



## 고추 주산지 중심으로 고춧가루의 잔류농약 모니터링 및 위해도 평가(2015-2016)

계현진<sup>1,\*</sup> · 이동현<sup>1,2</sup> · 정민홍<sup>1</sup> · 변지은<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>국방기술품질원, <sup>2</sup>동국대학교 식품생명공학과

### Monitoring and Risk Assessment of Pesticide Residues in Red Pepper Powder Focused on Red Pepper's Major Production Area in Korea (2015-2016)

Hyeonjin Gye<sup>1,\*</sup>, Donghun Lee<sup>1,2</sup>, Minhong Jeong<sup>1</sup>, Jieun Byun<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Combat Materiel Center, Defense Agency for Technology and Quality

<sup>2</sup>Department of Food Science and Biotechnology, Dongguk University

#### Abstract

This study was conducted to monitor the residual pesticides on red pepper powder produced in five regions, which are the major producers of red pepper in Korea, such as Ham-pyeong, An-dong, Yeong-yang, Yeong-gwang, and Cheongyang from 2015 to 2016. Residual pesticides were detected on all samples. Among the 286 pesticides tested, 58 pesticides were detected, with the most frequently detected being chlorfenapyr (93.7%). Twelve types of pesticides (chlorfenapyr, cypermethrin, chlorpyrifos, pyraclostrobin, cyhalothrin, tebuconazole, bifenthrin, deltamethrin, fenvalerate, lufenuron, azoxystrobin, and indoxacarb) were detected in all regions, and 14 types of pesticides were used only in certain regions. An analysis of the residual pesticides showed that none of the pesticides detected exceeded the MRL (Maximum Residue Limits). The Positive List System (PLS) requirements were applied to eight pesticides that had no set MRLs. 0.01 mg/kg (PLS requirements) was exceeded in 12 cases. A comparison of the estimated daily intake (EDI) of pesticides with the acceptable daily intake (ADI) to assess their risk revealed %ADI values of 0.001-0.756. Carbofuran showed the highest (0.756%), but most pesticides were below 1%. The results show that residual pesticides in red pepper powder are at safe levels.

Key Words : Pesticide residues, red pepper powder, risk assessment

### 1. 서 론

농약은 농산물의 재배 및 저장 중에 발생하는 병충해 예방, 잡초 방제, 그리고 한정된 경작지에서 수확량을 늘리기 위하여 사용하고 있다(Fenik et al. 2011). 작물의 생산성 증가와 품질 향상 그리고 노동력 절감을 위해 농약의 사용은 불가피하나 그 목적과 같이 생물적 독성을 가지고 있으며, 식생활 안전에 대한 국민들의 관심이 높아짐에 따라 농약관리의 중요성 또한 높아지고 있다(Kim et al. 2007a). 국내 농약사용 및 잔류에 대한 관리통제는 농림축산식품부와 식품의약품안전처에서 수행하며 생산단계와 유통단계로 나뉘 볼 수 있다. 생산단계는 농림축산식품부에서 농약관리법에 따라 농약의 안전사용을 운용하며, 농촌진흥청이 농약안전사용기준을 적용대상, 사용방법, 사용량을 설정하여 고시한다. 식품의약품안전처는 유통 중인 농산물과 가공식품, 그리고

수입식품을 포함하여 유통단계에서 농약 안전성을 통제하고 있다(Kim 2018). 2016년까지는 잔류농약 기준이 설정되어 있지 않은 경우 Codex기준을 적용하거나 기준이 없는 경우 해당농약의 잔류기준이 설정되어 있는 유사 농산물의 최저 기준을 적용하였으나 2016년 12월 31일부터 농약허용물질관리제도(Positive List System, PLS)가 도입되었다. PLS 제도란 농산물에서 잔류허용기준이 설정되지 않은 농약이 검출된 경우 그 기준을 0.01 mg/kg으로 일률 적용하는 제도로써, 2019년 1월 1일부터 총 5,320개 잔류허용기준이 설정되어 시행됨에 따라 농약 사용에 주의가 필요하다(Yang et al. 2017).

고추는 남아메리카가 원산지로 가지과에 속하며 매운맛을 내는 다년생 초본식물로 8-10월이 수확시기이다(Sul et al. 2004; Sung et al. 2010). 고추의 잎은 나물로 먹고, 풋고추는 반찬으로 하며, 붉게 익은 홍고추는 말려서 향신료로 사용한다. 고춧가루(red pepper powder)는 한국음식의 양념으

\*Corresponding author: Hyeonjin Gye, Combat Materiel Center, Defense Agency for Technology and Quality, 37 Hoegiro, Dongdaemun-gu, Seoul, 02455, Republic of Korea Tel: +82-51-750-2547 Fax: +82-51-758-3992 E-mail: hjgye@dtqaq.re.kr

로 사용되는 대표적인 향신료로 2018년 국민영양통계에 따르면 국민이 자주 섭취하는 다빈도식품 9위이다(Korea health Industry Development Institute 2018). 건고추는 연간 약 7만톤이 생산되며 그 중 경북(17,782톤)과 전남(10,651톤)이 가장 많으며 전북(10,296톤)과 충남(8,356톤), 충북(7,267톤) 순으로 생산된다(Ministry of Agriculture Food and Rural Affairs 2019). 다빈도식품으로 섭취되는 고춧가루에서 잔류되는 농약의 종류가 다양하고 농약검출률이 높다는 보고가 있으며(Yang et al. 2017), 건조 과정에서 수분의 손실로 인해 농약 잔류량이 증가한다는 연구 결과가 있다(Kim et al. 2007b). 고춧가루의 경우, 건고추에 허가된 30종의 농약의 잔류허용기준을 적용하며, 고추에 허가된 218종의 농약 중 건고추에 허가된 농약을 제외한 188종 농약의 잔류허용기준 7배를 적용하고 있다.

