



Residual characteristics of pesticide in banana from international pesticide residue monitoring data

Seo-Hong Kim¹ · Jeong-Ah Kim² · Moo-Hyeog Im²

각국의 잔류농약 모니터링 자료를 활용한 바나나 중 농약 잔류 실태 조사

김서홍¹ · 김정아² · 임무혁²

Received: 11 October 2019 / Accepted: 26 December 2019 / Published Online: 31 March 2020
© The Korean Society for Applied Biological Chemistry 2020

Abstract This study was designed to use the safety management data for residual pesticides in imported banana based on the investigation of pesticide residue detection of agricultural products with different origins in the Republic of Korea. From the USA, EU, UK, Japan and Korea from 2007 to 2018, the results of banana residue pesticides were summarized into detected pesticides, number of inspections, number of pesticide detection cases, and the amount of detected pesticide residue. A total of 109 pesticides were detected for the pesticide residue and pesticide detection rate was 4.58% in 206,894 cases. The detection rate was ranged within 10.62-24.62% for chlorpyrifos, imazalil, methyl-bromide, azoxystrobin, carbendazim, pretilachlor and thiabendazole. Among them, chlorpyrifos was detected most often followed by imazalil, azoxystrobin, thiabendazole, bifenthrin and carbendazim. According to the results of monitoring data for bananas in EU, Japan, USA, UK and Korea, the kinds of detected pesticides were 85, 57, 23, 18 and 8, respectively. Azoxystrobin, bifenthrin and chlorpyrifos were found in monitoring data of all countries. Fourteen and twelve pesticides were detected in bananas from Costa Rica and

Ecuador, respectively. Imazalil and thiabendazole were detected in 16 and 11 origins, respectively. Myclobutanil and iprodione were detected in four and two countries, respectively. In bananas from Costa Rica, azoxystrobin and bifenthrin were detected 11.8 and 9.8%, respectively, and the detection rate of azoxystrobin was 19% in bananas from Colombia. Chlorpyrifos was detected 22.7, 13.3 and 10.8% in bananas from Belize, Colombia and Costa Rica respectively. Myclobutanil was detected in bananas from Colombia and Costa Rica with the rate of 17.9 and 10.4%, respectively.

Keywords Banana · Imported food · Monitoring · Pesticide residues

서 론

바나나는 과초과에 속하는 상록 여러해살이 풀로 처음 열매를 맺기까지는 9개월 정도가 소요되며, 바나나 열매는 4-6개월마다 수확하여 1년에 2-3회 수확하기 때문에 수확량이 많은 편이다 [1]. 뿐만 아니라, 영양가가 높아 20세기 초 미국의학협회 (American Medical Association)에서 승인한 최초의 수퍼푸드 타이틀을 받은 과일로 세계 5대 식량 작물인 옥수수, 콩, 밀, 보리 및 감자를 대체할 수 있어서 그 가치의 중요성이 증가하고 있다 [2]. 주로 인도, 중국, 필리핀 등 아시아에서 50% 이상, 아프리카에서 18%, 브라질, 에콰도르, 콜롬비아 등 남미에서 16%, 그 외 중미 9% 정도 생산되어 세계 각국으로 유통되고 있다 [3].

우리나라에서 바나나의 수입량은 국내 수입 과실류 중에서 가장 많은 비중을 차지하고 있으며 꾸준히 일정량을 유지하며 증가하고 있다 [4]. 바나나의 1일 국민 평균 섭취량도 국민의 상

Moo-Hyeog Im (✉)
E-mail: imh0119@daegu.ac.kr

¹Department of Environmental and Biological Chemistry, Chungbuk National University, Chungbuk, Republic of Korea

²Department of Food Engineering, Daegu University, Gyeongbuk, Republic of Korea

This is an Open Access article 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.

시 섭취 식품인 깻잎, 고사리 및 취나물 보다 많이 섭취하고 있는 편이다[5]. 우리나라는 주로 필리핀, 과테말라, 에콰도르 및 페루에서 생산된 바나나를 수입하고 있다[6]. 수입 바나나는 2014년 iprodione 및 prochloraz 각각 21 및 1건, 2015년 iprodione 및 prochloraz 각각 15 및 4건, 2016년 iprodione 5건, 2017년 iprodione, pyraclostrobin 및 fipronil 각각 2, 1 및 1건으로 통관 검사에서 잔류농약 부적합을 발생시켜 잔류농약 부적합으로 보고되었다[7-10].

