

## 경기 북부 내 직거래 농산물의 잔류농약 실태조사 및 위해성 평가

임정화\* · 박포현 · 임부건 · 유경신 · 강민성 · 송서현 · 강남희 · 유나영 · 김정은  
강충원 · 김운호 · 서정화 · 최옥경 · 윤미혜

경기도보건환경연구원 농수산물검사부 구리농수산물검사소

### Monitoring and Risk Assessment of Pesticide Residues Farmers' Market Produce in Northern Gyeonggi-do

Jeong-Hwa Lim\*, Po-Hyun Park, Bu-Geon Lim, Kyong-Shin Ryu, Min-Seong Kang, Seo-Hyeon Song, Nam-Hee Kang, Na-Young Yoo, Jeong-Eun Kim, Choong-Won Kang, Youn-Ho Kim, Jeong-Hwa Seo, Ok-Kyung Choi, Mi-Hye Yoon  
*Guri Agricultural and Fishery Products Inspection Center,  
Gyeonggi Province Institute of Health and Environment, Guri, Korea*

(Received March 11, 2020/Revised April 1, 2020/Accepted June 1, 2020)

**ABSTRACT** - In this study, we investigated pesticide residues in 207 agricultural products distributed by direct trade in the northern area of Gyeonggi Province. A total of 94 general agricultural products and 113 eco-friendly agricultural products collected from local grocers and cooperative stores were analyzed by multiresidue method for 263 pesticides using GC (gas chromatography)/ECD (electron capture detector), GC/NPD (nitrogen phosphorus detector), GC-MS/MS (tandem mass spectrometry), LC (liquid chromatography)/PDA (photodiode array detector), LC/FLD (fluorescence detector), LC-MS/MS. All samples showing pesticide residues were general agricultural products collected from local food stores. The pesticide residue levels of 14 samples (6.8%) were below the maximum residue limits (MRLs) and one of them (0.5%) exceeded the MRLs. Sixteen pesticides were detected from samples of the following produce items: spinach, young cabbage, perilla leaves, mallow, cucumber, chives and water dropwort. The safety of the detected pesticides was assessed by monitoring the daily intake estimate (EDI) and the daily intake allowance (ADI) based on the amount of pesticides detected. The ADI percentage range (the ratio of EDI to ADI) was 0.0134-61.6259% and there was no health risk connected with consuming agricultural products in which pesticide residues were detected.

**Key words** : Northern area of Gyeonggi-do, Pesticide residues, Agricultural products, Direct trading stores

급격한 경제성장과 더불어 농업 분야에서도 기술발달을 이루어 농산물의 광역적 유통과 대량 생산이 가능해졌고 이를 통해 전국적인 농산물 유통체계가 형성되었다. 농산물 생산지 주변에서 이루어지던 소비가 광역화된 유통 시스템에 따라 생산자에서 도매상, 중간도매상, 소매상, 소비자와 같이 여러 단계로 유통되기 시작했다<sup>1)</sup>.

복잡하고 광역화된 유통시스템은 생산자와 소비자의 물리적·사회적 거리를 확대시켜 지역 생산자에게는 경제적

어려움을, 소비자에게는 농산물에 대한 불안감을 안겨주게 되었다. 이러한 농산물 유통체계의 문제에 대한 대응책으로 등장하고 있는 것이 농산물 직거래 유통이다<sup>2,4)</sup>.

농산물 직거래 방식 중 하나인 로컬푸드 시스템에 대한 관심은 최근 들어 계속 증가하고 있다. 로컬푸드는 미국, 유럽, 일본 등에서 시작된 먹거리운동으로 지역에서 생산된 농산물을 농민과 소비자간 직접 거래하는 방식이며 우리나라는 2008년 전라북도 완주군에서 최초로 로컬푸드를 정책적으로 도입한 후 점차 전국적으로 확산되었다. 특히 경기도는 도시형 로컬푸드의 활성화를 위해 로컬푸드 직매장을 확대하고 있으며 관련 사업 규모도 증가하고 있는 추세이다<sup>5)</sup>.

또 다른 농산물 직거래 방식으로는 소비자생활협동조합(이하 생협)이 있다. 생협은 생산자와 소비자가 농산물의

\*Correspondence to: Jeong-Hwa Lim, Guri Agricultural and Fishery Products Inspection Center, Agricultural and Fishery Products Inspection Department, Gyeonggi province Institute of Health and Environment, Guri 11916, Korea  
Tel: Tel: +82-31-290-6625, Fax: +82-31-569-0212  
E-mail: [jhlim@gg.go.kr](mailto:jhlim@gg.go.kr)

계약재배를 통해 친환경 먹거리를 직거래하는 형태이다. 2008년 광우병, 멜라민 파동과 2010년 배추 가격 폭등 이후 생협에 대한 인지도가 높아졌고 도시의 대규모 인구밀집 지역으로 매장 수가 증가하여 생협을 통한 농산물의 직거래가 확대되고 있다<sup>6)</sup>.