국내에서 고춧가루의 잔류농약에 대한 선행연구로는 충북 지역 유통 고춧가루의 잔류농약 모니터링 및 위해성 평가(Kim et al. 2006), 서울시 유통 고춧가루 중 잔류농약 실태 조사 및 위해성 평가(Cho et al. 2015), 광주지역 유통 고춧가루 잔류농약 모니터링 및 위해성 평가(Lee et al. 2019b) 등이 있었으나 주로 지역에서 유통되고 있는 고춧가루를 수집하여 분석된 연구결과였다. 이에 본 연구에서는 건고추 주산지인 경북, 전남, 그리고 충남의 총 5개 재배지역에서 생산된 고춧가루 739건에 대해 농약 286종의 모니터링과 위해도 평가를 실시하여 고춧가루 원료인 건고추의 산지 안전성에 대한 기초자료로 활용하고자 하였다.

## II. 연구 내용 및 방법

### 1. 시료의 채취

시료는 2015년 1월부터 2016년 12월까지 5개 지역(함평, 안동, 영양, 영광, 청양)의 산지에서 생산된 고춧가루이며, 매달 2-6회에 걸쳐 생산일마다 분석을 수행하였다. 시료는 함평지역 154개, 안동지역 158개, 영양지역 165개, 영광지역 148개 그리고 청양지역이 114개로, 총 739건이 분석에 사용되었다.

### 2. 잔류농약 분석 방법

잔류농약 분석은 Cho et al.(2015)의 방법을 사용하여 고춧가루 10g에 물 40 mL를 넣어 30분간 방치한 후 acetonitrile 100 mL를 넣고 혼합추출 분쇄기를 이용하여 2분간 추출하여 그 추출액을 여과지로 여과한 뒤 염화나트륨 10-15 g이 들어 있는 분액깔대기에 옮겨 진탕 후 약 1시간 정치하여 acetonitrile층을 분리하였다. 분리한 acetonitrile층을 100 mL로 맞추어 그 중 20 mL를 취하여 40°C에서 감압농축 후 Florisil-SPE, aminopropyl-SPE로 정제하였으며 GC/ $\mu$ ECD, NPD, HPLC-DAD, FLD를 이용하여 분석하였다.

### 3. 위해도 평가

위해도 평가는 Lee et al.(2019b)의 방법을 이용하여 고춧가루 섭취에 따른 농약의 위해도 평가를 위해 농약의 평균 잔류량에 고춧가루 일일섭취량(1.91 g)을 곱하여 일일섭취추정량(estimate daily intake, EDI)을 구하고, 이를 1인 일일섭취허용량(Acceptable daily intake, ADI)으로 나누어 100을 곱해 위해도(%ADI)를 구하였다. 한국인 평균 체중인 65.8 kg (Korea health Industry Development Institute 2018)을 적용하였고 산출을 위한 농약별 ADI (mg/kg/day)는 식품의약품안전처 잔류농약 데이터베이스를 참고하였으며, 고춧가루 일일섭취량은 국민영양통계(Korea health Industry Development Institute 2018)의 원시자료를 이용하여 구하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 검출된 농약의 분류

2015년 1월부터 2016년까지 739건의 검사결과, 286종의 조사대상 농약 중 검출된 농약은 성분별로 58종이었으며 모든 시료에서 농약이 검출되었다. 검출빈도가 10회 이상인 농약 성분은 32종으로 <Table 1>과 같다. 검출된 농약 중 검출률이 높은 성분은 chlorfenapyr로 739건 중 693건(93.78%)이 검출되었으며 전체 검출 빈도 중 11.3%를 차지하였다. Chlorfenapyr는 피롤계통의 살충살비제로 카바메이트계, 유기인계, 피르스로이드계 등 키틴합성 저해작용을 하는 살충제 등과는 작용기작이 상이하어 기존 주로 사용되는 살충제들에 대해 저항을 가지는 해충 방제에 효과적이다(Cho et al. 2011). Chlorfenapyr의 작용기작은 미토콘드리아의 전자 전달계에서 일어나는 인산화반응 과정에 탈공역작용을 하여 ATP 생성을 저해함으로써 살충작용을 나타내는 것으로 알려져 있다(Hunt 1996). 그 외 농약은 pyraclostrobin가 576건(77.94%), tebuconazole이 556건(75.23%), cyhalothrin과 cypermethrin이 각 527건(71.31%), 그리고 chlorpyrifos가 470건(63.0%)으로 나타났다. Tebuconazole은 Cho et al. (2015)의 연구결과에서도 고춧가루 잔류농약 중 가장 검출률이 높다고 보고된 바 있다. Pyraclostrobin, chlorpyrifos는 Lee et al.(2019b)이 연구한 고춧가루 잔류농약 모니터링 결과에서도 가장 빈번하게 검출된 농약이었으며, Ji(2017)의 연구에서 보고한 국내 유통 식품 중 농약 검출 빈도가 높은 상위 5종에도 포함되어 있어 국내 생산되는 농산물에서 빈번하게 잔류되는 농약이라 판단된다. 본 연구에서 조사된 모든 시료에서 농약이 검출된 것은 Kim et al.(2010)이 실시한 부산지역 유통 고춧가루의 농약 잔류실태 조사연구 결과 고춧가루 시료 47.6%에서 잔류농약이 검출된 것과 Hong et al. (2011)이 경기도 내 유통 중인 고춧가루의 잔류농약 실태를 조사한 결과, 39.0%의 시료에서 잔류농약이 검출된 것과는 다른 결과를 나타내었다. 이는 생산 직후 시료채취가 되어