바나나에 대한 잔류농약 모니터링은 우리나라를 비롯하여 미국, 일본, 영국 및 EU 각국에서 수입 통관 절차 및 유통 식품 모니터링으로 검사하는 경우가 대부분이다[11]. 바나나는 열대 및 아열대 기후에서 생산되므로 우리나라 등 대부분 국가가 수입에 의존하고 있고, 성장 기간 중은 물론이고 선박을 이용한 긴 운송기간동안 속도조절 및 해충방제를 위하여 수확 후에도 농약을 처리하고 있다. 작물의 성장기간동안 살포된 농약은 태양광과 같은 외부 환경 및 작물의 성장과 함께 희석 효과를 보여 초기 잔류량이 빠르게 분해 및 소실되지만, 저장기간 중 살포되는 농약의 잔류에 대하여 관리가 철저히 이루어져야 한다[12,13]. 잔류농약에 대한 대부분 연구논문은 분석방법 등에 대한 내용으로 정부차원의 규제 모니터링 결과 이외에 연구 차원의 바나나 잔류농약 모니터링 연구는 드물다[14,15]. 바나나에 대한 잔류농약 모니터링 연구 보고를 살펴보면, 이탈리아로 수입된 에콰도르, 파나마 및 코스타리카산 바나나 50건에 대하여 benzimidazole계 살균제인 benomyl, carbendazim, thiabendazole 및 thiophanate-methyl 모니터링 연구와 스페인 카나리 제도 현지 시장에서 수거한 바나나 57건을 살충제인 ethoprophos, dimethoate, diazinon, malaoxon, chlorpyrifos-methyl, fenitrothion, malathion, chlorpyrifos, fenamiphos, buprofezin 및 phosmet 11종의 모니터링에 대한 연구에 불과하다[16,17].

따라서 본 연구에서는 우리나라뿐만 아니라 미국, EU, 일본 및 영국의 잔류농약 모니터링 자료를 이용하여 바나나 중 검출 농약을 조사하고 이 검출 농약에 대한 검출률 및 잔류량을 수집하고 정리하여 검출 경향을 비교 및 분석하여 우리나라의 바나나에 대한 잔류농약 안전관리를 위한 기초자료로 활용할 수 있도록 하였다.

바나나의 잔류농약 모니터링 자료 수집

바나나의 잔류농약 모니터링 자료는 미국 Food and Drug Administration (FDA), 일본 후생노동성, 유럽연합(European Union, EU) European Food Safety Authority (EFSA) 및 Rapid Alert System for Food and Feed (RASFF), 영국 (United Kingdom, UK) Health and Safety Executive (HSE) 및 대한민국 식품의약품안전처(Ministry of Food and Drug Safety, MFDS)의 잔류농약 모니터링 보고서 중 바나나 모니터링 결과가 있는 연도의 자료와 각국 정부에서 발표한 잔류농약 부적합 자료를 수집하였다.

미국은 FDA 홈페이지에 모니터링 원자료를 제공해 주고 있으며 이들 중 검출 이력이 있는 자료만 사용하였다. 2010-2016년 신선 바나나를 비롯한 바나나 스낵 및 음료와 같은 가공식품 및 플랜테인의 잔류농약 자료가 모두 바나나로 포함되어 본 연구를 위하여 활용되었다[18].

일본은 후생노동성 홈페이지에서 2007-2015년 모니터링 자료

와 2013 및 2016-2018년 수입식품 중 잔류농약 부적합 발표 자료를 사용하였다[19,20]. 일본의 모니터링 자료 중 수입식품은 원산지가 표시되지 않고 수입으로만 표시되어 있다. 수입식품 부적합 모니터링 발표 사이트를 참고하여 페루 및 필리핀에서 수입된 바나나가 부적합 되었음을 추정 할 수 있었으나 원산지를 수입(일본)으로 처리 하였다.

EU의 자료는 EFSA에서 발표한 2009-2015년 식품 중 잔류농약에 대한 보고서 및 RASFF 홈페이지에서 2014, 2016 및 2017년 잔류농약 부적합 자료를 사용하였다[21,22]. EFSA는 모든 보고 국가의 주요 소비 식품 및 자주 발생하는 잔류농약에 대하여 통계적으로 나타나는 결과를 제공하는 것을 목표로 하여 EU 모니터링 프로그램(EU-coordinated programme, EUCP)에 따라 1년 단위 3년 주기로 바나나를 포함한 일반적 주요 소비 식품 30여 개를 정기적으로 모니터링하고 있으며 이를 보충하기 위하여 국가별 프로그램(National control programmes for pesticide residues, NCP)을 통한 모니터링도 이루어지고 있다. EU의 자료는 시료 수, 검사 농약 수 및 검출 건수를 알 수 있었으나 일부는 검출 빈도가 높은 4-5개 농약의 검출률만 제공되어 검출 건수로 재전환 하였고, 각 시료의 검출 건수가 분명하지 않은 경우는 1건으로 처리하였다.

영국의 자료는 HSE 홈페이지에서 2012 및 2015-2018년의 생산단계, 유통단계 및 학교급식 잔류농약 모니터링 조사 자료를 사용하였다[23-25]. 영국의 식품 중 잔류농약 모니터링 계획 및 결과는 2011년 이후부터 잔류농약전문가위원회(Expert Committee on Pesticide Residues in Food, PRiF)에 의해 감독 되고 분기별로 보고서를 발간한다. 바나나는 껍질 및 과육을 포함한 전체 과일을 대상으로 하며 롤링프로그램(Rolling Programme)에 의해 3년 주기로 조사되고 있다.