한편 농산물의 대량생산과 병충해 방제를 위한 농약의 무분별한 사용과 해외유입 농산물의 증가는 농산물 안전성에 대한 소비자의 불안감을 가중시키고 있다. 이를 위해 정부는 농산물의 안전성을 강화하는 조치를 지속적으로 추진하고 잔류농약허용기준(MRLs, Maximum Residues Limits) 및 농약안전사용 기준을 설정하여 관리하고 있다<sup>7)</sup>. 각 국가별로 재배 환경과 발생 병충해에 따라 서로 다른 농약 방제 종류와 양을 사용하고 있고 이에 따른 다른 기준이 설정되어 있는데 우리나라에서는 식품의약품안전처의 「식품의 기준 및 규격」과 농촌진흥청의 「농약 등의 안전사용기준」이 있다. 국가별로 서로 다른 기준을 적용하는 것이 농산물 안전성 관리에 문제를 야기할 수 있으므로 자국의 농산물안전성 확보를 위해 기준이 설정되지 않은 농약이 0.01 mg/kg 이상 잔류하는 농산물의 판매 등을 금지하는 positive list, 불검출을 원칙으로 하는 zero tolerance 등을 도입하여 농산물의 안전성을 확보하고 있다<sup>8)</sup>. 외국 농산물의 수입이 많은 우리나라도 2019년 1월 1일부터 모든 농산물에 농약허용물질목록 관리제도(PLS, Positive List System)가 시행되었다<sup>9)</sup>. PLS 시행에 따라 농작물에 직접적인 농약 살포가 아니더라도 생산자의 관리 부주의, 비산오염, 교차오염, 토양오염 등을 통해 잔류농약이 검출될 가능성을 배제할 수 없을 것이다.

정부기관 및 관련 민간기관에서는 도매시장의 경매농산물이나 시장과 마트에서 유통되는 농산물 등 일반 소비자들의 먹거리로 사용되는 농산물에 대한 생산·유통 과정에서 지속적인 잔류농약 검사가 이루어지고 있지만<sup>10)</sup> 로컬푸드 매장이거나 생협 등에서 판매되는 직거래 농산물에 대한 잔류농약 모니터링은 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 경기도 북부 지역에 유통되고 있는 직거래 농산물에 대한 잔류농약 실태 조사를 하여 소비자들의 불안감을 해소하고, 안전성 평가자료 및 잔류농약에 대한 기초자료를 제공하고자 한다.

## Materials and Methods

### 실험재료

본 연구에 사용된 농산물은 2019년 1월부터 9월까지 경기 북부(고양시, 의정부시, 남양주시, 구리시, 파주시, 포천시, 연천시, 양주시) 지역 로컬푸드 매장과 생활협동조합 매장에서 유통되는 농산물 중 다소비 채소류 207건을 대상으로 하였으며, 그 중 일반농산물은 94건, 친환경농산물은 113건으로 Table 1에 시료 수를 나타내었다. 이 중 엽채류는 88건, 엽경채류는 36건, 근채류는 28건, 박과 과채류는 26건, 결구 엽채류는 17건, 박과 이외 과채류는 12건을 수거하여 분석하였다.

### 분석대상 농약 및 시약

분석대상 농약은 경기도보건환경연구원 농수산물검사부의 분석항목인 263종(2018년 기준, GC 분석: 189항목, LC

**Table 1.** The number of samples collected for the monitoring of pesticides residues

Sampling area	No. of samples			
	Total	Non-certified	Eco-friendly certified	
Local food store (47.80%)	Goyang	48	45	3
	Namyangju	18	16	2
	Paju	10	10	0
	Yeoncheon	13	13	0
	Pocheon	10	10	0
	Subtotal	99	94	5
Cooperative store (52.20%)	Guri	44	0	44
	Goyang	28	0	28
	Namyangju	10	0	10
	Uijeongbu	10	0	10
	Paju	10	0	10
	Yangju	6	0	6
Subtotal	108	0	108	
Total	207	94	113	

분석: 74항목)으로 농약 표준물질은 Kemidas (Suwon, Korea) 제품을 사용하였다.

잔류농약 분석에 사용된 시약은 Honeywell (Charlotte, NC, USA)의 acetonitrile과 dichloromethane을 사용하고, Wako (Osaka, Japan)의 acetone, hexane, methanol 및 Junsei (Tokyo, Japan)의 sodium chloride, anhydrous sodium sulfate 등을 사용하였고, 그 외 시약들은 잔류농약 분석용 및 GR급을 사용하였다. 정제용 고체상 추출(SPE, solid phase extraction) 카트리지는 Agilent Technologies (Santa Clara, CA, USA)의 florasil cartridge (1 g, 6 mL)와 amino-propyl cartridge (1 g, 6 mL)를 사용하였다.

### 잔류농약 분석방법

시료의 전처리는 식품공전(7.1.2.2)의 다중농약 다성분 분석법(multi class pesticide multiresidue methods) 제2법에 따라 분석하였다<sup>11)</sup>. 농산물의 가식부위 1 kg을 시료분쇄기 (Robot coupe, Ridgeland, MS, USA)로 분쇄하여 약 50 g을 취하여 acetonitrile 100 mL를 가하고 균질기(OMNI, Kennesaw, GA, USA)를 이용하여 4,000 rpm으로 3분간 고속 마쇄한 후 여과하였다. 여액은 sodium chloride 15 g이 담긴 분액깔때기에 넣어 1분간 심하게 흔들여 층 분리시키고 acetonitrile층(상층)을 20 mL 취하여 40°C 이하 수욕 상에서 질소 농축하였다.