&lt;Table 1&gt; Detection rate and classification of detected pesticides

Pesticides	Detection frequency (N=739)	Detection rate (%)	Class	Type
Chlorfenapyr	693	93.78	Pyrazole	insecticide
Pyraclostrobin	576	77.94	Strobilurin	germicide
Tebuconazole	556	75.24	Triazole	germicide
Cypermethrin	527	71.31	Pyrethroids	insecticide
Cyhalothrin	527	71.31	Pyrethroids	insecticide
Chlorpyrifos	470	63.60	Oranophosphate	insecticide
Fenvalerate	289	39.11	Pyrethroids	insecticide
Deltamethrin	268	36.27	Pyrethroids	insecticide
Iprobenfos	268	36.27	Oranophosphate	germicide
Profenofos	242	32.75	Oranophosphate	insecticide
Lufenuron	236	31.94	Benzoylurea	insecticide
Metconazole	219	29.63	Pyrethroids	insecticide
Indoxacarb	174	23.55	Neonicotinoid	insecticide
Chlorothalonil	109	14.75	Organochlorine	germicide
Difenoconazole	106	14.34	Triazole	germicide
Procymidone	101	13.67	Dicarboximide	germicide
Etofenprox	86	11.64	Pyrethroids	insecticide
Carbendazim	76	10.28	Carbamates	germicide
Azoxystrobin	72	9.74	Strobilurin	germicide
Bifenthrin	70	9.47	Dicarboximide	germicide
Chlorpyrifos-methyl	64	8.66	Dicarboximide	germicide
Chlorfluazuron	62	8.39	Benzoylurea	insecticide
Trifloxystrobin	45	6.09	Strobilurin	germicide
Spiromesifen	37	5.01	Tetramic acid	insecticide
Prochloraz	29	3.92	Imidazole	germicide
Picoxystrobin	25	3.38	Acetanilide	germicide
Chlorantraniliprole	19	2.57	Diamides	insecticide
Diazinon	16	2.17	Oranophosphate	insecticide
Pyridaryl	15	2.03	Unclassified	insecticide
Flubendiamide	11	1.49	Diamides	insecticide
Fenitrothion	11	1.49	Organophosphate	insecticide
Tolclofos-methyl	10	1.35	Organophosphate	germicide

고춧가루의 생산일마다 잔류농약 분석을 수행하였기 때문에 선행연구에 비해 잔류하고 있는 농약이 많았던 것으로 판단된다. Jo et al. (2009)은 저장온도와 기간에 따른 고춧가루 중 농약의 잔류량 변화에 대한 연구에서 azoxystrobin, cypermethrin, fenvalerate, chlorpyrifos, kresoxim-methyl, tebuconazole, 그리고 chlorfenapyr의 경우 고춧가루 저장 60일 경과 후 실온에서 47-84%의 감소율을 나타낸다고 보고하였다.

계통별로는 유기인계 농약이 12종으로 가장 많았으며, 피레스로이드계 농약 7종, 트리아졸계 농약 6종, 스트로빌루린계 농약 5종, 벤자미드계 4종, 카바메이트계 및 디카복시마이드계 각 3종, 다이아미드계 및 벤조일우레아계 각 2종

그 외 타 계통 농약 15종이 검출되었다. 계통별 농약의 검출빈도는 피레스로이드계(31.4%)가 가장 많았고, 유기인계(18.45%), 스트로빌루린계(11.46%), 피롤계(11.35%), 트리아졸계(11.02%) 순으로 이들이 전체의 83%를 차지했다.

농약은 사용 목적에 따라 살충제, 살균제, 제초제 등으로 분류되며, 각각 대상 생물의 작용점과 작용기작에 의해 독성을 유발한다(Do et al. 2012). 검출된 58종의 농약은 살충제 32종, 살균제 25종, 제초제가 1종이었으며. 농약의 검출빈도는 살충제가 61.5%로 가장 많았고, 살균제는 31.1%, 제초제는 0.3% 순으로 나타났다. 이는 Do et al.(2012)이 유통 과실류의 잔류농약에 대한 조사에서 보고한 농약의 용도별 검출빈도가 살충제(56.6%), 살균제(43.2%), 제초제(0.2%) 순으

로 높았다고 한 것과 비슷한 경향을 나타냈다. 살충제는 chlorfenapyr, cyhalothrin 및 cypermethrin이 주로 검출되었으며, 살균제는 tebuconazole, iprobenfos 및 chlorothalonil이 주로 검출되었다.

## 2. 지역별 검출량 및 MRL 비교

지역별로 검출된 농약을 잔류허용기준과 비교한 결과는 <Table 2>와 같다. 고춧가루에 잔류한 농약에 대하여 식품의 기준 및 규격(식품의약품안전처 고시)의 별표4에서 제시된 건고추의 잔류허용기준 및 고추의 잔류허용기준 7배를 적용하였다.

함평지역 고춧가루에서 검출된 총 41종의 농약 중 35종의 농약은 현재 건고추 또는 고춧가루에 잔류허용기준이 설정되어있으며 잔류허용기준이 설정되지 않은 농약은 7종으로 iprobenfos, fenoxanil, phenthoate, iprobenfos, chlorpyrifos-methyl, cabaryl 그리고 tolclofos-methyl이 검출되었다. PLS제도를 적용할 경우, 0.01 mg/kg이 검출된 chlorpyrifos-methyl을 제외하고는 평균잔류량이 0.02-0.07 mg/kg 이상으로 0.01 mg/kg을 초과하는 수치였다.

영광 및 청양지역에서는 34종의 농약이 검출되었으며, 영광지역에서 검출된 농약 중 잔류허용기준이 없는 것은 iprobenfos, chlorpyrifos-methyl, tolclofos-methyl, chlorfenvinphos, pyriminobac-methyl이었고, 청양지역은 iprobenfos, phenthoate, tolclofos-methyl이었다. 영광지역에서 검출된 iprobenfos와 pyriminobac-methyl의 경우 평균잔류량이 0.03 mg/kg으로 0.01 mg/kg을 초과하여 검출되었으며 특히, pyriminobac-methyl은 쌀에 한하여 잔류허용기준이 설정되어 있는 농약으로 토양오염에 대한 관리와 그에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다. 청양지역에서 검출된 phenthoate와 tolclofos-methyl 또한 0.01 mg/kg를 초과하는 수치를 나타내었다.

