pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 38, No. 3, pp. 112~122 (2023)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2023.38.3.112

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

다소비 식·약공용농산물의 잔류농약 실태조사

최희정* · 김윤성 · 김상태 · 박난주 · 최유미 · 유나영 · 한유리 · 서정화 · 손종성 · 박명기

경기도보건환경연구원 농수산물검사부 구리농수산물검사소

Monitoring of Pesticide Residues in Commonly Consumed Medicinal Agricultural Products

Hee-Jeong Choi*, Yun-Sung Kim, Sang-Tae Kim, Nan-Joo Park, Yu-Mi Choi, Na-Young Yoo, Yoo-Li Han, Jeong-Hwa Seo, Jong-Sung Son, Myoung-Ki Park

Guri Agricultural and Fishery Products Inspection Center, Agricultural and Fishery Products Inspection Division, Gyeonggi Province Institute of Health and Environment, Guri, Korea

(Received January 27, 2023/Revised March 21, 2023/Accepted April 10, 2023)

ABSTRACT - We assessed the pesticide residues in the medicinal agricultural products distributed in Korea. Pesticide residues in 72 samples were analyzed using the QuECheRS method for 339 pesticides, using GC-MS/MS and LC-MS/MS. The pesticide residues were below the maximum residues limit (MRL) in 42 samples (58.3%); however, they exceeded the MRL in 5 samples (6.9%). These included 43 types of pesticides; 20 fungicides and 23 insecticides were detected 75 times and 58 times, respectively. Tebuconazole and carbendazim were the most detected fungicides, each 11 times. The levels of acetamiprid, cadusafos, chlorpyrifos, flubendiamide, fluopyram, and triazophos exceeded the MRL in Gogi berry, Omija, and Reishi mushroom. All of them were positive list system (PLS) items that lacked pesticide residue standards. Therefore, authorities should monitor the distributed medicinal agricultural products.

Key words: Medicinal agricultural products, Pesticide residues, Maximum residue limits (MRLs), Positive list system (PLS)

안전한 먹거리에 대한 관심이 증가함에 따라 농산물 잔류농약에 대한 관심이 증가하는 추세이며, 2009년 국립농산물품질관리원은 농약이 농산물의 위해요소 1위(48.3%)로 인식되고 있음을 발표하였다[1]. 농약은 대부분 유기합성물질로서 농산물 재배과정에서 품질 및 저장성의 향상, 생산량 증대를 위해 사용되는 의도적 화학물질로[2,3], 농업환경의 조건에 따라 사용하는 농약의 종류 및 양이 다르다[4]. 농약은 농작물에 살포된 후에 자체의 물리화학적 특성에 따라 여러 분해 과정을 거쳐 분해되지만 일부는 수계, 토양 및 작물에 잔류된다는 특징이 있으며[2,3], 잔류된 농약은 농산물을 섭취하는 단계에서 인체에 흡수, 축적되어 안전성 문제를 발생시킬 가능성이 있어 농산물의 안전관리를 위한 잔류농약 모니터링이 필요하다[2,5]. 이에 따라 식품의약품안전처는 농약 성분의 독성, 잔류성, 노출량 등을 고려하여 작물별로 잔류허용기준(Maximum residue limits, MRLs)을 고시함으로써 농산물의 잔류농약을 관리하고 있다. 잔류허용기준이 설정되지 않은 농약에 대해서는 농약 허용물질목록 관리제도(Positive list system, PLS)를 적용하여 엄격하게 관리하고 있으며, 불검출 수준인 0.01 mg/kg을 적용한다.

현대의학 발전 및 경제발전에 의한 생활수준의 향상에 따른 인간의 평균수명이 늘어남에 따라 건강한 삶에 대한 관심이 높아지고 있다. 이에 따라 건강증진을 목적으로 가정에서 약재를 수정과 및 과실차 등으로 음료로 달여 마시거나, 술과 함께 발효시켜 전통주 등의 만드는 등 우리의 식생활에 다양하게 이용되는 추세이다[6]. 한약재는 한의사의 처방에 따라 한약 또는 학약제제를 조제하기 위해 사용되는 원료 약재로 「의약품 등의 안전에 관한 규칙」에 따라 의약품 제조 및 품질관리기준(Good Manufacturing

*Correspondence to: Hee-Jeong Choi, Guri Agricultural and Fishery Products Inspection Center, Agricultural and Fishery Products Inspection Division, Gyeonggi Province Institute of Health and Environment, Guri 11916, Korea
Tel: +82-31-8008-9757, Fax: +82-31-569-0212
E-mail: hjchoi6120@gg.go.kr

Copyright © The Korean Society of Food Hygiene and Safety. All rights reserved. The Journal of Food Hygiene and Safety is an Open-Access journal distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution,and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Practices, GMP)를 준수하여 제조되야하며, 생약은 대한민국약전 165품목, 대한민국약전외한약(생약)규격집 436품목으로 규정되어있다[7-9]. 반면 약재상이나 시장, 마트, 건강원, 탕제원 등에서 소비자가 직접 구매하여 사용하는 약재는 식·약공용농산물로서 식품 이외의 다른 용도로 사용이 가능한 농·임산물로 건조한 것을 말한다. 식·약공용농산물은 「수입 식품 등 검사에 관한 규정」에서 식품 이외의 다른 용도로 사용이 가능한 농·임산물로서 식물성 원료 112품목, 동물성 원료 3품목으로 총 115품목으로 고시되어 있다[10]. 해당 품목은 「대한민국 약전」 및 「대한민국약전외한약(생약) 규격집」의약품 각조의 농약 잔류허용기준을 따르며[11], 이 중 식품으로 많이 소비되는 과일류, 근채류, 견과종실류 등 31개 품목에 대해서는 식품의약품안전처 고시 「식품의 기준 및 규격」중 농산물의 농약 MRLs을 적용하고 있다[12]. 식·약공용농산물은 건조 농산물로서, 수분이 감소함에 따라 잔류된 농약성분이 농축될 우려가 있으며[2,5], 한약재 규격품에 비해 관리법규가 덜 엄격하여 건조 후 유통·저장과정 중에서도 농약이 살포될 수 있다는 특징이 있다[6]. 이에 따라 식·약공용농산물의 잔류농약 모니터링이 필요하다고 판단된다.