GC분석용은 hexane 5 mL과 20% acetone/hexane 5 mL로 활성화한 florasil cartridge (SPE)에 20% acetone/hexane 4 mL에 녹인 시료액을 주입한 후 용출시켜 시험관에 받았다. 다시 20% acetone/hexane 5 mL로 동일 시험관에 용출하였고 40°C 이하 수욕 상에서 2차 질소 농축하였다. 용매가 완전히 제거된 시료를 20% acetone/hexane 4 mL로 용해 후 0.2 µm PTFE filter (Whatman, Kent, UK)로 여과하여 시험 용액으로 사용하였다.

LC분석용은 dichloromethane 5 mL와 1% methanol/dichloromethane 4 mL로 amino-propyl (NH<sub>2</sub>) cartridge를 미리 활성화 하였고 농축된 시료액을 1% methanol/dichloromethane 4 mL에 녹여 cartridge에 주입하여 용출시켰다. 다시 1% methanol/dichloromethane 7 mL로 같은 시험관에 용출하여 40°C 수욕상에서 2차 질소 농축하였다. 용매가 완전히 제거된 시험관에 methanol 4 mL을 넣어 용해 후 0.2 µm PTFE filter (Whatman, Kent, UK)로 여과하여 시험 용액으로 사용하였다.

GC 분석은 Agilent Technologies (Santa Clara, CA, USA)의 Gas chromatography (7890A) 장비로 유기염소계 농약은 전자포획(ECD) 검출기와 유기인계 농약은 질소인(NPD) 검출기로 분석하고 Themofisher (Waltham, MA, USA)의 GC-MS/MS로 성분 확인하였다. LC 분석은 Waters (Milford, MA, USA)의 LC/PDA와 LC/FLD을 사용하여 benzoylurea계 농약과 carbamate계 농약은 분석하였고 검출된 시료는 AB Sciex (Framingham, MA, USA)의 LC-MS/MS로 성분 확인과 정량 분석하였고 기기 분석조건은 Table 2 및 Table 3과 같다.

### 농약잔류허용기준 적용방법

농산물에 잔류한 농약에 대하여 「식품의 기준 및 규격」에 따라 개별 기준과 공통 기준을 적용하고 별도로 잔류허용기준을 정하지 않는 경우 0.01 mg/kg이하를 적용하였다.

### 회수율 및 검출한계

다중농약 다성분 시험법의 검증을 위해 식품공전 잔류농약 분석법 실무 해설서에 따라 잔류농약이 검출된 16항목 농약의 표준물질을 정량한계의 10배 및 100배 농도로 각각 3반복 처리하여 측정하였다<sup>12)</sup>. 분석시험법의 검출한

**Table 2.** Analytical condition of GC/ECD, GC/NPD and GC-MS/MS

Instrument	GC/ECD			GC/NPD			GC-MS/MS		
Injection mode	split(1:2), Inj. vol. : 1 µL temp. 270°C			splitless, Inj. vol. : 1 µL temp. 260°C			splitless, Inj. vol. : 1 µL temp. 270°C		
Column	DB-5 (30 m×0.25 mm, 0.25 µm) flow rate, 1.0 mL/min			DB-5 (30 m×0.25 mm, 0.25 µm) flow rate, 1.0 mL/min			TG-5 (30 m×0.25 mm, 0.25 µm) flow rate, 1.0 mL/min		
Oven temp.	°C/min	next	hold	°C/min	next	hold	°C/min	next	hold
	initial	150	1	initial	130	1	initial	70	3
	5	200	3	8	180	1	15	160	0
	3	230	3	4	210	3	5	300	3
	25	280	20	10	300	7			
Detector temp.	300°C			320°C			Transfer line : 280°C Source temp. : 280°C		

**Table 3.** Analytical condition of UPLC/PDA, HPLC/FLD, and LC-MS/MS

Instrument	UPLC/PDA			HPLC/FLD			LC-MS/MS		
Column	BEH C <sub>18</sub> (2.1×100 mm, 1.7 μm)			Carbamate (3.9×150 mm, 5.0 μm)			CAPCELL Core (2.1×150 μm, 2.7 μm)		
Detector	254 nm			Ex : 340 nm, Em : 455 nm			MSD (MRM)		
Flow rate	0.4 mL/min			1.0 mL/min			0.3 mL/min		
Injection vol.	2 μL			4 μL			2 μL		
Mobile phase	Time	A(%)	B(%)	Time	A(%)	B(%)	Time	A(%)	B(%)
	0	85	15	0	40	60	0	95	5
	1	85	15	2.5	40	60	1	95	5
	3	70	30	3	50	50	1.5	70	30
	5	55	45	10	70	30	12	2	98
	7	40	60	10.5	70	30	16	2	98
	8.5	10	90	11.5	80	20	16.1	95	5
	9.5	-	100	12	40	60	20	95	5
	10	-	100						
	12	85	15						
	A = 15% ACN			A = Water : MeOH : ACN = 2 : 4 : 4			A = 0.05% formic acid 5 mM Ammonium formate/Water		
	B = 100% ACN			B = 12% MeOH			B = 0.05% formic acid 5 mM Ammonium formate/MeOH		

계(limit of detection; LOD)와 정량한계(limit of quantification; LOQ)는 ICH (International Conference on Harmonization)에서 제시한 아래 산출방법에 따라 구하였다<sup>13)</sup>.