우리나라 MFDS의 자료는 식품의약품안전평가원(National Institute of Food and Drug Safety Evaluation, NIFDS)의 잔류농약 모니터링 관련 연구보고서에서 바나나 중 잔류농약 검출이력이 있는 2012, 2013, 2015 및 2016년 자료를 이용하였다[26]. 원산지는 시료 별로 분명하게 구분할 수 없어서 수입(한국)으로 표시하였다. 바나나는 국내에서 재배를 시도하고 있지만 현재 전량 수입에 의존하고 있으며 국내 유통단계에서 원산지 표기를 하지 않고 모니터링을 실시한 결과이기 때문이다.

각 국가별로 발췌된 자료는 내용을 발표연도, 검사국, 발표기관, 원산지, 검출 농약, 검사 건수, 검출 건수 및 잔류량으로 정리하고 통합하여 사용하였다. 바나나 생산국을 파악할 수 있는 경우에는 원산지 기준으로도 정리하여 바나나 생산지별 잔류 실태를 파악할 수 있도록 하였다. 검출 농약의 명칭은 국내 시험법에 따라 검출되는 농약 성분으로 정리하여 농약 성분별 잔류 실태를 파악하도록 하였고, benomyl 및 thiophanate-methyl은 carbendazim으로, triadimefon은 triadimenol로, thiodicarb는 methomyl로, maneb, mancozeb, metiram, propineb, thiram 및 ziram은 dithiocarbamates로, omethoate는 dimethoate로 통합하였다. 검사 건수는 분석된 시료 수를 알 수 있는 경우에 시료 수로 명시하였고, 검출 건수는 정량한계(Limit of Quantification, LOQ) 이상 검출된 결과를 자료로 사용하였다. 검사 건수 및 검출 건수가 명시되지 않고 잔류량만 있으면 검사 건수 및 검출 건수를 같도록 처리하였다. 잔류량은 보고된 자료를 그대로 인용하였으며, 평균과 최대 및 최소와 최대 잔류량을 같이 알 수

있는 경우에는 최대 잔류량을 선택하였다. 검사 건수 및 검출 건수는 알 수 있으나 잔류량이 명시되지 않은 경우는 잔류량을 공란으로 처리하였다.

바나나의 잔류농약 모니터링 결과

총 109종 농약이 미국, EU, 영국, 일본 및 우리나라에서 실시한 바나나의 잔류농약 모니터링 자료에서 검출되었다. Table 1은 검출 농약 목록으로 총 검사 건수, 검출 건수(검출률) 및 최고 잔류량을 표시하고 한국 및 Codex의 바나나에 대한 잔류허용기준(Maximum Residue Levels, MRLs)과 비교할 수 있도록 나타내었다[27,28]. 전체적으로 잔류농약은 109종 농약에 대하여 206,894건을 검사하여 9,483건에서 검출되어 4.58%의 검출률을 나타내었다. 농약 검출 건수는 chlorpyrifos 2,344건, imazalil 1,848건, azoxystrobin 1,202건, thiabendazole 977건, bifenthrin 640건 및 carbendazim 579건의 순으로 조사되었다.

검출된 109종 농약 중에서 chlorpyrifos가 9,520건 검사에서 2,344건의 농약이 검출되어서 검출률이 24.62%로 가장 높은 결과를 보였다. Chlorpyrifos는 접촉, 식독 및 호흡을 통한 넓은 작용점을 가지고 광범위한 해충에 효과가 있는 유기인계 살충제이며 K_{ow} 값이 4.7로 잔류될 확률이 다른 농약에 비해 높은 편이다[29].

Imazalil은 8,309건 검사 결과, 1,848건이 검출되어 22.24%의 검출률을 보였으며, 이 농약은 광범위하게 사용되고 있는 이행성 키랄 살균제로 거울상 이성질체의 차이를 구별하지 않는 라세미 혼합물이다[30].

Methyl-bromide, azoxystrobin, carbendazim, pretilachlor 및

thiabendazole이 각각 22.03, 13.79, 13.75, 12.37 및 10.62%의 검출률을 나타내었다. 광범위한 곰팡이 방제에 효과가 있는 침투성 살균제 carbendazim은 4,212건 검사하여 579건 검출되어 13.75%의 상대적으로 높은 검출률을 보였으나, imidacloprid, pyrimethanil, cyhalothrin 및 difenoconazole은 5,146-6,780건의 많은 검사 건수에도 불구하고 각각 0.55, 0.56, 0.82 및 0.19%의 검출률로 상대적으로 낮은 검출률을 나타내었다.

2012년 EU EFSA 보고서에 의하면 acrinathrin이 포르투갈산 바나나에서 3.3 mg/kg의 높은 잔류량을 나타내었는데, 당시 EU의 MRL은 0.5 mg/kg이었다[31]. 현재는 우리나라 및 EU의 acrinathrin에 대한 바나나의 MRL은 각각 0.01 및 0.02 mg/kg이다[27,32].

