1.2	0.0006	0.0017
	Pydiflumetofen	0.999	97.1±1.1	0.0013	0.0038
	Pyraclostrobin	0.999	89.5±5.5	0.0021	0.0063
Pyraziflumid	0.999	96.3±2.6	0.0001	0.0004	
Sulfoxaflor	0.996	104.7±5.3	0.0009	0.0026	
Tetraniliprole	0.998	101.7±3.7	0.0027	0.0081	
Thiamethoxam	0.997	105.3±2.4	0.0009	0.0028	

^{a)}Relative standard deviation^{b)}Limit of detection^{c)}Limit of quantification

유효성 검증

분석법의 유효성 검증은 식품공전 잔류농약 시험법 실무 해설서에 따라 실시하였다(NIFDS, 2023). 검량선의 직선성은 상관관계수(Coefficient of determination, R²)값으로 확인하였다. 회수율은 잔류농약 불검출 시료에 표준용액을 첨가한 후 3회 반복 측정하였다. 검출한계(Limit of detection, LOD)와 정량한계(Limit of quantitation, LOQ)는 아래의 식에 따라 산출하였다(NIFDS, 2023).

$$LOD = 3.3 \times \delta/S$$

$$LOQ = 10 \times \delta/S$$

δ: The standard deviation of the response

S: The slope of the calibration curve

결과 및 고찰

유효성 검증

본 연구에서 검출된 46종의 잔류농약에 대해 유효성 검증을 실시하였으며 결과는 Table 6과 같다. 검량선의 직선성(R²)은

0.994-0.999의 범위로 나타났다. 회수율은 해당 농약이 검출된 품목 중 잔류농약이 검출되지 않은 시료를 매질로 사용하였고, 여러 품목에서 중복하여 검출된 농약은 포도를 대표 매질로 사용하였다. 각 농약에 대한 회수율은 74.6-119.1%, 상대표준편차(relative standard deviation, RSD)는 0.6-8.7%로 나타났다. 식품공전 잔류농약 시험법 실무해설서에 의하면 잔류농약의 회수율 범위는 70-120%, 상대표준편차는 20%이하

Table 7. Detection rate of pesticide residues in samples

Commodity	Detection rate (No. of detected samples/No. of samples)		
	Total	Dried fruits	Frozen fruits
Blueberry	95.0% (19/20)	100.0% (10/10)	90.0% (9/10)
Grape	94.4% (17/18)	100.0% (10/10)	87.5% (7/8)
Mango	0.0% (0/20)	0.0% (0/10)	0.0% (0/10)
Persimmon	75.0% (15/20)	70.0% (7/10)	80.0% (8/10)
Strawberry	40.0% (4/10)	-	40.0% (4/10)
Total	62.5% (55/88)	67.5% (27/40)	58.3% (28/48)

Table 8. Levels of pesticide residues detected in dried and frozen blueberries

Pesticide	Number of detections			Detection range (mg/kg)		MRLs ^{b)} (mg/kg)
	Total (n ^{a)} =19)	Dried (n=15)	Frozen (n=14)	Dried	Frozen	
Acetamiprid	2	1	1	0.02	0.01	0.5
Azoxystrobin	3	2	1	0.03~0.04	0.17	7.0
Bifenthrin	11	6	5	0.02~0.44	0.02~0.18	1.8
Boscalid	10	9	1	0.03~0.28	1.50	10
Chlorantraniliprole	2	ND ^{c)}	2	ND	0.01~0.02	1.0
Cyantraniliprole	2	ND	2	ND	0.04~0.06	4.0
Cyprodinil	11	8	3	0.02~0.10	0.02~0.06	4.0
Fenhexamid	1	ND	1	ND	0.06	5.0
Fenpropathrin	4	2	2	0.02~0.23	0.34~0.40	3.0
Fludioxonil	13	8	5	0.02~0.04	0.02~0.14	2.0
Fluopyram	5	3	2	0.02~0.06	0.02~0.05	6.0
Imidacloprid	3	1	2	0.03	0.02~0.02	4.0
Iprodione	1	1	ND	0.08	ND	10
Mefentrifluconazole	1	1	ND	0.02	ND	5.0
Methoxyfenozide	1	1	ND	0.03	ND	3.0
Novaluron	2	2	ND	0.06~0.08	ND	7.0
Phosmet	2	1	1	0.26	0.04	10
Pyraclostrobin	1	ND	1	ND	0.08	4.0
Pyrimethanil	4	4	ND	0.02~0.03	ND	8.0
Total	79	50	29		-	

^{a)}Number of detected pesticides

^{b)}Maximum residue limits

^{c)}Not detected

로(NIFDS, 2023) 본 연구의 분석조건은 적합한 것으로 판단된다. LOD는 0.0001-0.0032 mg/kg, LOQ는 0.0004-0.0097 mg/kg으로 나타났다.