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

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

δ: The standard deviation of the response

S: The slope of the calibration curve

### 위해성 평가

농산물에서 검출된 농약의 위해성 평가는 잔류농약 검출량을 바탕으로 일일섭취추정량(estimated daily intake : EDI)과 농약의 일일섭취허용량(acceptable daily intake : ADI)을 이용하여 %ADI를 산출하여 평가하였으며, 산출식은 아래와 같다. 그리고 농약의 일일최대섭취허용량(maximum permissible intake: MPI)은 일일섭취허용량(ADI)에 한국인 평균 체중인 65 kg을 곱하여 산출하였다<sup>14,16)</sup>.

$$\text{EDI} = \text{농약검출량(mg/kg)} \times \text{일일식품섭취량 (g/day)}/1,000$$

$$\text{MPI} = \text{ADI} \times 65 \text{ kg}$$

$$\% \text{ADI(Hazard index)} = (\text{EDI}/\text{ADI}) \times 100$$

$$\% \text{MPI} = (\text{EDI}/\text{MPI}) \times 100$$

## Results and Discussion

### 회수율 및 검출한계

시험법 검증을 위하여 직거래 농산물 207건의 잔류농약 검사에서 검출된 16종의 농약을 대상으로 GC/ECD로는 3종의 농약(chlorpyrifos, procymidone, cypermethrin), GC/NPD로는 1종의 농약(chlorfenapyr), 그 외 12종의 농약은 LC항목들로 이들의 회수율 및 검출한계, 정량한계 실험을 수행하였으며 그 결과는 Table 4와 같다. 각 농약에 대한 회수율은 LOQ의 10배를 처리한 경우 80.4-103.7%, 상대표준편차(Relative Standard Deviation, RSD%)는 0.6-11.5% 이고 LOQ의 100배를 처리한 경우 84.0-108.8%, 상대표준편차(Relative Standard Deviation, RSD%)는 0.4-9.2%, 검출한계는 0.0003-0.0118 mg/kg, 정량한계는 0.0010-0.0359 mg/kg, 검량선의 결정계수(R<sup>2</sup>)는 0.9954-1.000로 분석되었다.

유럽연합(European Union, EU)과 국제연합식량농업기구(Union National Food and Agriculture Organization, FAO)의 회수율과 상대표준편차의 기준은 70-120%와 20% 이내이며<sup>17)</sup>, 미국 식품의약국(Food and Drug Administration, FDA)의 적합한 회수율 범위는 80-110%이다<sup>18)</sup>. 우리나라는 회수율 70-120%, 상대표준편차 20% 이하이다<sup>19)</sup>. 따라서 본 실험은 적절한 분석법으로 시행한 것으로 판단되었다.

**Table 4.** Recovery, LOD and LOQ of detected pesticides

No.	Pesticides	Concentration (mg/kg)	Recovery (%)	LOD <sup>1)</sup> (mg/kg)	LOQ <sup>2)</sup> (mg/kg)	Coefficient of determination (R <sup>2</sup> )
1	Chlorpyrifos	0.05	80.4±0.6	0.0017	0.0051	0.9996
		0.5	90.9±0.4			
2	Procymidone	0.05	101.0±2.5	0.0016	0.0048	0.9954
		0.5	99.5±0.4			
3	Cypermethrin	0.1	98.3±2.4	0.0032	0.0097	0.9978
		1.0	97.7±1.0			
4	Chlorfenapyr	0.4	96.3±1.5	0.0118	0.0359	1.0000
		4.0	91.6±0.7			
5	Azoxystrobin	0.02	87.5±9.1	0.0006	0.0019	0.9960
		0.2	90.1±2.1			
6	Boscalid	0.02	98.4±0.9	0.0007	0.0022	1.0000
		0.2	84.0±0.9			
7	Cyazofamid	0.08	89.0±9.0	0.0027	0.0082	0.9987
		0.8	100.5±1.8			
8	Chlorantraniliprole	0.02	90.5±9.1	0.0008	0.0023	0.9988
		0.2	93.8±2.1			
9	Dimethomorph	0.01	94.2±0.9	0.0003	0.0010	0.9999
		0.1	108.8±1.8			
10	Flubendiamide	0.01	92.2±8.8	0.0005	0.0014	0.9999
		0.1	85.8±3.5			
11	Flufenoxuron	0.03	96.1±4.0	0.0010	0.0030	0.9999
		0.3	108.2±6.7			
12	Fluquinconazole	0.03	103.7±1.2	0.0010	0.0032	1.0000
		0.3	95.5±3.0			
13	Lufenuron	0.06	95.9±7.8	0.0030	0.0059	0.9998
		0.6	105.1±9.2			
14	Methabenzthiazuron	0.03	97.2±1.2	0.0009	0.0029	0.9985
		0.3	108.4±2.2			
15	Pyraclostrobin	0.05	92.0±2.8	0.0017	0.0052	0.9975
		0.5	102.3±2.1			
16	Trifloxystrobin	0.03	96.0±11.5	0.0010	0.0032	0.9981
		0.3	97.6±3.2			

<sup>1)</sup>Limit of detection.