QuEChERS 분석방법은 Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, Safe의 줄임말로서 2003년 AOAC (Association of Official Analytical Chemists)저널에 처음 발표되었으며, 시료에 고체상 분말을 직접 주입 후 원심분리를 통해 농약성분을 추출하는 d-SPE (dispersive-solid phase extraction) 방법이다[13]. 2021년 9월 30일 식품의약품안전처는 「식품의 기준 및 규격」의 제 8. 일반시험법 중 다성법 시험법 -제2법을 QuEChERS 분석방법으로 개정하였으며, 기존의 분석방법보다 실험절차가 쉽고 빠르다[12,13]. 하지만 식·약공용농산물의 잔류농약에 관한 선행연구를 살펴보면 대부분 개정 전의 분석방법을 이용한 방법으로 분석 보고되었으며, 89품목의 GC 156종[6], 30품목의 GC 100종[14], 11품목의 LC 102종[15] 에 대해 보고하는 등 모두 분석대상 농약이 약 100여종의 GC 또는 LC 성분에 대해서만 모니터링 했다는 점에서 잔류농약 모니터링 결과가 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 식·약공용농산물 중 「식품의 기준 및 규격」을 따르는 31개 품목 중 기존 선행연구에서 잔류농약 검출률이 높다고 보고된 과일류 위주로 7가지 품목을 선정하였으며, QuEChERS 분석방법 및 GC-MS/MS, LC-MS/MS을 이용해 339종 농약을 동시 분석 잔류농약 모니터링을 실시함으로써 다소비 식·약공용농산물의 잔류농약에 대한 안전성 확보에 기초자료를 제공하고자 하였다.

Materials and Methods

실험재료

본 연구에 사용된 농산물은 2021년 12월부터 2022년 8월까지 온라인 쇼핑몰 및 경기도 북부(고양시, 구리시, 양주시, 의정부) 마트를 포함한 로컬푸드 직매장 또는 생약 공판장에서 유통되고 있는 식·약공용농산물 7품목 72건을 대상으로 하였다. 수거목록은 Table 1과 같으며, 해당 품목은 복분자 9건, 구기자 17건, 대추 16건, 오미자 14건, 모과 7건, 생강 7건, 영지버섯 2건이다.

Table 1. The list of collected agricultural products

Group	Sample (dried)	Number of samples
Fruit	Bokbunja	9
	Goji berry	17
	Jujube	16
	Omija	14
	Quince	7
Root	Ginger	7
Mushroom	Reishi mushroom	2

농약 표준품

분석대상 농약은 경기도보건환경연구원 농수산물검사부의 분석항목인 339종(2022년 2월 기준, GC 분석: 160항목, LC 분석: 179항목)으로 농약 표준물질은 AccuStandard에서 구입한 표준물질 혼합액을 사용하였다. 각 그룹의 표준물질은 Acetonitrile로 희석하여 2 mg/L의 농도로 제조하여 표준원액으로 사용하였다. 각각의 표준원액을 혼합하여 검량선 작성을 위한 적정농도에 맞춰 혼합표준용액을 제조할 때 식품의약품안전처의 「식품의 기준 및 규격」의 제8. 일반시험법 중 7.1.1 일반원칙의 표준용약의 조제 및 정량에 따라 임의의 무처리시료 추출물 1가지가 90% 이상 포함되도록 표준용액을 조제하였다[12]. 표준원액 및 표준용액은 모두 갈색병에 담아 –16.5°C에 보관하여 실험시 희석하여 사용하였다.

잔류농약 분석방법

시료의 추출 및 정제는 식품공전의 7.1.2.2. 다성분 시험법 제2법에 따라 분석하였으며, QuEChERS분석방법으로 알려져 있다[12]. 먼저 50 mL 용량의 Centrifuge tube에 균질화한 시료 5 g과 증류수 5 mL을 정밀히 달아 습윤화를 시켰다. 이후 Acetonitrile 10 mL를 추가로 넣어 1분간 강하게 흔들어 섞고, CHROMAtific (Heidenrod, Germany)의 QuEChERS Extract Kit ($MgSO_4$ 4 g, NaCl 1 g, Na_2HCit 0.5 g, Na_3Cit 1 g)을 넣고 1분간 강하게 흔들어 섞은 뒤, 4°C, 4,000 rpm에서 10분간 원심분리를 진행하였다. 상층액 6 mL은 CHROMAtific QuEChERS dSPE clean-up kit (primary secondary amine (PSA) 150 mg, $MgSO_4$ 900 mg)가 담겨있는 15 mL Centrifuge tube에 넣고 30초간 강하게 흔들어주었으며, 4,000 rpm에서 5분간

원심분리하였다. 해당 상층액은 polytetrafluoroethylene (PTFE) 재질의 13 mm, 0.2 μm 규격인 Whatman (Dassel, Germany)의 syringe filter로 여과한 후 시험용액으로 사용하였다. 시험용액에서 대상 농약의 검출농도가 검량선의 범위를 초과하는 경우 해당 무처리시료 추출물로 희석하여 검량선 범위 내에서 정량하였으며 MRL을 초과하는 경우에는 표준물질첨가검량법(Standard addition calibration method)을 이용한 2차 분석을 진행함으로써 matrix 영향을 보정하였다[12,16,17].

기기분석

GC-MS/MS는 Thermofisher scientific (Waltham, USA)의 TSQ 9000 GC-MS/MS 장비를 사용하였고, 컬럼은 TG-5SilMS (30 m×0.25 mm, 0.25 μm, Thermofisher scientific)를 사용하였다. LC-MS/MS는 OSAKA SODA (Osaka, Japan)의 CAPCELL CORE C18 (2.1 mm×150 mm, 2.7 μm) 칼럼이 장착된 AB Sciex (Framingham, USA)의 QTRAP® 4500 LC-MS/MS장비를 사용했으며, multiple reaction monitoring (MRM) method로 분석하였다. 이동상은 Whatman (Dassel, Germany)의 0.2 μm nylon membrane filter로 여과 후 탈기하여 사용하였으며, Wako (Osaka, Japan)의 Methanol, Merck (New Jersey, USA)의 증류수를 이동상 용매로 이용하였다. Formic acid는 Thermo Fisher Scientific (Waltham, USA), Ammonium formate는 Sigma Aldrich (St. Louis, USA)에서 구입하여 사용하였다. 각 기기의 분석 조건은 Table 2, 3에 나타내었다.