품목 및 가공 방법에 따른 잔류농약 검출현황

검체 총 88건 중 55건에서 잔류농약이 검출되어 검출률은 62.5%로 나타났다. 품목별 잔류농약 검출율은 블루베리 95.0%(19건/20건), 포도 94.4%(17건/18건), 감 75.0%(15건/20건), 딸기 40%(4건/10건) 순으로 나타났으며, 망고(20건)에서는 잔류농약이 검출되지 않았다. 가공 방법에 따른 검출률은 건조 과일류에서 67.5%(27건/40건), 냉동 과일류에서 58.3%(28건/40건)로, 건조 과일류에서 검출률이 더 높았다(Table 7).

블루베리에서 19종의 잔류농약이 79회 검출되었다. 그 중 건블루베리에서 15종의 농약이 50회 검출되었으며, boscalid가 9회로 가장 많이 검출되었다(Table 8). 건블루베리의 잔류농약 검출량은 0.02-0.44 mg/kg이었으며, 수분함량을 보정하였을 때 0.003-0.07 mg/kg으로 감소하였다. 냉동블루베리에서는 14종의 잔류농약이 29회 검출되었고, bifenthrin과 fludioxonil이 각각 5회로 가장 많이 검출되었다. 냉동블루베리의 잔류농약 검출량은 0.01-1.50 mg/kg이었으며, boscalid가 1.50 mg/kg으로 가장 높은 농도로 검출되었다. Boscalid는 carboxamide 계열의 살균제로 숙신산 탈수소효소를 억제하며 블루베리 재배 시 탄저병을 비롯한 여러 질병을 예방하기 위해 사용된다(Ali et al., 2019).

포도에서 33종의 잔류농약이 94회 검출되었으며, 그 중 건포도에서 26종의 잔류농약이 58회 검출되었다(Table 9). 건포도의 잔류농약 검출량은 0.02-0.78 mg/kg이었으며, 수분함량을 보정한 값은 0.003-0.16 mg/kg이었다. 건포도에서 잔류허용기준이 정해져 있지 않은 fenpropathrin이 0.03 mg/kg 검출되었으나, 수분함량을 보정한 값은 0.01 mg/kg 이하로 PLS 기준치에는 적합하였다. 건포도에서 검출된 농약 중 fluxapyroxad는 건포도 기준 5.7 mg/kg, 포도 기준 2.0 mg/kg으로 설정되어 있으며, tebuconazole은 건포도와 포도에서 각각 6.0 mg/kg과 5.0 mg/kg으로 설정되어 있다. 식품의약품안전처에서 고시한 「식품의 기준 및 규격」(MFDS, 2024b)에서는 carbofuran, captan, fluxapyroxad, spirotetramat, tebuconazole 5종의 농약에 대해서만 건포도 기준을 별도로 설정하고 있어, 본 연구 결과에서 검출된 대부분의 농약은 검출량에 수분함량을 보정하여 포도의 기준을 적용하였다. 냉동포도에서는 21종의 잔류농약이 36회 검출되었으며, 잔류농약 검출량은 0.01-0.77 mg/kg이었다. 그 중 pyrimethanil이 0.76 mg/kg 검출된 제품은 생산일로부터 30개월이 지난 제품이었으며, pyrimethanil을 포함한 7종의 잔류농약이 0.01-0.76 mg/kg 수준으로 검출되었다. 따라서 오랜 기간동안 냉동 온도에서 저장된 제품에서도 농약이 완전히 분해되지

않고 잔류할 수 있음을 알 수 있다.