<sup>2)</sup>Limit of quantification.

### 잔류농약 분석결과

경기도 북부에서 유통되고 있는 직거래 농산물 207건 (엽채류 88건, 엽경채류 36건, 근채류 28건, 박과 과채류 26건, 결구 엽채류 17건, 박과 이외 과채류 12건)을 수거하여 잔류농약 검사를 실시한 결과는 Table 5와 같다. 잔류농약이 검출된 농산물은 로컬푸드 매장에서 수거한 일반 농산물 14건이며 친환경농산물에서는 농약 검출이 없었다. 엽

채류는 88건 중에 8건(9.1%), 엽경채류는 36건 중에 2건 (5.6%), 박과 과채류는 26건 중에 4건(15.4%)이 검출되었다. 잔류농약 허용기준을 초과하는 시료는 엽경채류 1건으로 전체 분석시료의 0.5%를 나타냈다.

Table 6와 같이 품목별로는 엽채류는 시금치 3건, 알갈이 2건, 깻잎 2건, 아욱 1건이며, 박과 과채류는 오이 4건, 엽경채류는 부추 1건에서 잔류농약이 검출되었고 미

**Table 5.** Results of pesticides in agricultural products

Group	No. of samples	No. of detected	No. of violated
Leafy vegetables	88	8	0
Stalk and stem vegetables	36	2	1
Root and tuber vegetables	28	0	0
Fruiting vegetables, cucurbits	26	4	0
Flowerhead brassicas	17	0	0
Fruiting vegetables (except Cucurbits)	12	0	0
Total	207	14	1

**Table 6.** List of pesticides detected from vegetables

Vegetables	Pesticide detected	Conc. of detection (mg/kg)	MRL <sup>1)</sup> (mg/kg)
Spinach	Azoxystrobin	0.3673	20
Spinach	Cyazofamid	0.3803	3.0
Spinach	Azoxystrobin	0.1304	20
Young cabbage	Chlorantraniliprole	0.0398	3.0
	Chlorpyrifos	0.0972	0.2
	Lufenuron	0.0422	1.0
Young cabbage	Flubendiamide	0.2847	3.0
	Fluquinconazole	0.0116	0.01
Perilla leaves	Methabenzthiazuron	0.0098	0.01
	Flufenoxuron	0.6269	10
Perilla leaves	Cypermethrin	0.2659	15
Mallow	Trifloxystrobin	0.0376	20
Cucumber	Dimethomorph	0.0171	0.7
Cucumber	Procymidone	0.0413	2.0
Cucumber	Azoxystrobin	0.0117	0.5
Cucumber	Boscalid	0.0729	0.3
Water dropwort	Flubendiamide	10.6902	5.0
	Chlorantraniliprole	0.6743	0.7
Chives	Pyraclostrobin	0.1701	3.0
	Chlorfenapyr	0.2572	3.0

<sup>1)</sup>MRL: Maximum residue level.

나리는 1건이 잔류농약허용기준을 초과하였다.

본 연구에서 검출된 농약 성분은 총 263종 중 azoxystrobin 등 16종의 농약이 19회 검출되었다. 시금치, 오이 등에서 검출 빈도가 3회인 azoxystrobin은 strobilurin 계열의 저독성, 어독성급II 약제로 폭넓은 살균력을 가지며 저농도에서도 뛰어난 살균력을 나타내는 농약성분이다<sup>20)</sup>. 또한 하나의 농산물에서 2종 이상의 농약이 검출되기도 하였는데

얼같이 1개 시료에서 chlorantraniliprole, chlorpyrifos, lufenuron 3가지 농약이 동시에 검출되고, 다른 얼같이 flubendiamide, fluquinconazole, methabenzthiazuron 3가지 농약이 동시에 검출되었다. 하나의 시료에서 여러 농약이 동시에 검출되는 주된 이유는 요즘 많이 사용되고 있는 혼합제 농약에 기인한 것으로 보인다. 그 중 얼같이 1건에서 동시 검출된 fluquinconazole과 methabenzthiazuron은 얼같이 개별기준이나 엽채류 공통기준이 없어 PLS 기준으로 0.01 mg/kg이 적용되었고 fluquinconazole은 0.0116 mg/kg, methabenzthiazuron은 0.0098 mg/kg 으로 기준 이내로 검출되었다. 검출된 농약성분들 중 lufenuron은 benzylphenylurea 계열로 곤충의 chitin 합성을 저해하는 저독성 살충제이고<sup>21)</sup> chlorpyrifos는 곤충의 acetylcholinesterase 활성을 저해하는 전형적인 유기인계 살충제로서 과수 및 채소류 등 다양한 작물에서 널리 사용되고 있다<sup>22)</sup>.