검출 농약들의 최고 잔류량이 우리나라에서 농약허용물질목록관리제도(Positive List System, PLS)가 시행된 현재 검출되었다고 가정하였을 때, 우리나라의 바나나에 대한 잔류허용기준이 있는 농약 중 기준 초과에 해당하는 농약은 acrinathrin, azoxystrobin, bifenthrin, bitertanol, buprofezin, carbendazim, clothianidin, endosulfan, imazalil, imidacloprid, iprodione, tebuconazole, thiabendazole, thiamethoxam 및 trifloxystrobin이었다. 2-Phenylphenol, atrazine, biphenyl 및 cyfluthrin 등 기준이 없는 농약 59종은 0.01 mg/kg의 불검출 수준 관리를 적용 받게 될 것이다. 실제 우리나라의 모니터링 자료를 살펴보면 수입 바나나는 기준이 없는 미등록 농약에 대한 검출률이 높았다[26]. 바나나에 대한 기준 설정 농약 수는 PLS 실시로 42종에서 83종으로 증가되었다[27,33]. 대한민국의 수입식품 중 농약 잔류허용기준(Import Tolerance, IT) 설정은 2019년 1월 1일부

Table 1 Trends of the detection of residual pesticide in bananas among global residual pesticide monitoring results from 2007 to 2018

No.	Detected Pesticide	No. of Samples Analyzed	No. of Samples Detected (Detection Rate %)	Residue Concentration (Max, mg/kg)	MRLs ^{d)} (mg/kg)	
					Korea	Codex
1	2-Phenylphenol	2,311	6 (0.26)	0.07		
2	Acetamiprid	2,469	6 (0.24)	0.04	0.4	
3	Acibenzolar-S-methyl	229	1 (0.44)	0.07 ^{b)}		0.06
4	Acrinathrin	2,315	74 (3.2)	3.3 ^{a)}	0.01	
5	Atrazine	327	1 (0.31)	0.04		
6	Azinphos-methyl	1	1 (-)	0.0177	1.0	
7	Azoxystrobin	8,718	1,202 (13.79)	2.04 ^{c)}	2.0	2
8	Bifenthrin	8,073	640 (7.93)	0.2 ^{c)}	0.1	0.1
9	Biphenyl	36	2 (5.56)	0.01		
10	Bitertanol	3,743	72 (1.92)	1.2 ^{c)}	0.5	0.5
11	Boscalid	4,669	50 (1.07)	0.5	0.6	0.6
12	Bromophos-methyl	110	1 (0.91)	0.01		
13	Bromopropylate	1,659	2 (0.12)	0.02	5.0	
14	Bupirimate	1,324	2 (0.15)	0.02		
15	Buprofezin	5,100	185 (3.63)	0.97 ^{c)}	0.2	0.3
16	Captan	51	3 (5.88)	0.019		
17	Carbaryl	655	5 (0.76)	0.02		
18	Carbendazim	4,212	579 (13.75)	0.29 ^{c)}	0.2	0.2
19	Chlorfenapyr	3,838	131 (3.41)	0.08	0.1	
20	Chlorothalonil	1,444	10 (0.69)	0.1	3.0	15

Table 1 Continued

No.	Detected Pesticide	No. of Samples Analyzed	No. of Samples Detected (Detection Rate %)	Residue Concentration (Max, mg/kg)	MRLs ^{d)} (mg/kg)	
					Korea	Codex
21	Chlorpropham	2	2 (-)	0.013	0.05	
22	Chlorpyrifos	9,520	2,344 (24.62)	1.88	2.0	2
23	Chlorpyrifos-methyl	2,631	7 (0.27)	0.08		
24	Clofentezine	1,110	2 (0.18)	0.03	1.0	
25	Clothianidin	854	29 (3.4)	0.07 ^{e)}	0.02	0.02
26	Cyfluthrin	2	2 (-)	0.0142		
27	Cyhalothrin	5,514	45 (0.82)	0.26	0.5	
28	Cypermethrin	5,080	21 (0.41)	0.18	2.0	
29	Cyproconazole	326	1 (0.31)	0.02		
30	Cyprodinil	2,544	7 (0.28)	0.02		
31	DDAC	9	9 (-)	0.292		
32	DDT	1	1 (-)	0.0161		
33	Deltamethrin	4,415	78 (1.77)	0.05		
34	Diazinon	262	1 (0.38)	0.01		
35	Dichlorvos	17	1 (5.88)	0.154		
36	Dicloran	1	1 (-)	0.0155		
37	Difenoconazole	5,146	10 (0.19)	0.06	0.1	0.1
38	Diflubenzuron	1,201	1 (0.08)			
39	Dimethoate	4	4 (-)	0.05	1.0	
40	Dimethomorph	2	2 (-)	0.03		
41	Dinotefuran	172	2 (1.16)	0.07	0.5	
42	Diphenylamine	25	2 (8)	0.0139		
43	Dithiocarbamates	3,666	66 (1.8)	0.4	2.0	2
44	Dodine	1,109	1 (0.09)	0.01		
45	Endosulfan	1,201	1 (0.08)	0.19 ^{a)}	0.1	
46	Epoxiconazole	2,312	10 (0.48)	0.02	0.5	
47	Ethion	1,323	1 (0.08)	0.007		
48	Ethoprophos	51	2 (3.92)	0.014	0.02	0.02
49	Etofenprox	551	30 (5.44)	0.06		
50	Famoxadone	236	1 (0.42)	0.01		
51	Fenarimol	1,323	1 (0.08)	0.1	0.5	0.2
52	Fenazaquin	1,111	4 (0.36)	0.05		
53	Fenbutatin oxide	2	2 (-)	0.03	5.0	10
54	Fenhexamid	1,326	4 (0.3)	0.05		
55	Fenobucarb	871	3 (0.34)	0.04		
56	Fenpropathrin	257	2 (0.78)	0.03	0.5	
57	Fenpropidin	1,237	7 (0.57)	0.07		
58	Fenpropimorph	3,849	200 (5.2)	1.005	2.0	2
59	Fenuron	50	1 (2)	0.01		
60	Fenvalerate	481	1 (0.21)	0.04	1.0	
61	Fipronil	1,440	36 (2.5)	0.07		0.005
62	Flucythrinate	181	1 (0.55)	0.02		
63	Fludioxonil	1,220	5 (0.41)	0.0147		
64	Fluopyram	1,202	2 (0.17)	0.009	0.8	
65	Flusilazole	424	1 (0.24)	0.01		0.03
66	Flutriafol	1,201	4 (0.33)		0.3	