감에서는 7종의 잔류농약이 34회 검출되었으며, 꺾임과 냉동홍시에서 각각 6종의 잔류농약이 17회 검출되어 가공 방법에 따른 차이를 보이지 않았다(Table 10). 꺾임에서 검출된 농약의 잔류량은 0.02-0.33 mg/kg이었으며, 수분함량을 보정한 값은 0.01-0.09 mg/kg이었다. 가장 많이 검출된 농약은 dinotefuran으로 꺾임과 냉동홍시 총 20건 중에서 12회(60.0%) 검출되었다. Dinotefuran은 neonicotinoid 계열 살충제로 체내 신경전달물질을 저해하여 신경독성을 일으키고 침투성이 높다(Song et al., 2022). 이로 인해 과피를 제거한 꺾임과 냉동홍시의 과육에 잔류하며, 특히 건조 과정이 진행될수록 농축되어 검출량이 증가하는 경향이 있다(Shin et al., 2020). 「식품의 기준 및 규격」에서는 꺾임에 대한 별도의 기준이 설정되어 있는 농약 항목이 없으나, 본 연구 결과 dinotefuran을 비롯한 다양한 농약이 감의 건조 후에도 잔류하고 있음을 알 수 있다. 따라서 꺾임의 가공 과정과 농약의 특성을 고려한 가공계수를 산출하여 별도의 기준 설정이 필요하다.

냉동딸기는 10건 중 4건의 검체에서 15종의 잔류농약이 18회 검출되었으며, 검출량은 0.01-0.04 mg/kg이었다(Table 11). 잔류농약이 가장 많이 검출된 검체에서는 8종의 잔류농약이 동시에 검출되었으며, fludioxonil이 0.04 mg/kg으로 가장 높은 농도로 검출되었다. 또한 딸기에서 잔류허용기준이 정해지지 않은 permethrin이 검출되었으나, PLS 기준치 0.01 mg/kg를 초과하지는 않았다.

건망고와 냉동망고에서는 정량한계 0.01 mg/kg 이상의 잔류농약이 검출되지 않았다. 한국소비자원이 실시한 건조 과채류의 안전실태조사에 따르면, 건망고 8개 제품 모두에서 잔류농약이 검출되지 않아 본 연구와 동일한 경향을 보였다(KCA, 2021). 반면 냉동 과일의 안전실태조사에서는 냉동망고 10건 중 6건에서 잔류농약이 검출되었으며, 이 중 4개 제품은 도입 예정이었던 PLS 기준을 적용할 경우 부적합으로 판정된다고 보고하였다(KCA, 2016). 따라서 본 연구의 냉동망고 잔류농약 검출 결과와는 다소 다른 양상을 보였다.

과일류 원물간식의 잔류농약 분석 결과, 전체 건조 과일에서 32종의 잔류농약이 125회, 냉동 과일에서는 35종이 100회 검출되었으며, 품목별로는 포도에서 33종이 94회 검출되어 가장 높은 검출 빈도를 보였다(Table 12). 건조 과일에서 잔류농약의 검출률과 검출량이 더 많았으며, 이는 건조 과정 중 미량으로 잔류된 농약이 정량한계 농도 이상으로 농축되어 건조 검체에서 더 많은 농약이 검출된 것으로 판단된다. 수분함량을 보정하면 검출량이 감소하지만, 원물을 그대로 섭취하는 건조 과일의 특성을 고려할 때, 가공 과정이나 섭취 형태 등을 반영한 잔류허용기준 설정이 필요하다. 또한 냉동 과일은 -18°C 이하에서 보관 및 유통되므로 잔류농약이 매우 천천히 감소하거나 화학적으로 안정되어 오랜