Table 2. Analytical condition of GC-MS/MS for pesticide residues

Parameters		Conditions		
GC	Column	TG-5 (30 m×0.25 mm, 0.25 μm,)		
	Flow rate	1.0 mL/min (He 99.999%)		
	Injection volume & mode	1 μL, splitless		
	Inlet temperature	280°C		
	Oven temperature	Rate (°C/min)	Temperature (°C)	Hold (min)
		initial	70	3
		15	160	0
		5	300	3
MS/MS	Ionization mode	Electron ionization (EI)		
	Transfer line temperature	280°C		
	Ion source temperature	280°C		

Table 3. Analytical condition of LC-MS/MS for pesticide residues

Parameters		Conditions		
LC	Column	CAPCELL CORE C18 (2.1 mm×150 mm, 2.7 μm)		
	Column oven	35°C		
	Injection volume	2 μL		
	Flow rate	0.3 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		
	Gradient condition	Time	A (%)	B(%)
		0	95	5
		1	95	5
		1.5	70	30
		12	2	98
		16	2	98
		16.1	95	5
		20	95	5
MS/MS	Ionization mode	Electrospray ionizaion (ESI)		
	Spray voltage	5.50 kV		
	Capillary temperature	450°C		
	Curtain gas	25 psi		
	Nebulizer gas (gas 1)	50 psi		
	Heater gas (gas 2)	55 psi		

농약진류허용기준 적용을 위한 수분함량 측정

검출된 농약은 식품의약품안전처 고시「식품의 기준 및 규격」에 따라 MRLs을 적용하였으며, 별도로 잔류허용기준을 정하지 않은 경우 PLS를 적용하였다. 건조농산물의 잔류허용기준이 없는 경우, 가공식품의 잔류허용기준 적용 항에 따라 수분함량을 고려한 건조계수를 적용한 기준을 이용하였다[12]. 건조계수를 위한 생물 시료의 수분함량은 국가표준식품성분표(2022)을 따랐으며(Table 4)[18], 시료의 수분함량은 식품공전의 2.1.1.1 건조감량법 중 상압가열건조법으로 105°C에서 건조된 항량을 구하여 3회 반복 측정한 평균값을 이용하였다[12]. 건조계수는 다음 식을 통해 구하였다. 단, 영지버섯은 근연종의 건조 자실체이므로 건조계수를 적용하지 않았다.

$$\frac{100-\text{moisture content after dreid (\%)}}{100-\text{moisture content before dreid (\%)}}$$

유효성 검증

분석 방법에 대한 유효성 검증은 식품등 시험법 마련 표준절차에 관한 가이드라인에 따라 실시하였다[19]. 농약 표준품을 농도가 0.005, 0.01, 0.02, 0.08, 0.16, 0.2 mg/L가 되도록 무처리시료 추출물에 첨가하여 7회 반복하여 측정하였다. 검량선의 직선성은 결정계수(Coefficient of determination, R^2)로 확인하였고, 검출한계(Limit of detection, LOD) 및 정량한계(Limit of quantification, LOQ)는 아래의 산출 방법에 따라 구하였다.

$$LOD = 3.3 \times \delta/S$$
$$LOQ = 10 \times \delta/S$$

δ: The standard deviation of the response
S: The slope of the calibration curve

회수율은 무처리시료 추출물에 표준용액을 0.05, 0.5 mg/kg 수준으로 처리한 후 상기 시험법과 동일하게 3회 반복 시험하여 측정하였다.

Table 4. Moisture content of the sample before dried

Group	Sample	Moisture content (%)
Fruit	Bokbunja	77.6
	Goji berry	82.2
	Jujube	70.2
	Omija	80.5
	Quince	78.3
Root	Ginger	88.2
Mushroom	Reishi mushroom	-

Table 5. Aridity coefficient range of the sample

Sample (dried)	Aridity coefficient range	RSD
Bokbunja	3.89-4.26	0.00-0.02
Goji berry	3.88-4.69	0.00-0.05
Jujube	2.08-2.67	0.00-0.02
Omija	4.12-4.42	0.00-0.20
Quince	3.84-4.15	0.00-0.03
Ginger	7.20-7.84	0.00-0.05
Reishi mushroom	-	-

Results and Disccusion

유효성 검증

직선성, 회수율, 검출한계, 정량한계 결과는 Table 6과 같다. 검량선의 직선성 결정계수는 0.9951-0.9996, 검출한계는 0.001-0.006 mg/kg, 정량한계는 0.004-0.019 mg/kg으로 나타났다. 국내 잔류농약 분석법 기준에서는 식품의 경우 0.05 mg/kg 이하의 검출한계를 만족하면서 동시에 잔

Table 6. LOD, LOQ, recovery rate, linearity of pesticides detected

Pesticides	LOD[1] (mg/kg)	LOQ[2] (mg/kg)	Concentration (mg/kg)	Recovery±RSD (%)	Coefficient of determination (R^2)
Acetamiprid	0.0036	0.0108	0.5	102.3±3.4	0.9957
			0.05	86.3±5.1	
Azoxystrobin	0.003	0.0091	0.5	105.9±3.9	0.9966
			0.05	91.3±4.8	
Bifenthrin	0.0045	0.0135	0.5	112.3±3.0	0.9993
			0.05	106.4±10.8	
Boscalid	0.0048	0.0147	0.5	96.7±3.2	0.9977
			0.05	96.9±5.1	
Buprofezin	0.0029	0.0089	0.5	109.5±2.5	0.9996
			0.05	107.4±3.4	
Cadusafos	0.0033	0.0099	0.5	97.9±0.6	0.9993
			0.05	108.0±6.4	
Carbendazim	0.0012	0.0035	0.5	88.7±2.5	0.9993
			0.05	90.5±4.1	
Chlorantraniliprole	0.0035	0.0106	0.5	101.4±3.8	0.9981
			0.05	98.6±3.0	
Chlorfenapyr	0.0057	0.0172	0.5	105.7±1.8	0.9996
			0.05	106.1±4.8	