Table 1 Continued

No.	Detected Pesticide	No. of Samples Analyzed	No. of Samples Detected (Detection Rate %)	Residue Concentration (Max, mg/kg)	MRLs ^{d)} (mg/kg)	
					Korea	Codex
67	Folpet	1,323	1 (0.08)	0.02		
68	Fosetyl-aluminium	1	1 (-)	5		
69	Fosthiazate	2,311	3 (0.13)	0.02	0.04	
70	Hexythiazox	3,651	8 (0.22)	0.13		
71	Imazalil	8,309	1,848 (22.24)	2.4 ^{e)}	2.0	2
72	Imidacloprid	6,780	37 (0.55)	1.013 ^{c)}	0.01	0.05
73	Indoxacarb	3,635	12 (0.33)	0.21		
74	Iprodione	3,850	158 (4.1)	2.383 ^{a)}	0.02	
75	Kresoxim-methyl	3,857	17 (0.44)	0.19		
76	Malathion	387	2 (0.52)	0.05		
77	Metalaxyl	180	2 (1.11)	0.0176		
78	Methidathion	1,323	1 (0.08)	0.01		
79	Methiocarb	1,201	1 (0.08)			
80	Methomyl	528	5 (0.95)	0.09		
81	Methyl bromide	118	26 (22.03)	4	20	
82	Monocrotophos	1,100	1 (0.09)	0.03		
83	Myclobutanil	5,913	232 (3.92)	0.49	4.0	
84	Oxamyl	4	4 (-)	0.028	0.2	
85	Pacllobutrazol	1,323	1 (0.08)	0.242		
86	Penconazole	2	2 (-)	0.0131		
87	Permethrin	291	2 (0.69)	0.01	5.0	
88	Phosalone	2,433	3 (0.12)	0.03		
89	Phosmet	11	1 (9.09)	0.01		
90	Pretilachlor	97	12 (12.37)	0.72		
91	Prochloraz	1,282	11 (0.86)	0.25	5.0	7
92	Procymidone	472	1 (0.21)	0.01		
93	Propamocarb	1,110	2 (0.18)	0.03		
94	Propiconazole	1,447	4 (0.28)	0.02	0.1	0.1
95	Pyraclostrobin	1	1 (-)	0.009	0.02	0.02
96	Pyridaben	1	1 (-)	0.0132		
97	Pyrimethanil	6,037	34 (0.56)	0.1	0.1	0.1
98	Pyriproxyfen	2,538	4 (0.16)	0.03		
99	Spinosad	2,780	12 (0.43)	0.033		
100	Spiromesifen	1,297	5 (0.39)	0.01		
101	Spiroxamine	3,671	9 (0.25)	0.0138	3.0	
102	Tebuconazole	4,835	12 (0.25)	0.06 ^{a)}	0.05	1.5
103	Thiabendazole	9,197	977 (10.62)	3.5 ^{a)}	3.0	5
104	Thiamethoxam	4,229	78 (1.84)	0.06 ^{c)}	0.02	0.02
105	Tolyfluanid	1	1 (-)	0.0188		
106	Triadimenol	2,367	14 (0.59)	0.09		1
107	Tribufos	59	1 (1.69)	0.01		
108	Tridemorph	194	3 (1.55)	0.017	1.0	
109	Trifloxystrobin	1	1 (-)	0.071 ^{c)}	0.05	0.05
		206,894	9,483 (4.58)			

^{a)}Residues exceeding Korean MRLs, ^{b)}Residues exceeding Codex MRLs, ^{c)}Residues exceeding Korean & Codex MRLs, ^{d)}As of February 2019

터 PLS가 시행되고 있으므로, 외국 정부 및 농약회사로부터 IT 설정 요청을 받아 계속 증가되고 있는 실정이다.