Table 9. Levels of pesticide residues detected in dried and frozen grapes

Pesticide	Number of detections			Detection range (mg/kg)		MRLs ^{b)} (mg/kg)
	Total (n ^{a)} =33)	Dried (n=26)	Frozen (n=21)	Dried	Frozen	
Acetamiprid	3	1	2	0.18	0.01~0.10	1.0
Ametoctradin	2	1	1	0.27	0.17	5.0
Boscalid	9	7	2	0.02~0.13	0.01~0.77	5.0
Buprofezin	1	1	ND ^{c)}	0.03	ND	2.0
Carbendazim	3	2	1	0.02~0.06	0.03	3.0
Chlorantraniliprole	1	ND	1	ND	0.01	2.0
Cyprodinil	8	4	4	0.03~0.70	0.02~0.54	5.0
Difenoconazole	2	2	ND	0.02~0.03	ND	1.0
Dinotefuran	3	ND	3	ND	0.02~0.12	5.0
Ethaboxam	1	ND	1	ND	0.05	3.0
Famoxadone	1	ND	1	ND	0.01	2.0
Fenhexamid	5	3	2	0.03~0.06	0.07~0.26	3.0
Fenpropathrin	1	1	ND	0.03	ND	0.01(PLS ^{d)})
Flubendiamide	1	ND	1	ND	0.04	1.0
Fludioxonil	5	2	3	0.06~0.11	0.03~0.10	5.0
Fluopyram	7	5	2	0.05~0.20	0.02~0.09	5.0
Fluxapyroxad	2	2	ND	0.03~0.05	ND	5.7 ^{e)} , 2.0 ^{f)}
Imidacloprid	1	1	ND	0.04	ND	1.0
Iprovalicarb	1	1	ND	0.02	ND	2.0
Mefentrifluconazole	1	1	ND	0.05	ND	2.0
Metalaxyl	1	1	ND	0.33	ND	1.0
Methoxyfenozide	3	3	ND	0.02~0.22	ND	2.0
Metrafenone	1	1	ND	0.22	ND	5.0
Propamocarb	1	ND	1	ND	0.02	2.0
Pydiflumetofen	2	1	1	0.10	0.02	1.5
Pyraclostrobin	8	6	2	0.02~0.09	0.01	3.0
Pyrimethanil	5	3	2	0.02~0.78	0.07~0.76	5.0
Quinoxifen	2	2	ND	0.02~0.03	ND	2.0
Sulfoxaflor	2	1	1	0.34	0.05	2.0
Tebuconazole	5	4	1	0.03~0.16	0.06	6.0 ^{e)} , 5.0 ^{f)}
Tetraniliprole	2	ND	2	ND	0.01~0.02	1.5
Tetraconazole	1	1	ND	0.02	ND	2.0
Trifloxystrobin	3	1	2	0.06	0.01~0.03	3.0
Total	94	58	36	-	-	-

^{a)}Number of detected pesticides^{b)}Maximum residue limits^{c)}Not detected^{d)}Postive list system^{e)}MRL for dried grapes^{f)}MRL for grapes

기간 잔류할 가능성이 높으므로(Yigit and Velioglu, 2020), 잔류농약에 대한 지속적인 모니터링 및 안전성 관리가 필요하다.

잔류농약 종류별 검출현황

검체 88건에서 분석한 477종의 잔류농약 중 46종의 농약이 총 225회 검출되었다. 식품의약품안전처의 잔류물

Table 10. Levels of pesticide residues detected in dried and frozen persimmons

Pesticide	Number of detections			Detection range (mg/kg)		MRLs ^{b)} (mg/kg)
	Total (n ^{a)} =7)	Dried (n=6)	Frozen (n=6)	Dried	Frozen	
Acetamiprid	4	3	1	0.03~0.04	0.02	0.3
Boscalid	1	1	ND ^{c)}	0.02	ND	1.0
Buprofezin	6	3	3	0.02~0.03	0.02~0.04	0.5
Carbendazim	5	1	4	0.05	0.03~0.05	3.0
Dinotefuran	12	7	5	0.03~0.20	0.02~0.04	0.5
Tebuconazole	4	2	2	0.07~0.33	0.01~0.02	2.0
Thiamethoxam	2	ND	2	ND	0.01~0.02	0.5
Total	34	17	17		-	

^{a)}Number of detected pesticides

^{b)}Maximum residue limits

^{c)}Not detected

Table 11. Levels of pesticide residues detected in frozen strawberries

Pesticide (n ^{a)} =15)	Number of detections	Detection range (mg/kg)	MRLs ^{b)} (mg/kg)
Acetamiprid	1	0.03	1.0
Azoxystrobin	1	0.02	1.0
Boscalid	1	0.02	5.0
Carbendazim	1	0.01	2.0
Dinotefuran	1	0.01	3.0
Flonicamid	1	0.02	1.0
Fludioxonil	2	0.01~0.04	2.0
Imidacloprid	1	0.02	0.4
Lufenuron	1	0.01	0.5
Permethrin	1	0.01	0.01(PLS ^{c)})
Procymidone	2	0.02~0.03	10.0
Pyraziflumid	1	0.02	2.0
Pyrimethanil	1	0.06	3.0
Spiromesifen	1	0.01	2.0
Sulfoxaflor	2	0.01~0.02	0.5
Total	18	-	