잔류허용기준이 설정되어 있지 않은 iprobenfos의 경우, 4개 지역에서 검출되었으며 지역별 검출빈도(검출률) 또한 합평 70건(45.5%), 안동(39.9%), 영광(62.8%), 청양(36.8%)로 높은 수준이었다. Iprobenfos는 농촌진흥청에서 고시한 국내 등록농약 작용기작별 분류 기준에 따르면 균류의 인지질 합성을 억제하고 메틸 전이효소를 저해함으로써 살균효과를 발휘하며, 눈이나 피부에 닿으면 유해하고 인체에 유입되면 구토, 호흡곤란, 중추 신경계 이상을 유발하는 것으로 알려져 있다.

안동 및 영광지역 고춧가루에서 검출된 농약은 각각 19종, 24종으로 모두 잔류허용기준이 설정되어 있었으며 그 값을 초과하는 것은 없었다. 현재 건고추 및 고춧가루에 설정된 잔류농약은 총 218종으로 2016년 설정된 잔류허용기준과 비교하여 2020년에는 46종이 추가되었으며 농업현장에 필요한 농약들이 점차적으로 등록되어 지고 있는 것으로 판단된다. 그러나 Noh et al. (2018)이 국내 최근 3년간 농산물 잔류농약검사 결과에서 검출된 농약 성분의 전체 건수 대비 해당

농산물에 등록되지 않은 농약성분이 검출된 건이 약 12% 수준이라 보고한 것과 같이 잔류허용기준이 없는 농약성분이 농산물에서 지속적으로 검출되고 있어 이에 따른 재배농가 또는 농업인을 대상으로 지속적인 홍보와 교육이 필요하다.

총 58종의 농약 중 모든 지역에서 공통으로 검출된 농약은 chlorfenapyr, cypermethrin, chlorpyrifos, pyraclostrobin, cyhalothrin, tebuconazole, bifenthrin, deltamethrin, fenvalerate, lufenuron, azoxystrobin, 그리고 indoxacarb로 총 12종이며, 특정 지역에서만 검출된 농약은 terbufos, novaluron, boscalid 등 총 14종이다.

공통으로 검출된 농약 중 검출 수가 많은 상위 3종의 농약(chlorfenapyr, pyraclostrobin, tebuconazole)은 다른 농산물에서도 광범위하게 검출되는 농약이다. Chlorfenapyr는 5개 지역에서 0.10-0.17 mg/kg이 검출되었는데 타 농산물에서 chlorfenapyr의 잔류현황을 살펴보면 Nam et al.(2006)은 피망에서 0.05 mg/kg, Yang et al.(2017)은 당귀잎에서 1.80 mg/kg의 chlorfenapyr가 검출되었다고 보고하였으며, Park et al. (2009)의 연구에서 시중유통 배추의 잔류농약 분석 결과, 0.04 mg/kg가 검출되었다고 보고된 바 있다. Pyraclostrobin은 5개 지역에서 0.36-0.66 mg/kg이 검출되었다. Lee et al. (2019a)는 건조농산물의 잔류농약 안전성 조사결과, 건고춧잎에서 pyraclostrobin 1.26 mg/kg이 검출되었다고 보고하였다. Kim et al.(2019)의 연구에서 고추 중 pyraclostrobin 0.10 mg/kg이 검출되었으며, 타 농산물에서는 파프리카에서 0.20 mg/kg이 검출되었다고 보고된 바 있다. 또한 Ji (2017)의 연구 결과, 오렌지(0.01-0.28 mg/kg), 복숭아(0.02-0.18 mg/kg), 사과(0.003-0.055 mg/kg) 등에서 pyraclostrobin이 검출되었다고 보고하였다. Tebuconazole 5개 지역에 걸쳐 0.28-1.53 mg/kg이 검출되었으며 타 농산물에는 들깨잎(0.04 mg/kg)과 쑥분말(0.04 mg/kg)에서 tebuconazole이 검출되었다고 보고된 바 있다(Kim et al. 2018; Park et al. 2020).

시료별로 최대 18종의 농약이 검출되었는데, 청양지역의 단 하나의 시료에서만 단일성분(pyraclostrobin)이 검출되었고 그 외의 시료는 다수의 농약성분이 검출되었다. 1-4종의 농약이 검출된 것은 47건(6.4%), 5-9종의 농약이 검출된 것은 414건(56.1%), 10-14종의 농약이 검출된 것은 252건(34.1%), 15-18종의 농약이 검출된 것은 25건(3.4%)이었다. 이렇게 다수의 농약이 검출된 것으로 보아 고추 재배 시 단일성분 농약을 여러 개를 사용하거나 2-3종의 성분이 혼합된 농약을 사용하는 것으로 판단된다. Yang et al. (2017)의 연구에서도 농산물에서 2종 이상의 농약이 검출되고 있으며 그 주된 이유는 2종 또는 그 이상의 병원균 또는 해충을 동시에 방제하기 위해 완제품으로 판매되는 혼합 살균제나 살충제 등을 사용하거나 또는 병해와 해충을 동시에 방제하기 위해 살균제와 살충제를 혼합하여 사용함에 기인하는 것으로 보고하였다. Kim et al. (2006)의 연구에서 유통 고춧가루에서 최대 4종의 농약이 검출된 것에 비해 본 연구에서는

&lt;Table 2&gt; Detected pesticides and their MRL in red pepper powder in 5 regions