Table 6. (Continued) LOD, LOQ, recovery rate, linearity of pesticides detected

Pesticides	LOD[1)] (mg/kg)	LOQ[2)] (mg/kg)	Concentration (mg/kg)	Recovery±RSD (%)	Coefficient of determination (R^2)
Chlorfluazuron	0.0027	0.0082	0.5	104.3±1.8	0.996
			0.05	95.6±4.7	
Chlorpyrifos	0.0036	0.0109	0.5	85.9±0.6	0.9981
			0.05	108.1±3.5	
Difenoconazole	0.006	0.0182	0.5	83.4±1.3	0.9974
			0.05	107.9±13.3	
Dinotefuran	0.0023	0.0068	0.5	91.6±1.7	0.9971
			0.05	88.9±4.8	
Etofenprox	0.0057	0.0172	0.5	101.7±2.7	0.999
			0.05	104.9±3.0	
Flonicamid	0.0019	0.0059	0.5	95.1±1.9	0.9986
			0.05	90.2±4.4	
Fluazinam	0.0046	0.0139	0.5	96.1±1.8	0.9993
			0.05	86.7±2.3	
Flubendiamide	0.0059	0.0178	0.5	104.3±5.6	0.9981
			0.05	90.4±6.6	
Flufenoxuron	0.0027	0.0081	0.5	103.8±1.8	0.9986
			0.05	87.7±4.5	
Fluopyram	0.0038	0.0116	0.5	103.9±1.4	0.9972
			0.05	107.5±9.2	
Flutriafol	0.0022	0.0068	0.5	94.2±4.7	0.9996
			0.05	94.6±5.0	
Fluxametamide	0.006	0.0183	0.5	108.1±3.7	0.9977
			0.05	107.6±7.7	
Fluxapyroxad	0.0059	0.0177	0.5	104.7±1.0	0.9986
			0.05	103.0±4.1.0	
Hexaconazole	0.0058	0.0175	0.5	100.7±4.0	0.9964
			0.05	87.7±6.3	
Imidacloprid	0.0023	0.0069	0.5	83.9±2.5	0.9977
			0.05	85.4±5.4	
Indoxacarb	0.006	0.0182	0.5	115.9±2.0	0.997
			0.05	109.5±6.4	
Lufenuron	0.006	0.0181	0.5	97.2±3.9	0.9982
			0.05	102.3±4.5	
Mefentrifluconazole	0.0062	0.0188	0.5	111.6±10.0	0.9962
			0.05	90.3±4.5	
Metaflumizone	0.0032	0.0096	0.5	105.7±2.4	0.9989
			0.05	96.9±4.8	
Methoxyfenozide	0.0062	0.0187	0.5	118.7±8.4	0.9951
			0.05	87.4±3.9	
Metrafenone	0.0028	0.0084	0.5	107.5±5.6	0.9983
			0.05	86.7±4.8	

Table 6. (Continued) LOD, LOQ, recovery rate, linearity of pesticides detected

Pesticides	LOD[1] (mg/kg)	LOQ[2] (mg/kg)	Concentration (mg/kg)	Recovery±RSD (%)	Coefficient of determination (R^2)
Myclobutanil	0.004	0.012	0.5	105.0±2.8	0.9996
			0.05	106.8±3.7	
Penthiopyrad	0.005	0.0151	0.5	95.1±1.2	0.998
			0.05	107.9±7.3	
Phenthoate	0.0042	0.0127	0.5	90.5±1.4	0.999
			0.05	107.7±7.3	
Propamocarb	0.0049	0.0147	0.5	80.7±2.0	0.9996
			0.05	90.4±4.3	
Propiconazole	0.002	0.0061	0.5	90.7±13.0	0.9978
			0.05	98.0±5.4	
Pyraclostrobin	0.0032	0.0096	0.5	105.6±3.6	0.9988
			0.05	94.6±4.1	
Pyrazoxyfen	0.0054	0.0165	0.5	113.9±4.1	0.9958
			0.05	88.4±5.7	
Spiromesifen	0.0049	0.0149	0.5	96.5±3.1	0.9981
			0.05	102.4±3.6	
Tebuconazole	0.0027	0.0083	0.5	97.5±2.0	0.9996
			0.05	106.0±3.5	
Tebufenpyrad	0.004	0.0121	0.5	88.3±0.7	0.9985
			0.05	104.5±11.1	
Triadimefon	0.006	0.0181	0.5	100.7±1.3	0.9987
			0.05	107.6±9.0	
Triazophos	0.0037	0.0113	0.5	97.6±5.6	0.9992
			0.05	91.6±7.3	
Trifloxystrobin	0.004	0.0122	0.5	117.1±2.7	0.9992
			0.05	106.2±10.5	
Zoxamide	0.004	0.0122	0.5	84.9±6.9	0.9978
			0.05	93.2±6.0	

[1]LOD: Limit of detection
[2]LOQ: Limit of quantification

류허용기준의 1/2-1/10까지 검출하도록 규정하고 있으며[20], 기준에 적합하였다. 각 농약에 대한 회수율은 0.05 mg/kg 농도에서 80.7-118.7% 범위이고 0.5 mg/kg 농도에서 85.4-109.5% 범위이며 상대표준편차(Relative standard deviation, RSD%)는 0.6-13.3% 으로 나타났다. 국제연합식량농업기구(Union national food and agriculture organizaion, FAO) 및 유럽연합(European union, EU)은 회수율 및 상대표준편차의 기준을 각각 70-120%와 20% 이내로 설정하고 있으며[12], 국내에서는 식품등 시험법 마련 표준절차에 관한 가이드라인에 따라 0.01-0.1 mg/kg의 농도에서 회수율 70-120%, RSD 22% 이하, 0.1-1.0 mg/kg의 농도에서 회수율 70-110%, RSD 18% 이하로 제시하고 있다[19]. 따라서 본 연구에 적용된 분석방법은 연구수행에 적합한 것으로 판단된다.

품목별 잔류농약 분석 결과

2021년 12월부터 2022년 8월까지 국내에서 유통된 식·약공용농산물을 수거·검사하여 잔류농약 실태를 조사하였으며, 품목별 검출현황 및 결과는 Table 7과 같다. 7품목 모두 잔류농약이 검출 되었으며 72건 중 42건(58.3%)에서 잔류농약이 검출되었다. 50% 이상의 높은 검출률은 보인 항목은 영지버섯 100%, 구기자 82.4%, 오미자 및 생강

Table 7. Detection rate of pesticides residue in sample

Sample (dried)	Number of samples	Number of detected samples	Detection rate (%)	Number of violated samples	Violation rate (%)
Bokbunja	9	1	11.1	-	-
Goji berry	17	14	82.4	2	11.8
Jujube	16	9	56.3	-	-
Omija	14	10	71.4	1	7.1
Quince	7	1	14.3	-	-
Ginger	7	5	71.4	-	-
Reishi mushroom	2	2	100	2	100
Total	72	42	58.3	5	6.9

71.4%, 대추 56.3%이다. 영지버섯의 경우 100% 검출률을 보였으나 다른 품목에 비해 수거 건수가 총 2건으로 적다는 점에서 영지버섯이 다른 품목에 비해 잔류농약 검출률이 높게 나타내는 품목이라고 해석하기에는 오해의 소지가 있다고 생각되며, 추가적인 잔류농약 모니터링이 필요하다고 판단된다.