^{a)}Number of detected pesticides

^{b)}Maximum residue limits

^{c)}Postive list system

질정보(MFDS, 2024c)를 참고하여 검출된 농약을 용도에 따라 분류하면, 살균제 27종이 145회(58.7%), 살충제 19종이 80회(41.3%) 검출되었다(Table 13). 이 중 살균제로 사용되는 boscalid(21회), fludioxonil(20회), cyprodinil(19회)이 가장 많이 검출되었으며, 특히 블루베리와 포도에서 반복적으로 검출되어 장과류의 재배에 빈번하게 사용되는 농약으로 판단된다. 그다음으로 dinotefuran(16회), fluopyram(12회),

Table 12. Number of detected pesticide residues in samples

Commodity	No. of detected pesticides (No. of pesticide detections)		
	Total	Dried fruits	Frozen fruits
Blueberry	19 (79)	15 (50)	14 (29)
Grape	33 (94)	26 (58)	21 (36)
Mango	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Persimmon	7 (34)	6 (17)	6 (17)
Strawberry	15 (18)	-	15 (18)
Total	46 (225)	32 (125)	35 (100)

Bifenthrin(11회) 순으로 검출되었다. Dinotefuran은 감에서 12회 검출되었으며, bifenthrin은 11회 모두 블루베리에서만 검출되었다. Dinotefuran과 bifenthrin은 살충제로 사용되며 노린재류에 대해 높은 접촉독성을 보여 다른 약제들에 비해 방제 효과가 뛰어난 것으로 보고되었다(Lee et al., 2015; Park et al., 2021). 노린재류는 감과 블루베리 재배에서 발생하는 주요 해충 중 하나로(Lim et al., 2014; Lim et al., 2016) 병충해 예방을 위해 살균제와 함께 사용되는 것으로 판단된다. 본 연구에서 검출된 농약들은 대부분 하나의 검체에서 2종 이상이 동시에 검출되었다. 건포도에서는 최대 11종, 건 블루베리에서는 최대 10종의 농약이 동시에 검출되었다. 이는 농산물 재배 시 발생하는 다양한 병충해를 동시에 방제하기 위해 살충제와 살균제를 혼합하거나 혼합제 농약을 사용하는 경우가 많기 때문이다(Yang et al., 2017).

본 실태조사를 통하여 국내 유통 중인 건조 및 냉동 과일에서 다양한 종류의 잔류농약이 검출되었음을 확인하였다. 건조 과일과 냉동 과일은 세척 과정을 거치지 않고 바로 섭취하는 경우가 많아 제품의 생산 단계에서부터 철저한 관리가

Table 13. Detection frequency of pesticide residues by pesticide type

Pesticide type	Pesticides	Commodity (No. of detections)				Total
		Blueberry	Grape	Persimmon	Strawberry	
Fungicide (27)	Ametoctradin	ND ^{a)}	2	ND	ND	2
	Azoxystrobin	3	ND	ND	1	4
	Boscalid	10	9	1	1	21
	Carbendazim	ND	3	5	1	9
	Cyprodinil	11	8	ND	ND	19
	Difenoconazole	ND	2	ND	ND	2
	Ethaboxam	ND	1	ND	ND	1
	Famoxadone	ND	1	ND	ND	1
	Fenhexamid	1	5	ND	ND	6
	Fludioxonil	13	5	ND	2	20
	Fluopyram	5	7	ND	ND	12
	Fluxapyroxad	ND	2	ND	ND	2
	Iprodione	1	ND	ND	ND	1
	Iprovalicarb	ND	1	ND	ND	1
	Mefentrifluconazole	1	1	ND	ND	2
	Metalaxyl	ND	1	ND	ND	1
	Metrafenone	ND	1	ND	ND	1
	Procymidone	ND	ND	ND	2	2
	Propamocarb	ND	1	ND	ND	1
	Pydiflumetofen	ND	2	ND	ND	2
	Pyraclostrobin	1	8	ND	ND	9
	Pyraziflumid	ND	ND	ND	1	1
	Pyrimethanil	4	5	ND	1	10
	Quinoxifen	ND	2	ND	ND	2
	Tebuconazole	ND	5	4	ND	9
	Tetraconazole	ND	1	ND	ND	1
	Trifloxystrobin	ND	3	ND	ND	3
Subtotal		50	76	10	9	145
Insecticide (19)	Acetamiprid	2	3	4	1	10
	Bifenthrin	11	ND	ND	ND	11
	Buprofezin	ND	1	6	ND	7
	Chlorantraniliprole	2	1	ND	ND	3
	Cyantraniliprole	2	ND	ND	ND	2
	Dinotefuran	ND	3	12	1	16
	Fenpropathrin	4	1	ND	ND	5
	Flonicamid	ND	ND	ND	1	1
	Flubendiamide	ND	1	ND	ND	1
	Imidacloprid	3	1	ND	1	5
	Lufenuron	ND	ND	ND	1	1
	Methoxyfenozide	1	3	ND	ND	4
	Novaluron	ND	ND	ND	ND	2
	Permethrin	ND	ND	ND	1	1
	Phosmet	2	ND	ND	ND	2
	Spiromesifen	ND	ND	ND	1	1
	Sulfoxaflor	ND	2	ND	2	4
	Tetraniliprole	ND	2	ND	ND	2
	Thiamethoxam	ND	ND	2	ND	2
Subtotal		29	18	24	9	80
Total		79	94	34	18	225