오이는 4개의 시료에서 procymidone과 dimethomorph, azoxystrobin, boscalid 등 살균제 성분이 각각 1개씩 검출되었으며 이들은 오이에 사용 가능한 농약 기준 이내로 검출되었다. 오이는 생육 과정 중에 부적절한 통풍과 습도로 인하여 노균병이나 흰가루병, 잿빛곰팡이병 등 곰팡이 병해가 발생할 수 있어 이들 살균제가 사용되어 검출된 것으로 추정된다<sup>23)</sup>. 오이에서 검출된 procymidone은 다양한 농산물에서 널리 사용되는 dicarboximide계 살균제로서 물리화학적으로 빛과 열, 습기에 안정하고 토양환경에서 흡착량이 높고 살포된 환경 내에서 분해가 서서히 진행되어 약제의 소실 정도가 느린 특징으로 인하여 작물에 잔류성이 높아 농산물에서 높은 빈도로 검출되는 농약으로 알려져 있다<sup>24)</sup>.

### 잔류허용기준 초과

국내 잔류허용기준(MRL)을 초과한 농산물은 수거 농산물 중 1건(0.5%)으로 미나리에서 flubendiamide가 허용기준 5.0 mg/kg을 2배 초과하여 10.7 mg/kg 검출되었다. 잔류농약 허용기준이 초과된 flubendiamide 외에도 살충제 성분인 chlorantraniliprole과 살균제 성분인 pyraclostrobin 성분이 검출되었다. 세 가지 농약 성분 모두 미나리 품목에 대한 개별기준은 없고 엽경채류의 공통 기준으로 flubendiamide는 5.0 mg/kg 이하, chlorantraniliprole은 0.7 mg/kg 이하, pyraclostrobin은 3.0 mg/kg 이하로 적용되었고 미나리에서는 10.6902 mg/kg, 0.6743 mg/kg, 0.1701 mg/kg이 각각 검출되었다. 검출된 농약들 미나리 개별기준이 아닌 엽경채류의 공통 기준이 적용된 것으로 생산자의 농약의 직접 살포 외에도 외부에 의한 교차오염 가능성도 배제할 수 없다고 추정된다.

미나리에서 검출된 flubendiamide과 chlorantraniliprole은 diamide계열 살충제로서 ryanodine receptors (RyRs) 조절제로서 ryanodine receptors (RyRs)에 작용하는 걸로 알려져 있으며 딱정벌레목, 노린재목과 같은 곤충에 살충활성을 보이

**Table 7.** Risk assessment for human health exposure pesticides detected in vegetables

Vegetables	Pesticide detected	Conc. of detection (mg/kg)	Food daily intake <sup>1)</sup> (g)	ADI <sup>2)</sup> (mg/kg/day)	EDI <sup>3)</sup> (mg/day)	MPI <sup>4)</sup> (mg/man/day)	%ADI <sup>5)</sup>	%MPI <sup>6)</sup>
Spinach	Azoxystrobin	0.3673	6.38	0.2	0.002343	13.000	1.1717	0.0180
	Cyazofamid	0.3803	6.38	0.17	0.002426	11.050	1.4272	0.0220
	Azoxystrobin	0.1304	6.38	0.2	0.000832	13.000	0.4160	0.0064
Young cabbage	Chlorantraniliprole	0.0398	6.75	2	0.000269	130.000	0.0134	0.0002
	Chlorpyrifos	0.0972	6.75	0.01	0.000656	0.650	6.5610	0.1009
	Lufenuron	0.0422	6.75	0.015	0.000285	0.975	1.8990	0.0292
	Flubendiamide	0.2847	6.75	0.017	0.001922	1.105	11.3043	0.1739
	Fluquinconazole	0.0116	6.75	0.002	0.000078	0.130	3.9150	0.0602
Perilla leaves	Flufenoxuron	0.6269	2.54	0.037	0.001592	2.405	4.3036	0.0662
	Cypermethrin	0.2659	2.54	0.02	0.000675	1.300	3.3769	0.0520
Mallow	Trifloxystrobin	0.0376	0.39	0.05	0.000015	3.250	0.0293	0.0005
Cucumber	Dimethomorph	0.0171	14.53	0.2	0.000248	13.000	0.1242	0.0019
	Procymidone	0.0413	14.53	0.1	0.000600	6.500	0.6001	0.0092
	Azoxystrobin	0.0117	14.53	0.2	0.000170	13.000	0.0850	0.0013
	Boscalid	0.0729	14.53	0.044	0.001059	2.860	2.4074	0.0370
Water dropwort	Flubendiamide	10.6902	0.98	0.017	0.010476	1.105	61.6259	0.9481
	Chlorantraniliprole	0.6743	0.98	2	0.000661	130.000	0.0330	0.0005
	Pyraclostrobin	0.1701	0.98	0.03	0.000167	1.950	0.5557	0.0085
Chives	Chlorfenapyr	0.2572	3.18	0.026	0.000818	1.690	3.1458	0.0484

<sup>1)</sup>Food daily intake (g) : 2017 Korean national health and nutrition examination survey.

<sup>2)</sup>Acceptable daily intake.

<sup>3)</sup>Estimated daily intake = Residual concentration (mg/kg) × food daily intake/1000.

<sup>4)</sup>Maximum permissible intake = ADI × 65 kg.

<sup>5)</sup>% of ADI (hazard index) = (EDI/ADI) × 100.

<sup>6)</sup>% of Maximum permissible intake = (EDI/MPI) × 100.