총 7품목 중 과일류 5품목은 복분자, 구기자, 대추, 오미자, 모과로 총 63건 중 35건에 대해 잔류농약이 검출되어 55.6% 검출률을 보였다. Yu 등[14]은 식·약공용농산물 복분자, 구기자, 대추, 오미자의 농약 검출률이 58.7%라고 보고했으며, Kim 등[15]은 복분자, 구기자, 대추, 오미자, 모과를 포함한 과일류 및 생강 등의 식·약공용농산물 잔류농약검사를 실시하였을 때 과일류에서만 51.6% 검출률을 보였다고 보고하였다. 이와 같이 건조농산물 과일류의 검출률이 50% 이상 나타났다는 점에서 본 연구 경향이 일치한다. 과일류에서 높은 검출률을 보인 이유는 열매에 직접 농약이 살포된다는 점과 과피의 표면적이 넓다는 점에서 상대적으로 농약이 잔류할 가능성이 높으며 대부분 수확에서부터 소비 기간이 짧기 때문인 것으로 판단된다[15]. 생강의 경우, 총 7건 중 5건이 검출되어 71.4% 검출률을 보였다. 하지만 Kim 등[15]은 식·약공용농산물 중 생강을 포함한 근채류 및 견과종실류에서는 잔류농약이 검출되지 않았다고 보고한 바 있으며, 이러한 검출률 차이는 잔류농약검사 실험방법 및 분석 대상 농약이 다르다는 점에서 기인한다고 판단된다.

농약 성분별 분석 결과

식·약공용농산물은 건조농산물로서 식품의약품안전처 고시 「식품의 기준 및 규격」에 따라 MRLs을 적용시, 개별품목(건조), 소/대분류(건조), 개별품목(생), 소/대분류(생), PLS (0.01mg/kg) 순으로 적용하며, 개별품목(생), 소/대분류(생)의 기준 및 PLS (0.01mg/kg)를 적용하는 경우, 수분함량 보정을 위해 품목별 건조계수를 감안하여 기준을 적용하였다[11,12]. 품목별 건조계수의 값은 Table 5와 같으며, 대추의 건조계수는 2.08-2.67의 값으로 측정한 6품목 중 가장 낮은 값을 나타냈으며, 측정 품목 중 가장 높은 건조계수를 나타낸 품목은 생강이었다.

검출된 농약을 생물학적 작용에 따라 분류하면 Table 8과 같다. 총 43종의 농약이 133회 검출되었고, 그 중 살균제 20종이 75회(56.4%), 살충제 23종이 58회(43.6%)이 검출되었다. 살균제와 살충제가 다수 검출된 것으로 파악

Table 8. Detection frequency by type of pesticide

Classification	Pesticide	Frequency of detection	
		≤ MRL*	> MRL
Fungicide	Azoxystrobin	5	
	Boscalid	2	
	Carbendazim	11	
	Difenoconazole	6	
	Fluazinam	5	
	Fluopyram	1	1
	Flutriafol	2	
	Fluxapyroxad	2	
	Hexaconazole	1	
	Mefentrifluconazole	1	
	Metrafenone	2	
	Myclobutanil	3	
	Penthiopyrad	1	
	Propamocarb	2	
	Propiconazole	1	
	Pyraclostrobin	10	
	Tebuconazole	11	
	Triadimefon	1	
	Trifloxystrobin	6	
	Zoxamide	1	
	Sub total	74	1

Table 8. (Continued) Detection frequency by type of pesticide

Classification	Pesticide	Frequency of detection	
		≤ MRL*	> MRL
Insecticide	Acetamiprid	0	1
	Bifenthrin	2	
	Buprofezin	1	
	Cadusafos	0	1
	Chlorantraniliprole	2	
	Chlorfenapyr	8	
	Chlorfluazuron	1	
	Chlorpyrifos	3	1
	Dinotefuran	5	
	Etofenprox	5	
	Flonicamid	2	
	Flubendiamide	0	2
	Flufenoxuron	2	
	Fluxametamide	2	
	Imidacloprid	3	
	Indoxacarb	2	
	Lufenuron	5	
	Metaflumizone	1	
	Methoxyfenozide	4	
	Phenthoate: PAP	1	
	Spiromesifen	2	
	Tebufenpyrad	1	
	Triazophos	0	1
	Sub total?	53	5
	Total	126	7

MRL*: Maximum residue limits

되었으며, 살균제인 carbendazim, tebuconazole은 각 11회씩 검출되었으며 개별 농약 중에서 가장 빈번하게 검출되었다. Carbendazim은 benzimidazole계 살균제로 benomyl과 thiophanate methyl의 대사산물이며[22], 침투이행 효과를 가지고 있어 과수 및 작물 등에서의 식물병 방제에 사용되고 있다[23]. 침투이행성 농약은 작물체의 잎 또는 뿌리로부터 약제가 흡수되어 주로 작물체 내 분해 및 소실되기까지 잔류기간이 길다고 보고되고 있다[24]. Tebuconazole은 triazole계 살균제로 강한 침투 이행 특성 및 균사의 ergosterol 생합성을 저해하는 작용 기전으로 농작물의 방제효과를 가지고 있다[25,26]. 따라서 다양한 작물에 균 방제로 이용되고 있으며, 특히 tebuconazole은 과실류에 있어서는 각종 곰팡이류 및 잎무늬병에 대한 방제효과가 높아 사용빈도가 높은 것으로 보고되고 있다[27].