각 검사국별로 바나나에서 검출된 농약의 종류는 Table 2와 같다. EU에서 가장 많은 85종 농약이 검출되었고, 일본, 미국, 영국 및 우리나라는 각각 57, 23, 18 및 8종 농약이 검출되었다. Azoxystrobin, bifenthrin 및 chlorpyrifos는 모든 국가의 모니터링에서 검출되었다. Boscalid, buprofezin, fenpropimorph, imazalil, iprodione, myclobutanil 및 thiabendazole 농약은 각국 모니터링에서 빈번히 검출되는 성분이었다. 열대 및 아열대 기후 지역에서 재배되는 바나나는 각국에서 주로 수입을 통해 유통되는 농산물이므로 저장 및 유통과정 중 병해충을 방제하기 위해 post-harvest 농약을 처리하게 된다. Azoxystrobin, chlorpyrifos, imazalil 및 thiabendazole 등이 post-harvest 농약으로 사용되고 있으므로, 본 연구 결과에서 검출 빈도가 높은 것으로 판단되었다. 유 등은 생즙 원료 오렌지 및 감귤에서 post-harvest 농약인 imazalil 및 chlorpyrifos의 검출을 확인하였다[34]. 황 등도 수입 과일에 살포된 수확 후 처리 농약의 경시적 변화에서 chlorpyrifos는 처리 직후 과일 전체에서 0.4-2.2 mg/kg, 과육에서 ND-0.32 mg/kg으로 조사 되었고, 4주 후에는 과일 전체에서 0.3-0.9 mg/kg, 과육에서 ND-0.02 mg/kg으로 조사 되었다고 보고하였다[35].

잔류농약 모니터링 자료는 일일추정섭취량(Estimated Daily Intake, EDI) 평가에 활용되고 있으며 위해평가 시 껍질째 농약이 검출된 자료를 활용하고 있다[26]. 한국의 2015년 모니터링에서 바나나 껍질을 미포함한 잔류농약 검사를 실시 하였고 그 결과, 껍질을 제거한 후 농약 검출률은 23.8%로 껍질째 분석한 검출률 57.1%보다 감소 되었다[26]. 정 등도 껍질 제거 전후에 따른 감귤류에 대하여 평균 91.6%의 잔류농약 제거 효과가 있다고 보고하였다[36]. 또한, 조 등에 의해 가식부 및 비가식부

에 대한 분리 실험이 실시 되었고, 잔류량 대부분이 껍질에 잔존함을 보고하였다[37]. 바나나는 껍질을 제거한 후 섭취하게 되므로 위해평가에서 껍질 제거 계수(Peeling Factor)를 고려할 필요도 있다고 판단된다.

각국의 잔류농약 모니터링 결과에서 검출된 농약을 연도별로 검사 건수에 대한 검출 건수로 명시하여 Table 3에 나타내었다. 2007년부터 2018년까지 바나나에 대한 농약의 검출률은 3.36-7.58% 범위였으며, 총 12년간 검출률 평균은 4.58%였다. 2016-2018년의 검출률은 6.33-7.58%로 12년간 평균 검출률보다 높게 나타났는데, 이 결과는 부적합 자료 및 모니터링 보고서를 발표한 일부 국가의 검출 자료만이 수집되었기 때문으로 판단된다. 각국에서 실시한 바나나의 잔류농약 모니터링에서 검출된 총 109종 농약 중 2007-2018년 동안 연도별 검출된 농약 수는 9-55종이었다. 9개 년도 이상 검출된 농약은 azoxystrobin, bifenthrin, buprofezin, carbendazim, chlorfenapyr, chlorpyrifos, clothianidin, cypermethrin, deltamethrin, fenpropimorph, imazalil, imidacloprid, iprodione, myclobutanil, thiabendazole 및 thiamethoxam 16종이었다. 이 중 azoxystrobin 및 bifenthrin은 매년 검출되었다.

Azoxystrobin은 미토콘드리아 전자 전달 체계 중 복합체 III의 퀴논에 결합하여 전자 전달을 저해하여 ATP 생성을 방해하는 기작을 가진 사용 스펙트럼이 넓은 살균제이다[38]. 우리나라에서는 벼의 도열병, 밀구, 흰잎마름병 및 이화병나방 등의 다양한 병해충 방제에 사용하도록 등록되어 있으며, 고추, 상추 및 수박 등의 흰가루병, 인삼의 점무늬병과 탄저병 예방 및 치료 효과를 동시에 보인다[39]. 우리나라에는 가지, 감귤 및 바나나 등 99종의 식품에 이 농약에 대한 잔류허용기준이 설정되었다[27].

Bifenthrin은 접촉 및 식독으로 나트륨 채널에 간섭하여 신경계에 영향을 주는 피레스로이드계 살충제로 K_{ow} 값은 6.0 이상

Table 2 List of residual pesticides detected in bananas by country among global residual pesticide monitoring results from 2007 to 2018