지만 포유동물에는 저독성을 보인다<sup>25-26)</sup>. Pyraclostrobin은 strobilurin계 살균제로서 병원균의 미토콘드리아에서 전자 전달을 저해하여 병원균을 사멸시키는 작용을 하는 것으로 알려져 있으며 녹병, 흰가루병, 곰팡이병 등 다양한 식물병원균의 방제에 이용되고 있다<sup>27)</sup>.

### 위해성 평가 결과

농약이 검출된 농산물을 소비자가 섭취하였을 때의 위해성을 알아보기 위해 안전성 평가를 하였다(Table 7). 검출된 농약이 잔류하는 해당 농산물을 섭취하였을 때의 위해성을 %ADI로 살펴보면 미나리에서 검출된 flubendiamide의 %ADI가 61.6259%로 가장 높았으며, 다음으로 얼갈이배추에서 검출된 flubendiamide가 11.3043%를 나타냈다. 이는 %ADI (hazard index)가 100%를 넘었을 때 위해하다고 판단되므로<sup>28)</sup>, 본 연구에서 검출된 각각의 잔류농약 성분의 검출치의 분석 결과는 0.0134-61.6259%의 범위로 나타나 비교적 안전하였다. 또한 세척을 통해 농산물의 농약 잔류량을 크게 줄일 수 있으며<sup>29)</sup>, 조리 과정을 통해 농

약이 대부분 제거되므로<sup>30)</sup> 실제 농약의 위해성은 더 낮아질 것으로 예상된다. 다만, 실제 소비자의 기호에 따라 농산물의 섭취량이 달라질 수 있기 때문에 농산물 전반에 걸친 지속적인 모니터링과 관리가 필요할 것으로 사료된다.

### 국문요약

경기 북부 내 직거래 매장에서 유통 되는 농산물 207건을 수거하여 잔류농약의 실태를 조사하였다. 로컬푸드와 소비자생활협동조합(생협) 매장을 대상으로 일반농산물 94건, 친환경농산물 113건의 다소비 채소류를 수거하여 다중농약다성분 분석법으로 GC/ECD, GC/NPD, GC-MS/MS, LC/PDA, LC/FLD, LC-MS/MS를 이용하여 263종의 농약을 분석하였다. 잔류농약이 검출된 검체는 모두 로컬푸드 매장에서 수거한 일반 농산물로 14건의(6.8%) 시료에서 잔류농약이 검출되었고, 그 중 1건에서(0.5%) 잔류농약허용기준을 초과하였다. 총 16개 농약성분이 검출되었고 검출된 작물은 시금치, 얼갈이, 깻잎, 아욱, 오이, 부추, 미나

리였다. 농약 검출량을 바탕으로 일일섭취추정량(EDI)과 일일섭취허용량(ADI)을 이용하여 위해성 평가를 하였으며, %ADI 값의 범위는 0.0134-61.6259%로 안전한 수준이었다.