Table 9. Detected pesticides exceeding MRLs

Sample (dried)	Pesticide	Conc.	MRL*
		(mg/kg)	
Goji berry	Acetamiprid	0.0831	0.05
	Flubendiamide	0.2436	0.04
Omija	Flubendiamide	0.5531	0.04
	Fluopyram	0.1905	0.04
Reishi mushroom	Cadusafos	0.0473	0.01
	Chlorpyrifos	0.1387	0.01
	Triazophos	0.1201	0.01

MRL*: Maximum residue limits

잔류농약허용기준(MRLs) 초과

농산물 잔류허용기준 이상으로 농약이 검출된 결과는 Table 9와 같으며, 총 3품목 5건으로 구기자 2건에서는 각각 acetamiprid 및 flubendiamide 1회씩, 오미자 1건에서 flubendiamide 1회, fluopyram 1회, 영지버섯 2건에서는 chlorpyrifos 및 triazophos 와 cadusafos이 각각 1회씩 검출되어 총 6.9% 초과율을 보였다. 각 항목들은 각 품목에서 MRLs가 설정되지 않아 0.01 mg/kg을 기준을 적용하였으며, 구기자 및 오미자의 경우 검체마다 건조계수를 고려하여 MRLs 0.04-0.05 mg/kg을 적용하였다.

구기자에서 허용기준을 초과하여 검출된 acetamiprid는 농산물에 발생하는 진딧물류, 총채벌레류 등의 방제에 사용되는 클로르니코티닐계의 침투이행성 살충제이다[28]. 오미자 및 구기자 모두 허용기준을 초과하여 검출된 flubendiamide은 각각 0.2436 mg/kg 및 0.5531 mg/kg이 검출되었으며, 수분함량을 보정한 기준 (0.04 mg/kg) 대비 각각 6배, 14배 높은 잔류량이다. Flubendiamide는 diamide계 살충제로 곤충근육의 Ryanodine receptors (RyRs)에 결합하여 세포내 저장소에서 Ca^{2+}의 방출을 활성화함으로써 근육 마비 및 식욕억제와 같은 행동을 유발하여 궁극적으로 사망에 이르게 한다. 하지만 최근 diamide계 살충제는 나비목 해충에 대하여 저항성 발현이 빠르게 나타나고 있다고 보고되고 있으며, 이에 따른 사용량에 대한 주의가 필요하다[29]. 2021 경기도 농산물 잔류농약 통계연보에서 flubendiamide는 3년 연속(2019-2021년) 부적합 농약 항목으로 보고되었다[30]. 오미자에서 허용기준을 초과하여 검출된 fluopyram은 benzamide계 살균제로 속신산탈수효소의 활성을 억제하여 식물 병원균에 대해 방제효능을 보인다. Fluopyram은 채소류에 주로 발생하는 잿빛곰팡이병에 대해 방제효과가 우수할 뿐만 아니라 일부 저항성 병원균에 대해서도 살균효과를 가진다[31].

영지버섯에서 MRLs을 초과한 잔류농약 항목은 cadusafos, chlorpyrifos, triazophos이었다. Cadusafos는 유기인계 살충제로서 곤충 및 선충류를 표적으로 하며 콜린에스테라아

Table 10. Risk assessment for human health exposure pesticides detected exceeding MRLs

Sample (dried)	Pesticide	Corrected detection conc.[1] (mg/kg)	Food daily intake[2] (g/day)	EDI[3] (mg/kg/day)	ADI[4]	MPI[5] (mg/man/day)	%ADI[6]
Goji berry	Acetamiprid	0.0169	0.005	8.43.E-08	0.071	3.905	1.E-04
	Flubendiamide	0.0551	0.005	5.01.E-09	0.017	0.935	3.E-05
Omija	Fluopyram	0.0440	0.01	4.40.E-07	0.010	0.550	4.E-03
	Flubendiamide	0.1277	0.01	1.28.E-06	0.017	0.935	8.E-03
Reishi mushroom?	Chlorpyrifos	0.1387	0.0001	1.39.E-08	0.026	1.430	5.E-05
	Triazophos	0.1201	0.0001	1.20.E-08	-	-	-
	Cadusafos	0.0473	0.0001	4.73.E-09	0.0004	0.022	1.E-03

[1]Corrected detection pesticide concentration (mg/kg) = Detected pesticide concentration/Drying coefficient.
[2]Food daily intake (g/day): Pollution level monitoring standardization guidelines for each hazardous pollutant.
[3]EDI: Estimated daily intake = Food daily intake (g/day) x Corrected detection pesticide concentration(mg/kg)/1000
[4]ADI: Acceptable daily intake.
[5]Maximum permissible intake = ADI × 55 kg
[6]%ADI(hazard index) = (EDI/ADI) × 100

제의 억제 작용으로 표적물의 신경전달 장애를 주어 과흥분을 유도하여 사망하게 한다[32]. WHO (World health organization)은 cadusafos를 고독성(Class Ib)으로 분류하고 있지만 한국을 포함한 다른 여러 국가는 자주 사용하는 실정이다[33,34]. Chlorpyrifos는 분자구조 내에 3개의 염소원자를 가지고 있어 생물학적 분해가 어렵고 토양입자와 강하게 흡착하여 잔류성이 높다. 유기인계 살충제로서 신경전달물질인 아세틸콜린의 분해효소 활성을 저해한다[35,36].

식물의 경엽으로부터 침투가 쉬우며, 생물학적 분해가 어려워 환경이나 농산물에서 검출되는 경우가 많다고 보고된다[37]. Triazophos는 o, o-diethyl o-1-phenyl-1 H-1, 2, 4-triazol-3-yl phosphorothioate으로 광범위하게 사용되는 유기인계 살충제로서 생태계 먹이사슬을 통한 잔류성에 대한 독성 문제가 우려되고 있다[38].

MRLs을 초과한 항목 모두 해당 작물의 미등록된 농약들로 과일류 및 영지버섯에 대한 모니터링을 통한 지속적인 농약 잔류량 관찰이 필요하다고 판단되며, 농약안전사용기준에 대한 생산자 교육 및 안내가 필요하다고 생각된다. 이를 위해서는 해당 농산물에 대한 생산자 및 생산지를 파악하는 것이 필요한데, 해당 농산물은 건조농산물이라는 점에서 신선농산물과 다르게 파악하는데 어려움이 있었다. 생산자가 신선농산물을 직접 건조하여 판매하지 않고 수집상을 통해 건조가공 및 유통한 경우가 있기 때문이다. 또한 건조농산물은 건조·저장하는 과정에서도 농약이 살포될 수 있기 때문에 MRLs를 초과한 농약 항목이 언제, 어디서 살포되어 잔류된 것인지 원인을 분명하게 하는 것에 대해 어려움이 있을 것으로 생각되며, 이에 따라 건조농산물도 신선농산물처럼 생산이력제를 도입하여 생산자, 유통 및 판매에 대한 제도 개선이 필요하다고 고려된다[39].