^{a)}Not detected

Table 13. Detection frequency of pesticide residues by pesticide type

Pesticide type	Pesticides	Commodity (No. of detections)				Total
		Blueberry	Grape	Persimmon	Strawberry	
Fungicide (27)	Ametoctradin	ND ^{a)}	2	ND	ND	2
	Azoxystrobin	3	ND	ND	1	4
	Boscalid	10	9	1	1	21
	Carbendazim	ND	3	5	1	9
	Cyprodinil	11	8	ND	ND	19
	Difenoconazole	ND	2	ND	ND	2
	Ethaboxam	ND	1	ND	ND	1
	Famoxadone	ND	1	ND	ND	1
	Fenhexamid	1	5	ND	ND	6
	Fludioxonil	13	5	ND	2	20
	Fluopyram	5	7	ND	ND	12
	Fluxapyroxad	ND	2	ND	ND	2
	Iprodione	1	ND	ND	ND	1
	Iprovalicarb	ND	1	ND	ND	1
	Mefentrifluconazole	1	1	ND	ND	2
	Metalaxyl	ND	1	ND	ND	1
	Metrafenone	ND	1	ND	ND	1
	Procymidone	ND	ND	ND	2	2
	Propamocarb	ND	1	ND	ND	1
	Pydiflumetofen	ND	2	ND	ND	2
	Pyraclostrobin	1	8	ND	ND	9
	Pyraziflumid	ND	ND	ND	1	1
	Pyrimethanil	4	5	ND	1	10
	Quinoxifen	ND	2	ND	ND	2
	Tebuconazole	ND	5	4	ND	9
	Tetraconazole	ND	1	ND	ND	1
	Trifloxystrobin	ND	3	ND	ND	3
Subtotal		50	76	10	9	145
Insecticide (19)	Acetamiprid	2	3	4	1	10
	Bifenthrin	11	ND	ND	ND	11
	Buprofezin	ND	1	6	ND	7
	Chlorantraniliprole	2	1	ND	ND	3
	Cyantraniliprole	2	ND	ND	ND	2
	Dinotefuran	ND	3	12	1	16
	Fenpropathrin	4	1	ND	ND	5
	Flonicamid	ND	ND	ND	1	1
	Flubendiamide	ND	1	ND	ND	1
	Imidacloprid	3	1	ND	1	5
	Lufenuron	ND	ND	ND	1	1
	Methoxyfenozide	1	3	ND	ND	4
	Novaluron	ND	ND	ND	ND	2
	Permethrin	ND	ND	ND	1	1
	Phosmet	2	ND	ND	ND	2
	Spiromesifen	ND	ND	ND	1	1
	Sulfoxaflor	ND	2	ND	2	4
Tetraniliprole	ND	2	ND	ND	2	
Thiamethoxam	ND	ND	2	ND	2	
Subtotal		29	18	24	9	80
Total		79	94	34	18	225

^{a)}Not detected

필요하다. 또한 대부분 식품공전 상 ‘과·채·가공품’ 등 가공 식품에 해당하여, 개별 기준 및 규격에 잔류농약 항목이 해당하지 않기 때문에 신선 농산물과 달리 잔류농약 안전성 관리가 부족한 실정이다(Kim et al., 2022). PLS의 도입으로 미량의 잔류농약에 대해서도 엄격하게 관리하고 있는 현실정에 맞추어, 건조 및 냉동 과일류의 잔류농약에 대한 지속적인 모니터링과 안전관리가 필요하다고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 부산광역시 보건환경연구원 2024년도 연구사업의 지원으로 수행하였습니다.