## References

- Lee, D.Y., Lee, H.Y., Factors affecting the farmer-to-consumer direct marketing and its influence on the sale increase of agricultural products. *Korea Rural Economic Institute*, **39(1)**, 89-116 (2016).
- Kim, J.D., 2009, Food crisis and local food. Seoul, Korea, pp. 18-25.
- Hong, K.W., Kim, J.Y., Kim, Y.S., The conceptualization of the local food, a Korean case. *Korean J. Business Admin.*, **22(3)**, 1629-1649 (2009).
- Ilbery, B., Maye, D., Alternative(shorter) food supply chains and specialist livestock products in the Scottish-English borders. *Environ. Planning*, **A37**, 823-844 (2005).
- Jeong, E.M., 2011, Local food system construction plan for revival of local economy, Korea Rural Economic Institute, Naju, Korea, pp. 7-20.
- Jeong, E.M., Kim, D.H., Kim, M.M., 2011, The economic fruits and policy tasks of consumer cooperatives in Korea, Korea Rural Economic Institute, Naju-si, Korea, pp. 11-28.
- Kim, J.Y., Lee, S.M., Lee, H.J., Chang, M.I., Kang, N.S., Kim, N.S., Kim, H.J., Cho, Y.J., Jeong, J.Y., Kim, M.K., Rhee, G.S., Monitoring and risk assessment of pesticide residues for circulated agricultural commodities in Korea-2013. *J. Appl. Biol. Chem.*, **53(3)**, 235-242 (2014).
- Chung, S.J., Kim, H.Y., Kim, J.H., Yeom, M.S., Cho, J.H., Lee, S.Y., Monitoring of pesticide residues and risk assessment in some fruits on the market in Incheon, Korea. *Korean J. Environ. Agric.*, **33(2)**, 111-120 (2014).
- Ministry of Food and Drug Safety, 2019, Pesticide MRLs in agricultural commodities, Cheongju, Korea.
- Park, D.W., Kim, A.G., Kim, T.S., Yang, Y.S., Kim, G.G., Chang, G.S., Ha, D.R., Kim, E.S., Cho, B.S., Monitoring and safety assessment of pesticide residues on agricultural products sold via online websites. *Korean J. Pestic. Sci.*, **19(1)**, 22-31 (2015).
- Ministry of Food and Drug Safety, 2019, Korean Food Code, Cheongju, Korea, pp. 3-14.
- Ministry of Food and Drug Safety, 2017, Analytical practices manual for pesticide residues in foods. 5th Ed., Cheongju, Korea, pp. 80-81.
- The International Council for Harmonisation of Technical Requirements for Pharmaceuticals for Human Use (ICH), Quality Guidelines, Validation of Analytical Procedures, (2019, December 23). Available from [https://database.ich.org/sites/default/files/Q2\\_R1\\_Guideline.pdf](https://database.ich.org/sites/default/files/Q2_R1_Guideline.pdf)
- Korea Health Industry Development Institute, 2017, National Food & Nutrition Statistics 2017 based on 2017 Korea National Health and Nutrition Examination Survey, Cheongju, Korea.
- Korean Statistical Information Service, (2020, January 09). Available from [http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=350&tblId=DT\\_35007\\_N132&vw\\_cd=MT\\_ZTITLE&list\\_id=350\\_35007\\_A007&conn\\_path=F0&path=](http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=350&tblId=DT_35007_N132&vw_cd=MT_ZTITLE&list_id=350_35007_A007&conn_path=F0&path=). Accessed Apr. 21, 2019.
- Kim, J.H., Lee, D.V., Lee, M.G., Ryu, K.Y., Kim, T.S., Gang, G.R., Seo, K.W., Kim, J.B., Monitoring and risk assessment of pesticide residues in school food service agricultural products in Gwangju metropolitan area, *J. Food Hyg. Saf.*, **34(3)**, 283-289 (2019).
- Food and Agricultural Organization of the United Nations, 2010, Joint FAO/WHO Food Standards Programme CODEX Alimentarius Commission, Rome, Italy, pp. 53-54.
- Lee, P., Barefoot A., Murphy J., 2003, Handbook of residue analytical methods for agrochemicals, 1st Ed. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, USA, pp. 13-37.
- Ministry of Food and Drug Safety, 2013, Analytical practices manual for pesticide residues in foods, 4th Ed. Part 7, Cheongju, Korea, pp. 81-82.
- Clough, J.M., Godfrey, C.R.A., Azoxystrobin, A novel broad-spectrum systemic fungicide. *Pesticide Outlook*, **7**, 16-20 (1996).
- Jin, Y.D., Lim, S.J., Kim, S.S., Choi, G.H., Lee, H.W., Jeong, D.Y., Moon, B.C., Ro, J.H., Effect of bagging technique on the residue patterns of thiacloprid and lufenuron in grape fruit (*Vitis labrusca* L.) *Korean J. Pestic. Sci.* **21(1)**, 42-48 (2017).
- Kim, K.S., Acute immunotoxic effects of chlorpyrifos in CBA male mice. *Kor. J. Environ. Toxicol.* **13(1-2)**, 33-44 (1998).
- Kim, G.H., Park, J.Y., Cha, J.H., Jeon, C.S., Hong, S.J., Kim, Y.H., Hur, J.S., Koh, Y.J., Control effect of major fungal diseases of cucumber by mixing of biofungicides registered for control of powdery mildew with other control agents. *Korean J. Pestic. Sci.*, **15(3)**, 323-328 (2011).
- Ryu, K.S., Park, P.H., Kim, K.Y., Lim, B.G., Kang, M.S., Lee, Y.J., Kang, C.W., Kim, Y.H., Lee, S.Y., Seo, J.H., Park, Y.B., Yoon, M.H., Monitoring and risk assessment of pesticide residues in agricultural products for raw juice in Gyeonggi-Do. *J. Food Hyg. Saf.*, **33(5)**, 339-346 (2018).
- Tohnishi, M., Nakao, H., Furuya, T., Seo, A., Kodama, H., Tsubata, K., Fujioka, S., Kodama, H., Hirooka, T., Nishimatsu, T., Flubendiamide, a novel insecticide highly active against lepidopterous insect pests. *J. Pest. Sci.*, **30**, 354-360 (2005).
- Kim, A.Y., Kwon, D.H., Jeong, I.H., Phan, T.A., Ngan, T.V., Lee, S.H., Koh, Y.H., Establishment of chlorantraniliprole-resistant drosophila strains and identification of their resistant characteristics. *Korean J. Appl. Entomol.* **55(4)**, 413-419 (2016).
- Park, J.W., Kim, T.H., Chae, S., Sim, J.R., Bae, B.J., Lee, H.K., Son, K.A., Im, G.J., Kim, J.B., Kim, J.E., The residue property of fungicide dimethomorph and pyraclostrobin in green onion under greenhouse condition. *Korean J. Pestic. Sci.*, **16(4)**, 328-335 (2012).



28. Chun, O.K., Kang, H.G., Estimation of risks of pesticide exposure, by food intake, to Koreans. *Food Chem. Toxicol.*, **41(8)**, 1063-1076 (2003).
29. Krol, J.W., Reduction of pesticide residue on produce by rinsing. *J. Agric. Food Chem.*, **48**, 4666-4670 (2000).
30. Yuncheng, L., Bining, J., Qiyang, Z., Chengqiu, W., Yong, G., Yaohai, Z., Weijun, C., Effect of commercial processing on pesticide residues in orange products. *Eur. Food Res. Technol.*, **234**, 449-456 (2012).