Country (No.) ^{a)}	Detected Pesticides
EU (85)	2-Phenylphenol, Acetamidiprid, Acrinathrin, Azinphos-methyl, Azoxystrobin, Bifenthrin, Biphenyl, Bitertanol, Boscalid, Bromopropylate, Bupirimate, Buprofezin, Carbaryl, Carbendazim, Chlorothalonil, Chlorpropham, Chlorpyrifos, Chlorpyrifos-methyl, Clofentezine, Cyfluthrin, Cyhalothrin, Cypermethrin, Cyprodinil, DDAC, DDT, Deltamethrin, Dicloran, Difenconazole, Diflubenzuron, Dimethoate, Dimethomorph, Diphenylamine, Dithiocarbamates, Dodine, Endosulfan, Epoxiconazole, Ethion, Ethoprophos, Fenarimol, Fenazaquin, Fenbutatin oxide, Fenhexamid, Fenpropidin, Fenpropimorph, Fipronil, Fludioxonil, Flupropylam, Flutriafol, Folpet, Fosetyl-aluminium, Fosthiazate, Hexythiazox, Imazalil, Imidacloprid, Indoxacarb, Iprodione, Kresoxim-methyl, Malathion, Metalaxyl, Methidathion, Methiocarb, Methomyl, Monocrotophos, Myclobutanil, Oxamyl, Paclbutrazol, Penconazole, Phosalone, Prochloraz, Propamocarb, Propiconazole, Pyraclostrobin, Pyridaben, Pyrimethanil, Pyriproxyfen, Spinosad, Spiromesifen, Spiroxamine, Tebuconazole, Thiabendazole, Thiamethoxam, Tolyfluanid, Triadimenol, Tridemorph, Trifloxystrobin.
Japan (57)	Acetamidiprid, Acibenzolar-S-methyl, Atrazine, Azoxystrobin, Bifenthrin, Bitertanol, Boscalid, Bromophos-methyl, Bromopropylate, Buprofezin, Carbaryl, Carbendazim, Chlorfenapyr, Chlorothalonil, Chlorpyrifos, Chlorpyrifos-methyl, Clothianidin, Cyhalothrin, Cypermethrin, Cyproconazole, Deltamethrin, Diazinon, Difenconazole, Dinotefuran, Etofenprox, Famoxadone, Fenobucarb, Fenpropathrin, Fenpropimorph, Fenvalerate, Fipronil, Flucythrinate, Flusilazole, Imazalil, Imidacloprid, Iprodione, Kresoxim-methyl, Malathion, Metalaxyl, Methomyl, Methyl bromide, Myclobutanil, Permethrin, Pretilachlor, Prochloraz, Procymidone, Propiconazole, Pyrimethanil, Spinosad, Spiromesifen, Spiroxamine, Tebuconazole, Thiabendazole, Thiamethoxam, Triadimenol, Tribufos, Tridemorph.
USA (23)	Azoxystrobin, Bifenthrin, Biphenyl, Boscalid, Buprofezin, Captan, Carbendazim, Chlorothalonil, Chlorpyrifos, Cyhalothrin, Cyprodinil, Dichlorvos, Diphenylamine, Ethoprophos, Fenpropathrin, Fenpropimorph, Fenuron, Fludioxonil, Hexythiazox, Imazalil, Iprodione, Phosmet, Thiabendazole.
UK (18)	Azoxystrobin, Bifenthrin, Bitertanol, Boscalid, Buprofezin, Chlorpyrifos, DDAC, Dithiocarbamates, Fenpropidin, Fenpropimorph, Imazalil, Imidacloprid, Myclobutanil, Permethrin, Pyrimethanil, Pyriproxyfen, Spinosad, Thiabendazole.
Korea (8)	Azoxystrobin, Bifenthrin, Chlorpyrifos, Etofenprox, Iprodione, Myclobutanil, Prochloraz, Thiamethoxam.

^{a)}Numbers of pesticides detected

으로 물에 잘 녹지 않는다[38]. 진딧물, 응애, 노린재, 파밤나방, 목화바둑명나방, 배추좀나방 및 잎말이나방 등을 방제하기 위하여 수박, 사과, 수수, 시금치, 오이, 유채 및 참깨 등에 사용하도록 bifenthrin은 우리나라에 등록되어 있다[40].

포르투갈산 바나나에서 검출된 endosulfan은 2015년 EU 모니터링에서만 보고되었다. 토양에 잔류된 endosulfan이 작물로 흡수이행 되어 나타난 결과로 판단된다. Endosulfan은 과거 낮은 농도에서도 탁월한 살충력을 나타내어 응애와 담배나방 방제에 흔히 사용되었던 유기염소계 살충제였으나 높은 생물농축성과 독성, 그리고 장거리 이동성으로 인해 잔류성유기오염물질(Persistent Organic Pollutants, POPs)로 규정되어 국제적으로 생산 및 사용이 금지되었다[41,42]. 그러나 인도, 중국 및 여러 개발도상국에서 여전히 사용되고 있으며 토양, 퇴적층, 민물, 해수, 대기 등 다양한 환경에서 최근까지 검출되고 있다[43]. 우리나라는 2011년에 endosulfan의 농약 등록을 취소하였고, 2015년에 POPs으로 등록하여 endosulfan에 대한 관리를 강화하였다[44].