Author Information and Contributions

Jeong Wan Yu, Banyeo Agricultural Products Inspection Office, Busan Metropolitan City Institute of Health and Environment, researcher, ORCID <http://orcid.org/0000-0001-8991-8691>

Young Hee Kwon, Busan Metropolitan City Institute of Health and Environment, researcher, ORCID <http://orcid.org/0009-0004-7991-977x>

Su Jeong Hwang, Busan Metropolitan City Institute of Health and Environment, researcher, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9910-4181>

Eun Jung Jeong, Busan Metropolitan City Institute of Health and Environment, researcher, ORCID <https://orcid.org/0009-0009-5480-2133>

Hye Sun Hwang, Busan Metropolitan City Institute of Health and Environment, researcher, ORCID <https://orcid.org/0009-0002-8581-2763>

Ju Hee Sim, Busan Metropolitan City Institute of Health and Environment, researcher.

Yu Na Jeong, Busan Metropolitan City Institute of Health and Environment, researcher, ORCID <https://orcid.org/0009-0005-6161-5425>

Sun Hee Park, Busan Metropolitan City Institute of Health and Environment, researcher, ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0833-0007>

Research design; Yu JW and Park SH, Investigation; Kwon YH, Hwang SJ, Jeong EJ, Hwang HS, Sim JH, Jeong, YN, Data analysis; Yu JW, Writing – original draft preparation;

Yu JW, Writing-review & editing; Yu JW and Park SH

이해상충관계

저자는 이해상충관계가 없음을 선언합니다.

Literature Cited

- Ali ME, Hudson O, Hemphil WH, Breneman TB, Oliver JE, 2019. First Report of Resistance to Pyraclostrobin, Boscalid, and Thiophanate-methyl in *Colletotrichum gloeosporioides* from Blueberry in Georgia. *Plant Health Prog.* 20(4):261-262.
- Gang GR, Mun SJ, Yang YS, Lee SM, Choi EA, et al., 2017. Monitoring of Pesticide Residues on Dried Agricultural Products. *Korean J. Pestic. Sci.* 21(1):49-61. (In Korean)
- Im MH, Ji YJ, 2016. A Review on Processing Factors of Pesticide Residues during Fruits Processing. *J. Appl. Biol. Chem.* 59(3):189-201. (In Korean)
- Kim AR, Kim KC, Moon SA, Kim HT, Lee CH, et al., 2022. Analysis of Pesticide Residues in Frozen Fruits and Vegetable. *J. Food Hyg. Saf.* 37(2):69-79. (In Korean)
- Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation (AT), 2017. Processed Food Subdivision Market Status: The Original Snack Market. Seoul, Korea. (In Korean)
- Korea Consumer Agency (KCA), 2016. Survey on The Safety of Imported Frozen Fruits. Eumseong, Korea. (In Korean)
- Korea Consumer Agency (KCA), 2021. Survey on The Safety of Dried Fruits and Vegetables. Eumseong, Korea. (In Korean)
- Korea Rural Economic Institute (KREI), 2019. Research on Fresh-cut Fruits and Vegetabel. Naju, Korea. (In Korean)
- Kwon WK, Park SH, Hwang SJ, Jeong EJ, Cho HK, et al., 2024. Monitoring of Pesticide Residues in Leafy Vegetables from Online Markets. *Korean J. Food Sci. Technol.* 56(5): 635-643. (In Korean)
- Lee HK, Oh MS, Jeong JA, Kim KY, Lee SB, et al., 2019. A Safety Survey on Pesticide Residues in Dried Agricultural Products. *J. Food Hyg. Saf.* 34(4):340-347. (In Korean)
- Lee SY, Yoon CM, Do YS, Lee DH, Lee JS, et al., 2015. Evaluation of Insecticidal Activity of Pesticides Against Hemipteran Pests on Apple Orchard. *Korean J. Pestic. Sci.* 19(3):264-271. (In Korean)
- Lim JR, Kim EJ, Moon HC, Cho CH, Han SG, et al., 2016. Patterns of Insect Pest Occurrences and *Dasineura oxycoccana* Johnson in Blueberry Farms in Jeonbuk Province. *Korean J. Appl. Entomol.* 55(1):45-51. (In Korean)
- Lim YS, Song IK, Kim SJ, Lee KU, Cho JH, 2014. Damage caused by stink bugs on astringent persimmons. *Proc. Korean J. Appl. Entomol.* 2014:272-272. (In Korean)
- Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), 2024a. Food Safety Management Guidelines. Cheongju, Korea.
- Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), 2024b. Korean