건조농산물의 안전성 확보를 위해 신선농산물처럼 잔류농약별 잔류허용기준에 대한 보완 및 추가 설정이 필요하다고 생각된다. 현재 MRLs가 적용되는 건조농산물은 일부이며, 신선농산물 기준에 수분함량을 보정한 건조계수를 적용하는 실정이기 때문에 건조농산물의 MRLs 설정은 사용등록이 되지 않은 농약성분 관리에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 생각된다[39].

국문요약

본 연구에서는 국내에서 유통되는 식·약공용농산물의 잔류농약 실태를 조사하기 위해 7품목 72건 대상으로 잔류농약을 분석했다. 시료는 QuEChERS법으로 전처리한 후 GC-MS/MS, LC-MS/MS를 이용하여 분석했다. 식·약공용농산물 총 7품목 72건 중 42건(58.3%)에서 잔류농약이 검출되었으며, 검출된 농산물은 복분자 1건, 구기자 14건, 대추 9건, 오미자 10건, 모과 1건, 생강 5건, 영지버섯 2건이었다. 그 중 구기자 2건(11.8%), 오미자 1건(7.1%), 영지버섯 2건(100%)에서 잔류농약 허용기준을 초과하여 검출되었다. 검출농약은 43종으로 살균제 20종 75회, 살충제 23종 58회이었으며, 살균제 carbendazim 및 tebuconazole이 각각 11회로 가장 빈번하게 검출되었다. 허용기준을 초과하여 검출된 농약은 acetamiprid, cadusafos, chlorpyrifos, flubendiamide, fluopyram, triazophos으로 모두 잔류농약허용기준이 설정되지 않은 PLS 항목이었다. 결론적으로 잔류농약 검사 건수, 검출률, 검출빈도를 종합적으로 고려해 볼 때 식·약공용농산물에 대한 지속적인 잔류농약 관리가 필요한 것으로 생각된다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Hee-Jeong Choi	https://orcid.org/0000000284714718
Yun-Sung Kim	https://orcid.org/0000000203378469
Sang-Tae Kim	https://orcid.org/0000000283669062
Nan-Joo Park	https://orcid.org/0000000247774949
Yu-Mi Choi	https://orcid.org/0000000178632591
Na-Young Yoo	https://orcid.org/0000000298104953
Yoo-Li Han	https://orcid.org/0000000312357448
Jeong-Hwa Seo	https://orcid.org/0000000177027509
Jong-Sung Son	https://orcid.org/0000-0003-3745-8632
Myoung-Ki Park	https://orcid.org/0000-0002-9056-5499

References

1. National Agricultural Products Quality Management Service, (2022, November, 28), National Agricultural Products Quality Management Service press release. Retrieved from https://gsafefood.tistory.com/237
2. Kim, J.H., Kim, Y.J., Kwon, Y.S., Seo, J.S., Development of multi-residue analysis of 320 pesticides in apple and rice using LC-MS/MS and GC-MS/MS. *Korean J. Pestic. Sci*., **20**, 104-127 (2016).
3. Lee, D.Y., Kim, Y.J., Park, M.H., Lee, S.H., Kim, S.G., Kang, N,J., Kang, K.Y., Establishment of pre-harvest residue limit (PHRL) of fungicides azoxystrobin and difenoconazole on prunus mume fruits. *Korean J. Pestic. Sci.*, **17,** 307-313 (2013).
4. Lee, M.G., Shim, J.H., Ko, S.H., Chung, H.R., Research trends on the development of scientific evidence on the domestic maximum residue limits of pesticides, *Food Sci. Ind*., **43**, 41-66 (2010).
5. Ahn, J.W., Jeon, Y.H., Hwang, J.I., Kim, J.M., Seok, D.R., Lee, E.H., Lee, S.E., Chung, D.W., Kim, J.E., Monitoring of pesticide residues and risk assessment for medicinal plants. *J. Food Hyg. Saf*., **28**, 13-18 (2013).
6. Kim, Y.H., Research on pesticide residue of medicinal agricultural products and liquid tea, etc., Master dissertation, Seoul national university of science and technology, Seoul (2019).
7. National Law Information Center, 2022, The pharmaceutical affairs law, Sejong, Korea, pp 1-64.
8. National Law Information Center, 2019, Regulations for safety and quality control of herbal medicines, Sejong, Korea, pp 1-4.
9. National Institute of Food and Drug Safety Evaluation, (2022, February, 10). Herbal medicine comprehensive information, Retrieved from https://nifds.go.kr/nhmi/hbdc/ofcm/01/page.do
10. National Law Information Center, 2021, Regulations concerning the inspection of imported food, etc. Sejong, Korea, pp 1-7.
11. Ministry of Food and Drug Safety, 2021. Frequently asked questions residues and contaminant, Cheongju, Korea, pp. 26-27
12. Ministry of Food and Drug Safety, 2022. Korean Food Code, Cheongju, Korea.
13. Kim, Y.H., Hong, S.M., Son, K.A., Lee, J.Y., Min, Z.W., Kwon, H.Y., Kim, T.K., Kying, K.S., The analysis of pesticide residue in leafy vegetables using the modified QuEChERS pre-treatment methods. *Korean J. Pestic. Sci*., **16**, 121-130 (2012).
14. Yu, I.S., Park, S.K., Choi, Y.H., Seoung, H.J., Jung, H.J., Han, S.H., Lee, Y.J., Kim, Y.H., Kim, K.S., Han, K.Y., Chae, Y.Z., Monitoring of pesticide residues in dried medicinal plants used for food materials. *J. Food Hyg. Saf.*, **27**, 224-232 (2012).
15. Kim, J.Y., Jang, M.R., Yoon, Y.T., Jo, S.G., Kim, E.H., Shin, J.M., Park, Y.G., Hong, M.S., Lee, S.D., Shin, G.Y., Shin, Y.S., Monitoring of pesticide residues in commonly consumed medicinal agricultural products distributed in seoul. *Korean J. Pestic. Sci.*, **25**, 40-54 (2021).
16. Gergov, M., Nenonen, T., Ojanpera, I., Ketola, R.A., Compensation of matrix effects in a standard addition method for metformin in postmortem blood using liquid Chromatography-Electrospray-Tandem mass spectrometry. *J. Anal. Toxicol.*, **39**, 359-364 (2015).
17. Yoo, N.Y., Kim, K.Y., Kim, Y.S., Kim, S.T., Song, S.H., Lim, J.H., Han, Y.L., Choi, H.J., Kim, Y. H., Seo, J.H., Choi, O.K., Analysis of pesticide residues in stalk and stem vegetables marketed in northern Gyeonggi-do. *J. Food Hyg. Saf*., **37**, 149-158 (2022).
18. Rural Development Administration, 2022, Korean food composition table 9.3th revision, Wanju, Korea.
19. National institute of food and drug safety evaluation, 2016. Guidelines on standard procedures for preparing analysis method, Chenogju, Korea, pp. 10-11.
20. Ministry of Food and Drug Safety, 2017. Analytical practices manual for pesticide residues in foods. 5th edition, Cheongju, Korea, pp. 78-82.
21. Food and Agricultural Organization of the United Nations, 2010. Joint FAO/WHO food standards programme CODEX alimentarius commission, Rome, Italia, pp. 53-54.
22. Park, J.J., Yong, K.C., Jeung, J.A., An extraction method and residues of benzimidazole fungicides in soybean sprouts. *Korean J. Pestic. Sci.*, **4**, 26-31 (2000).
23. Oh, W.Y. Simultaneous analysis of multi-component residual pesticides in agricultural products using QuEChERS method, Master dissertation, Seoul national university of science and technology, Seoul (2012).
24. Kittlaus, S., Schimanke, J., Kempe, G., Speer, K., Assessment of sample cleanup and matrix effects in the pesticide residue analysis of foods using postcolumn infusion in liquid chromatography tandem mass spectrometry. *J. Chromatography. A*., **1218**, 8399-8410 (2011).