Pesticides	MRL (mg/kg)	Ham-pyeong (N=154)		An-dong (N=158)		Yeong-yang (N=165)		Yeong-gwang (N=148)		Cheong-yang (N=114)	
		Detection (N)	Mean±SD (mg/kg)	Detection (N)	Mean±SD (mg/kg)	Detection (N)	Mean±SD (mg/kg)	Detection (N)	Mean±SD (mg/kg)	Detection (N)	Mean±SD (mg/kg)
Chlorfenapyr	5	154	0.16±0.11	144	0.11±0.04	154	0.13±0.10	130	0.10±0.14	112	0.17±0.14
Cypermethrin	2	154	0.37±0.25	43	0.10±0.08	77	0.25±0.14	148	0.26±0.12	105	0.28±0.16
Chlorpyrifos	1	148	0.12±0.07	64	0.08±0.06	40	0.04±0.03	118	0.05±0.03	100	0.14±0.12
Pyraclostrobin	3	129	0.47±0.45	73	0.36±0.13	157	0.66±0.26	126	0.51±0.40	91	0.46±0.3
Cyhalothrin	2	122	0.06±0.03	100	0.06±0.04	92	0.05±0.02	120	0.05±0.04	93	0.08±0.05
Tebuconazole	5	109	0.85±0.39	145	0.28±0.26	151	1.53±0.68	93	0.96±0.48	58	0.40±0.25
Fenvalerate	14	107	0.11±0.08	1	0.02	74	0.15±0.08	21	0.20±0.11	86	0.14±0.09
Bifenthrin	3	75	0.06±0.04	11	0.05±0.01	56	0.07±0.04	12	0.03±0.01	65	0.07±0.04
Profenofos	14	71	0.06±0.06	ND	-	ND	-	88	0.06±0.06	83	0.13±0.13
Iprobenfos	-	70	0.02±0.02	63	0.17±0.14	ND	-	93	0.03±0.01	42	0.01±0.01
Procymidone	15	51	0.06±0.03	ND	-	ND	-	31	0.1±0.053	19	0.12±0.09
Deltamethrin	1.4	46	0.03±0.02	62	0.05±0.03	32	0.02±0.01	68	0.05±0.03	60	0.04±0.02
Etofenprox	14	28	0.30±0.19	ND	-	12	1.97±1.07	36	0.46±0.30	10	0.44±0.16
Chlorothalonil	35	28	0.18±0.13	18	0.21±0.14	ND	-	47	0.22±0.16	16	0.15±0.15
Indoxacarb	5	23	0.08±0.05	58	0.18±0.07	50	0.05±0.08	29	0.30±0.25	14	0.09±0.03
Lufenuron	4	20	0.08±0.03	73	0.15±0.09	89	0.12±0.13	47	0.26±0.17	7	0.10±0.09
Azoxystrobin	7	17	0.12±0.11	21	0.05±0.03	19	0.04±0.02	13	0.07±0.01	2	0.07±0.01
Diazinon	0.3	13	0.02±0.01	ND	-	ND	-	ND	-	3	0.02±0.01
Difenoconazole	7	12	0.11±0.05	19	0.10±0.06	45	0.11±0.08	ND	-	30	0.11±0.17
Trifloxystrobin	12	10	0.11±0.07	6	0.13±0.04	25	0.19±0.08	4	0.47±0.04	ND	-
Fenitrothion	3.5	7	0.03±0.02	ND	-	ND	-	ND	-	4	0.01±0.01
Fonicamid	14	4	0.01±0.01	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-
Metconazole	7	4	0.31±0.08	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-
Prochloraz	21	4	0.01±0.00	3	0.06±0.06	7	0.05±0.02	15	0.07±0.03	ND	-
Spiromesifen	21	4	0.10±0.00	ND	-	ND	-	29	0.07±0.03	4	0.14±0.04
Chlorfluazuron	3.5	4	0.02±0.01	ND	-	ND	-	58	0.09±0.19	ND	-
Fenoxanil	-	4	0.02±0.01	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-
Iprodione	15	3	0.11±0.09	ND	-	59	0.65±0.32	2	0.05±0.04	6	0.08±0.02
Picoxystrobin	7	2	0.97±1.32	ND	-	ND	-	ND	-	4	1.93±0.33
Terbufos	0.35	2	0.01±0.00	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-
Phenthoate: PAP	-	2	0.07±0.04	ND	-	ND	-	ND	-	4	0.04±0.01
Thiamethoxam	7	1	0.30	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-
Chlorantraniliprole	7	1	0.62	ND	-	4	0.27±0.21	13	0.25±0.05	1	0.5
Chlorpyrifos-methyl	-	1	0.01	40	0.08±0.03	ND	-	23	0.01±0.00	ND	-
Novaluron	4.9	1	0.03	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-
Cabaryl: NAC	-	1	0.06	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-
Fluopyram	21	1	0.01	ND	-	ND	-	ND	-	5	0.08±0.12
Buprofezin	21	1	0.10	ND	-	5	0.09±0.01	3	0.04±0.01	ND	-
Tolclofos-methyl	-	1	0.02	ND	-	ND	-	8	0.01±0.00	1	0.07
Captan	35	1	0.03	ND	-	ND	-	4	0.02±0.00	ND	-
Fluopicolide	7	1	0.03	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-
Carbendazim	15	ND	-	18	0.51±0.33	58	1.90±0.99	ND	-	ND	-
Boscalid	21	ND	-	ND	-	25	1.28±0.37	ND	-	ND	-
Propiconazole	7	ND	-	ND	-	5	0.23±0.01	ND	-	ND	-

<Table 2> Detected pesticides and their MRL in red pepper powder in 5 regions (continued)