- Food Code. Cheongju, Korea.
- Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), 2024c. Residue Information. <https://residue.foodsafetykorea.go.kr/prd/info> (Accessed Oct. 30. 2024).
- National Institute of Food and Drug Safety Evaluation (NIFDS), 2023. Handbook for the pesticide residue analytical methods of food code. 6th ed. Cheongju, Korea. (In Korean)
- Park SB, Hong DH, Eom TI, Kang YG, Lee JA, et al., 2021. Contact and Residual Toxicities of 16 Insecticides Against Three Stink Bugs (*Halyomorpha halys*, *Nezara antennata* and *Riptortus pedestris*). Korean J. Pestic. Sci. 25(4):316-323. (In Korean)
- Rural Development Administration (RDA), 2021. The Korean Food Composition Table, 10th revision. Jeonju, Korea.
- Shin HW, Kim DJ, Ham YJ, Jo SH, Noh HH, et al., 2020. Residual Characteristics and Processing Factors of Dinotefuran in the Processed Products of Persimmon. Proc. Korean J. Environ. Agric. 2020:231-231. (In Korean)
- Song MH, Yu JW, Kim JC, Lee KH, Ko RD, et al., 2022. Residual Characteristics and Risk Assessments of Metalaxyl-M and Dinotefuran in Crown Daisy. Korean J Environ. Agric. 41(2):108-114. (In Korean)
- 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. (In Korean)
- Yigit N, Velioglu YS, 2020. Effect of Processing and Storage on Pesticide Residues in Foods. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 60(21):3622-3641.
- Yigit N, Velioglu YS, 2023. Effect of Processing Type and Storage Time on Some Pesticide Residues in Strawberries. Akad. Gida. 21(1):1-12.
- Yoon YY, Kim KJ, 2013. A Qualitative Study on Consumers' Perceptions of Food Safety Risk Factors. J. Korean Home Manage. Assoc. 31(4):15-31. (In Korean)

과일류 원물간식의 잔류농약 실태조사

유정원* · 권영희 · 황수정 · 정은정 · 황혜선 · 심주희 · 정유나 · 박선희

부산광역시 보건환경연구원 반여농산물검사소

요약 본 연구는 원물간식 중 건조 과일과 냉동 과일의 잔류농약 실태를 조사하기 위해 수행되었다. 2023년 12월 부터 2024년 10월까지 총 40건의 건조 과일과 48건의 냉동 과일 시료를 수거하여 식품공전의 잔류농약 다성분 동시 분석법에 따라 GC-MS/MS와 LC-MS/MS를 이용하여 477종의 잔류농약을 분석하였다. 건조 과일 40건 중 27건 (67.5%), 냉동 과일 48건 중 28건(58.3%)에서 잔류농약이 검출되었으며, 전체 시료에서 총 46종의 농약이 225회 검출되었다. 검출 농도는 건조 과일에서 0.02~0.78 mg/kg, 냉동 과일에서 0.01~1.50 mg/kg 범위였다. 잔류허용기준을 초과하는 검체는 없었으나, 건포도와 냉동딸기에서 해당 품목에 대한 잔류허용기준이 설정되어 있지 않아 PLS에 해당하는 농약이 각각 1건씩 검출되었다. 건조 과일은 가공 과정 중 농약이 농축될 수 있으며, 냉동 상태에서는 잔류농약이 장기간 잔류할 수 있으므로 농약의 특성, 가공 조건 등을 반영한 별도의 잔류허용기준 설정과 지속적인 모니터링이 필요하다.

색인어: 잔류농약, 건조과일, 냉동과일, 잔류허용기준