25. Lee, S.J., Lee, D.W., Chang, T.H., Sensitivity to fungicides of *typhula incarnata* isolates causing gray snow mold. *Weed Turf. Sci*., **1**, 69-75 (2012).
26. Cho, Y.S., Kang, J.B., Kim, Y.H., Jeong, J.A., Huh, J.W., Lee, S.H., Lim, Y.S., Bae, H.J., Kang, H.G., Lee, J.H., Jung, E.S., Lee, B.H., Park, Y.B., Lee, J.B., A survey on pesticide residues of imported fruits circulated in Gyeonggido. *Korean Soc. Pestic. Sci*., **16**, 195-201 (2012).
27. Han, S.S., Lo, S.C., Ma, S.Y., Effect of some variation factors on dissipation of tebuconazole in grape. *Korean J. Environ. Agric*., **23**, 142-147 (2004).
28. Kim, J.W., Lee, J.M., Lee, D.S., Kang, S.T., Kim, D.W., Lee, D.S., Riu, K.Z., Boo, K.H., Residual characteristics of insecticide acetamiprid in asparagus under greenhouse condition. *Korean J. Pestic. Sci*., **19**, 204-209 (2015).
29. Cho, S.R., Kyung, Y.J., Shin, S.E., Kang, W.J., Jung, D.H., Lee, S.J., Park, G.H., Kim, S.I., Cho, S.W., Kim, H.K., Koo, H.N., Kim, G.H., Susceptibility of field populations of *Plutella xylostella* and *Spodoptera exigua* to four diamide insecticides. *Korean J. Appl. Entomol*., **57**, 43-50 (2018).
30. Gyeonggi Provincial Health and Environment Research Institute, 2022, 2021 Gyeonggi-do Agricultural Products Residual Pesticide Statistical Yearbook, Suwon, pp. 17-18.
31. Kim, Y.E., Yoon, J.H., Lim, D.J., Kim, S.W., Cho, H.J., Shin, B.G., Kim, H.Y., Kim, I.S., Plant back interval of fluopyram based on primary crop-derived soil and bare soil residues for rotational cultivation of radish. *Korean J. Environ. Agric*., **40**, 99-107 (2021).
32. Hong, S.M., Jung, C.E., Susceptibility of soil insecticides to small hive beetle, *Aethina tumida* murray(Coleoptera: Nitidulidae), a invasive alien pest of honeybee. *J. Apic*., **33**, 149-155 (2018).
33. Ahn, J.H., Lee, S.A., Kim, S.J., You, J.H., Han, B.H., Weon, H.Y., Lee, S.W., Biodegradation of organophosphourus insecticides with P-S bonds by two *Sphingobium* sp. strains. *Int. Biodeterior. Biodegradation*., **132**, 59-65 (2018).
34. Bouterfas, M., Fadlaoui, S., Chafik, Z., Elhalouani, H., Melhaoui, M., and Chafi, A., Evaluation of farmers' phytosanitary practices in the plain of triffa (eastern morocco), identification and evaluation of saintary and environmental risks. *Moroccan J. Chem*., **8**, 345-358 (2020).
35. Kim, D.H., Choi, C.L., Kim, T.H., Park. M., Kim, J.E., Degradation patterns of orgaonophosphours insecticide, chlorpyrifos by functionalized zerovalent iron. *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem*., **50**, 321-326 (2007).
36. Son, J.H., Oh, M.S., Moon, S.A., Kim, H.T., Lee, C.H., Ryu, J.E., Kim, A.R., Kim, J.W., Choi, O.K., A safety survey on pesticide residues in green coffee beans. *Korean J. Food Preserv*., **28**, 598-611 (2021).
37. Jo, S.A., Kim, E.H., Kim K.S., Kim, J.H., Park, S.G., Change of the concentration of pesticides residues in pepper powder by storage temperature and storage period. *Korean J. Pestic. Sci*., **13**, 127-132 (2009).
38. Lin, K.D., Yuan, D.X., Degradation kinetics and products of triazophos in intertidal sediment. *J. Env. Sci*., **17**, 933-936 (2005).
39. Gang, G.R., Mun, S.J., Yang, Y.S., Lee, S.M., Choi, E.N., Ha, D.R., Kim, E.S., Cho, B.S., Monitoring of pesticide residues on dried agricultural products. *Korean J. Pestic. Sci*., **21**, 49-61 (2017).