Pesticides	MRL (mg/kg)	Ham-pyeong (N=154)		An-dong (N=158)		Yeong-yang (N=165)		Yeong-gwang (N=148)		Cheong-yang (N=114)	
		Detection (N)	Mean±SD (mg/kg)	Detection (N)	Mean±SD (mg/kg)	Detection (N)	Mean±SD (mg/kg)	Detection (N)	Mean±SD (mg/kg)	Detection (N)	Mean±SD (mg/kg)
Kresoxim-methyl	10	ND	-	ND	-	3	0.01±0.03	ND	-	ND	-
Fluquinconazole	4.9	ND	-	ND	-	1	0.34	ND	-	ND	-
Pyridaryl	14	ND	-	ND	-	ND	-	13	0.10±0.04	2	0.08±0.03
Flubendiamide	7	ND	-	ND	-	ND	-	11	0.81±0.31	ND	-
Chlorfenvinphos	-	ND	-	ND	-	ND	-	9	0.02±0.01	ND	-
Amisulbrom	7	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-	6	0.06±0.00
Pyriminobac-methyl	-	ND	-	ND	-	ND	-	4	0.03±0.20	ND	-
Pyraclufos	5.0	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-	3	0.12±0.07
Tebufenpyrad	3.5	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-	2	0.10±0.00
Bitertanol	4.9	ND	-	ND	-	ND	-	4	0.33±0.17	1	0.05
Fenpropathrin	3.2	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-	1	0.05
Carbofuran	0.35	ND	-	ND	-	ND	-	4	0.25±0.06	ND	-
Parathion-methyl	7	ND	-	ND	-	ND	-	5	0.02±0.02	ND	-
Metrafenone	14	ND	-	ND	-	ND	-	ND	-	2	0.03±0.02

최대 18종의 농약이 검출된 것은 유통 등의 과정을 거치지 않고 생산 직후 시료가 채취되어 잔류하고 있는 농약이 많았던 것으로 판단된다.

### 3. 위해도평가

고춧가루의 섭취로 인한 농약의 일일섭취추정량(ADI)과 위해도(%ADI)는 <Table3>과 같다. 모든 지역에서 검출된 12종의 농약에 대한 위해도(%ADI)를 살펴보면 잔류농약 검출률이 가장 높았던 chlorfenapyr의 경우 %ADI는 0.015%로 나타났으며, 검출률이 50% 이상이었던 pyraclostrobin,

tebuconazole, cypermethrin, cyhalothrin, 그리고 chlorpyrifos은 %ADI가 각각 0.051, 0.087, 0.042, 0.009, 0.027%로 나타났다. 그 외 bifenthrin, deltamethrin, fenvalerate, lufenuron, azoxystrobin, 그리고 indoxacarb의 %ADI는 각각 0.018, 0.012, 0.021, 0.030, 0.001, 0.042%로 나타났다. FAO/WHO에서는 %ADI가 10% 미만일 때는 위험성을 걱정할 필요가 없고, 10%를 초과할 경우 정밀조사와 법적규제를 필요로 하며 ADI의 30% 수준 도달 시 위험경고를 해야 되는 것으로 보고 있다(Lee & Lee 1997). 농약의 평균 잔류량이 높았던 carbendazim과 picoxystrobin의 %ADI는 각각 0.158%

<Table 3> Risk assessment of pesticides detected from red pepper powder

Pesticides	Average concentration (mg/kg)	EDI <sup>1)</sup> (mg/man/day)	ADI <sup>2)</sup> (mg/man/day)	%ADI <sup>3)</sup>
Chlorfenapyr	0.13	0.0003	1.7108	0.015
Pyraclostrobin	0.51	0.0010	1.9740	0.051
Tebuconazole	0.86	0.0017	1.9740	0.087
Cypermethrin	0.28	0.0006	1.3160	0.042
Cyhalothrin	0.06	0.0001	1.3160	0.009
Chlorpyrifos	0.09	0.0002	0.6580	0.027
Fenvalerate	0.14	0.0003	1.3160	0.021
Deltamethrin	0.04	0.0001	0.6580	0.012
Iprobenfos	0.06	0.0001	2.3030	0.005
Profenofos	0.09	0.0002	1.9740	0.009
Lufenuron	0.15	0.0003	0.9870	0.030
Metconazole	0.06	0.0001	0.6580	0.018
Indoxacarb	0.14	0.0003	0.6580	0.042
Chlorothalonil	0.2	0.0004	1.3160	0.030
Difenoconazole	0.11	0.0002	0.6580	0.033

&lt;Table 3&gt; Risk assessment of pesticides detected from red pepper powder (continued)

Pesticides	Average concentration (mg/kg)	EDI <sup>1)</sup> (mg/man/day)	ADI <sup>2)</sup> (mg/man/day)	%ADI <sup>3)</sup>
Procymidone	0.08	0.0002	0.3290	0.048
Etofenprox	0.62	0.0012	1.9740	0.063
Carbendazim	1.57	0.0031	1.9740	0.158
Azoxystrobin	0.07	0.0001	13.160	0.001
Bifenthrin	0.56	0.0011	3.9480	0.028
Chlorpyrifos-methyl	0.06	0.0001	0.6580	0.018
Chlorfluazuron	0.09	0.0002	2.1714	0.008
Trifloxystrobin	0.19	0.0004	2.6320	0.014
Spiromesifen	0.08	0.0002	1.9740	0.008
Prochloraz	0.06	0.0001	0.6580	0.018
Boscalid	1.28	0.0025	2.6320	0.097
Chlorantraniliprole	0.28	0.0006	131.6000	0.000
Diazinon	0.02	0.0000	0.0132	0.302
Pyridaryl	0.1	0.0002	1.8424	0.011
Flubendiamide	0.81	0.0016	1.1186	0.144
Fenitrothion	0.03	0.0001	0.3290	0.018
Tolclofos-methyl	0.02	0.0000	6.5800	0.001
Chlorfenvinphos	0.02	0.0000	4.6060	0.121
Buprofezin	0.08	0.0002	0.0329	0.027
Boscalid	1.61	0.0032	0.5922	0.113
phenthoate	0.05	0.0001	2.8294	0.050
Fluopyram	0.07	0.0001	0.1974	0.021
Amisulbrom	0.05	0.0001	0.6580	0.002
Chlorpyrifos-methyl	0.02	0.0000	6.5800	0.020
Picoxystrobin	0.23	0.0005	0.1974	0.010
Captan	0.02	0.0000	4.6060	0.001
Carbofuran	0.25	0.0005	6.5800	0.756
Bitertanol	0.33	0.0007	0.0658	0.100
Pyriminobac-methyl	0.2	0.0004	0.6580	0.030
Bifenthrin	0.31	0.0006	1.3160	0.023
Fenoxanil	0.02	0.0000	2.6320	0.009
Flonicamid	0.01	0.0000	0.4606	0.001
Pyraclufos	0.12	0.0002	1.6450	0.012
Kresoxim-methyl	0.04	0.0001	1.9740	0.001
Terbufos	0.01	0.0000	6.5800	0.050
Tebufenpyrad	0.1	0.0002	0.0395	0.030
Metrafenone	0.03	0.0001	0.6580	0.000
Fluquinconazole	0.34	0.0007	16.4500	0.514
Carbaryl	0.06	0.0001	0.1316	0.024
Thiamethoxam	0.3	0.0006	0.4935	0.011
Novaluron	0.03	0.0001	5.2640	0.009
Fenpropathrin	0.05	0.0001	0.6580	0.005
Fluopicolide	0.03	0.0001	1.9740	0.001

<sup>1)</sup>EDI=Average concentration (mg/kg)×Daily food intake (g/man/day)/1000<sup>2)</sup>ADI=Acceptable daily intake (mg/kgbw/day)×65.8 kg<sup>3)</sup>%ADI=EDI/ADI×100

와 0.113%로 나타났으며, %ADI가 가장 높았던 농약은 carbofuran으로 0.756%를 나타내었다. Carbofuran의 %ADI가 높게 나온 것은 ADI (mg/kgb.w./day)가 다른 농약에 비해 상대적으로 낮게 설정되어 있기 때문이다. 하지만 %ADI가 1%로 이하이며, 검출횟수가 단 4회이므로 안전한 수준이라 판단된다. Lee et al.(2019b)의 광주지역 유통 건고추와 고춧가루의 잔류농약 모니터링 및 위해성을 평가한 연구 결과에서도 고춧가루의 위해도(%ADI)가 0.065-1.300%를 나타냈으며, Kim et al.(2006)의 연구결과에도 고춧가루의 위해도(%ADI)는 0.009-1.568%로 낮게 나타났다. 고춧가루의 안전성조사 결과 검출된 농약은 모두 MRL 이하로 나타났으며 위해도가 낮아 안전한 수준으로 확인되었지만, 잔류허용기준이 설정되어 있지 않는 농약이 지속적으로 검출될 가능성이 있으며 또한 여러 종류의 농약이 다수 검출되는 것으로 볼 때, 고춧가루의 잔류농약 안전성에 대한 지속적 연구가 필요할 것으로 판단된다.

#### IV. 요약 및 결론

고추 주산지인 함평, 안동, 영양, 영광, 청양에서 2015-2016년에 생산된 고춧가루 총 739건에 대한 잔류농약모니터링을 실시하였으며, 1인 일일 섭취추정량(EDI) 대비 1인 일일섭취허용량(ADI)의 비인 %ADI를 이용하여 위해도를 평가하였다. 모든 시료에서 농약이 검출되었으며 286종의 농약을 분석한 결과, 58종의 농약이 검출되었다. 가장 검출률이 높은 성분은 chlorfenapyr였으며 검출률은 93.78%였다. 계통별로는 유기인계농약(12종)이 가장 많았으며 용도에 따른 검출률은 살충제가 56%로 가장 높았다. 모든 지역에서 공통으로 chlorfenapyr, cypemethrin, chlorpyrifos, pyraclostrobin, cyhalothrin, tebuconazole, bifenthrin, deltamethrin, fenvalerate, lufenuron, azoxystrobin, 그리고 indoxacarb가 검출되었고, 특정 지역에서만 검출된 농약은 14종이었으며 시료별로 최대 18종의 농약이 검출되었다.

고춧가루의 잔류농약 안전성 조사결과, 검출된 농약 중 MRL를 초과하는 것은 없었으며 잔류허용기준이 설정되지 않은 농약은 8종이 검출되었다. 잔류허용기준이 설정되지 않은 농약에 PLS제도를 적용할 경우, 지역별로 검출된 농약의 평균잔류량이 0.01 mg/kg을 초과하는 경우는 16건 중 12건이었다. 고춧가루에서 검출된 농약의 위해도(%ADI)평가 결과, %ADI 값은 0.001-0.756%로 나타났으며 안전한 수준으로 판단된다.

#### 저자 정보

계현진(국방기술품질원, 연구원, 0000-0003-3191-8917)  
이동현(국방기술품질원, 선임연구원, 0000-0002-7994-5263)  
정민홍(국방기술품질원, 선임연구원, 0000-0002-4142-6003)  
변지은(국방기술품질원, 선임연구원, 0000-0002-4373-144x)

#### Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

#### References

- Cho KS, Lee SJ, Lee DY, Kim YJ, Kim KY, Chung BK, Kang KY. 2011. Persistence of chlorfenapyr in paprika leaf and its residual biological activity to two spotted spider mite, *Tetranychus urticae*, Korean J. Pestic. Sci., 15(3):317-322
- Cho SJ, Lee MS, Jang MS, Lee IS, Lee YJ, Kum JY, Kim NY, Kim JH, Kwak BR, Jo HB, Kim Ms. 2015. Monitoring and risk assessment of pesticide residues in red pepper powder from markets in seoul, The Report of Seoul Research Institute of Public Health and Environment, 51:53-56
- Do YS, Kim JB, Kang SH, Kim NY, Um MN, Park YB, Oh MS, Yoon MH. 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
- Fenik J, Tankiewicz M, Biziuk M. 2011. Properties and determination of pesticides in fruits and vegetables. Trac-Trends Anal. Chem., 30(6):814-826
- Hong HG, Shin SW, Kim KC, Jeong IH, Kim KA, Oh SH, Yun SJ, Kim CY, Jang JH, Yoon MH, Lee JB. 2011. Survey on the pesticide residues in commercial red pepper powder in gyeonggido, The Report of Gyeonggi Province Institute Health & Environment, 24:95-102
- Hunt DA. 1996. 2-arylpyrroles: a new class of insecticide. structure, activity, and mode of action, Pesticide Sci., 47:201-202
- Ji YJ. 2017. Monitoring and risk assessment of pesticide residues for agricultural commodities in korea and foreign country, Master's degree thesis, Daegu University, Korea, pp 13
- Jo SA, Kim EH, Kim KS, Kim JH, Park SG. 2009. Change of the concentration of pesticide residues in pepper powder by storage temperature and storage period, Korean J. Pestic. Sci., 13(3):127-132
- Kim DB, Kim TK, Jin YD, Kwon HY, Lee HS. 2018. Risk assessment of residual pesticide and investigation of violation cause for perilla leaf during the shipping stage, Korean J. Pestic. Sci., 22(3):205-215
- Kim EJ. 2018. Scientific management of hazardous substances in foods : focusing on pesticide residues, Food Science and Industry, 51(3):218-228
- Kim HJ, Cho HC, Lee JH, Ku PT, Na YR, Lee IS, Kim KA, Hwang IY, Kim CH. 2010. A study on the pesticide



- residues of circulating pepper powder in busan area, The Annual Report of Busan Metropolitan City Institute of Health & Environment, 20(1):62-66
- Kim HY, Yoon SH, Park HJ, Lee JH, Gwak IS, Moon HS, Song MH, Jang YM, Lee MS, Park JS, Lee KH. 2007a. Monitoring of residual pesticides in commercial agricultural products in korea, Korean J. Food Sci. Technol., 39(3):237-245
- Kim JH, Lee DV, Lee MG, Ryu KY, Kim TS, Gang GR, Seo KW, Kim JB. 2019. Monitoring and risk assessment of pesticide residues in school foodservice agricultural products in gwangju metropolitan area, J. Food Hyg. Saf., 34(3):283-289
- Kim KI, Kim HT, Kyung KS, Jin CW, Jeong CH, Ahn MS, Sim SW, Yun SS, Kim YJ, Lee KG, Lee KD, Lee WJ, Lim JB. 2006. Monitoring of pesticide residues in peppers from farmgate and pepper powder from wholesale market in chungbuk area their risk assessment, Korean J. Pestic. Sci., 10(1):15-21
- Kim SD, Kim BS, Park SG, Kim MS, Cho TH, Han CH, Jo HB, Choi BH. 2007b. A study of current status on pesticide residues in commercial dried agricultural products, Korean J. Food Sci. Technol., 39(2):114-121
- Lee HK, Oh MS, Jeong JA, Kim KY, Lee SB, Kim AT, Kang HR, Son JH, Lee MK, Lee BH, Kim JW, Park YB. 2019a. A safety survey on pesticide residues in dried agricultural products, J. Food Hyg. Saf., 34(4):340-347
- Lee MG, Gand GR, Kim TS, Yang YS, Kim SK, Lee DB, Kim SS, Seo KW, Cho YG, Kim JH. 2019b. Monitoring and risk assessment of pesticide residues in dried pepper and pepper powder in gwangju, Korean J. Pestic. Sci., 23(1):40-50
- Lee MG, Lee SR. 1997. Reduction factors and risk assessment of organophosphorus pesticides in Korean foods, Korean J. Food Sci. Technol., 29(2), p240-248
- Ministry of Agriculture Food and Rural Affairs. 2019. Agriculture, food and rural affairs statistics yearbook, Director-General for Policy Planning Bureau, Dasom 2-ro Sejong-si Korea, pp 109
- Nam HS, Choi YH, Yoon SH, Hong HM, Park YC, Lee JH, Kang YS, Lee JO, Ahn YS, Kim HY. 2006. Monitoring of residual pesticides in commercial agricultural products, Korean J. Food Sci. Technol., 38(3):317-324
- Noh YH, Seo GH, Park YS, Park JY. 2018. Education in prepare for overall execution of positive list system and cases of unsafe agricultural products, Chungsong, Korea, pp 66-77
- Park BK, Kim SH, Ye EY, Lee HJ, Seo SJ, Kwon SH, Song SM, Joo KS, Heo MJ. 2020. A study on the safety of powdered agricultural products in incheon, J. Food Hyg. Saf., 35(2):136-145
- Park SY, Jung JK, Kang JM, Kim SH, Yang JY, Kang SA, Chun HK, Park KY. 2009. Mornitoring of 160 kinds of pesidues in commercial baechu (chinese) cabbage throughout the year, J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 38(7):970-975
- Sul MK, Hwang SY, Lee HJ, Park SH, Kim JG. 2004. The physico-chemical changes of the mashed red pepper during frozen storage, Korean J. Food Culture. 19(2):209-216
- Sung JM, Han YS, Jeong JW. 2010. Quality characteristics of semi-dried red pepper during storage, Korean J. Food Preserv., 17(1):1-8
- Yang YS, Gang GR, Lee SM, Kim SY, Lee MG, Choi EN, Seo KW, Kim ES, Kim JH. 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
- Korea health Industry Development Institue, 2018, Available from: <https://www.khidi.or.kr/kps/dhraStat/result10?menuId=MENU01663&year=2018>[accessed 2020. 5. 1.]

---

Received June 18, 2020; revised June 29, 2020; accepted June 29, 2020