본 연구에서 정확한 원산지를 알 수 있는 자료를 활용하여 조사된 바나나 원산지는 26(프랑스의 해외 주인 과들루프 포함) 개국이었으며, 검출 농약 48종에 대한 24,330건 검사에서 검출된 2,143건을 원산지별 농약 검출현황으로 Table 4에 나타내었다. 원산지별 검출현황은 각국의 자료 중 원산지 미상으로 표

기한 검출 농약 79종에 대한 검출 4,169건, 한국의 모니터링 자료 중 검출된 8종 농약에 대한 39건 및 일본의 모니터링 자료 중 원산지가 표시된 chlorfenapyr, chlorpyrifos, cypermethrin, fipronil와 imidacloprid의 검출 자료를 제외한 57종에 대한 검출 3,132건을 원산지를 알 수 없어서 제외하였다. 다만, 제외된 100종 농약 중 39종은 원산지를 알 수 있는 농약과 중복되었다.

다수 농약이 검출되는 바나나의 원산지는 코스타리카, 에콰도르, 콜롬비아 및 캐나다로 나타났다. 코스타리카산에서 azoxystrobin, bifenthrin, boscalid, buprofezin, chlorpyrifos, dithiocarbamates, ethoprophos, fenpropimorph, imazalil, myclobutanil, oxamyl, pyrimethanil, pyriproxyfen 및 thiabendazole 14종 농약이 검출되었고, 에콰도르산에서 bifenthrin, biphenyl, carbaryl, carbendazim, chlorpyrifos, DDAC, diphenylamine, fenpropimorph, fosetyl-aluminium, imazalil, thiabendazole, 및 tridemorph 12종 농약이 검출되었다. 콜롬비아를 원산지로 하는 바나나에서 azoxystrobin, boscalid 및 trifloxystrobin 등 11종 농약이 검출되었다. 캐나다가 원산지인 바나나는 바나나를 포함한 혼합 과일 제품을 미국이 캐나다에서 수입하며 검출된 농약 때문에 10종이 검출되었다. 인디아, 페루 및 수리남에서는 각각 carbendazim, fipronil 및 iprodione 1종 농약씩만 검출되었다.

검출된 농약 중 imazalil은 벨리즈, 브라질, 카메룬, 콜롬비아, 코스타리카, 코트디부아르, 도미니카공화국, 에콰도르, 프랑스,

Table 3 Tendency to detect residual pesticide in bananas per year among global residual pesticide monitoring results from 2007 to 2018

Pesticide	Year											
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
2-Phenylphenol	-	-	-	-	-	2/1109 ^{a)}	1/1	-	3/1201	-	-	-
Acetamiprid	-	-	1/306	-	1/327	-	1/304	1/331	2/1201	-	-	-
Acibenzolar-S-methyl	-	-	1/229	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Acrinathrin	-	-	-	1/1	1/1	37/1111	1/1	-	34/1201	-	-	-
Atrazine	-	-	-	-	-	-	1/327	-	-	-	-	-
Azinphos-methyl	-	-	-	1/1	-	-	-	-	-	-	-	-
Azoxystrobin	20/269	29/267	115/1713	28/370	16/206	355/1664	60/434	55/341	480/2758	16/250	13/176	15/270
Bifenthrin	7/333	4/350	89/1803	22/427	28/286	135/1528	30/436	32/347	271/2227	11/148	2/26	9/162
Biphenyl	-	-	-	-	-	1/35	1/1	-	-	-	-	-
Bitertanol	-	2/210	2/378	5/196	5/185	52/1524	3/353	2/318	1/579	-	-	-
Boscalid	-	-	1/1323	1/1	-	3/1355	1/1	2/221	32/1592	3/50	-	7/126
Bromophos-methyl	-	-	-	-	-	-	-	-	1/110	-	-	-
Bromopropylate	-	-	2/1659	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bupirimate	-	-	1/1323	-	-	-	1/1	-	-	-	-	-
Buprofezin	-	-	2/1615	1/1	1/1	2/1109	1/1	5/402	157/1734	6/67	2/26	8/144
Captan	-	-	-	-	-	-	-	3/51	-	-	-	-
Carbaryl	-	-	-	2/348	-	1/305	1/1	-	1/1	-	-	-
Carbendazim	5/24	9/22	524/2662	8/24	3/11	9/120	7/43	9/48	5/1258	-	-	-
Chlorfenapyr	15/368	14/356	17/507	11/464	12/452	13/418	17/378	18/472	14/423	-	-	-
Chlorothalonil	2/51	1/29	2/1343	1/1	1/1	1/1	1/1	1/17	-	-	-	-
Chlorpropham	-	-	-	-	1/1	-	1/1	-	-	-	-	-
Chlorpyrifos	115/452	150/447	344/1925	168/617	226/634	447/1884	218/779	242/582	426/2082	4/46	-	4/72
Chlorpyrifos-methyl	1/321	-	-	-	-	1/1109	-	-	5/1201	-	-	-
Clofentezine	-	-	-	1/1	-	1/1109	-	-	-	-	-	-
Clothianidin	2/94	7/187	3/59	5/88	3/77	2/76	3/100	2/82	2/91	-	-	-

Table 3 Continued

Pesticide	Year											
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Cyfluthrin	-	-	-	1/1	1/1	-	-	-	-	-	-	-
Cyhalothrin	-	5/387	4/1852	6/480	1/1	5/1532	4/376	16/481	4/405	-	-	-
Cypermethrin	4/400	-	1/572	1/1	2/472	2/1551	2/2	4/463	4/1618	1/1	-	-
Cyproconazole	-	-	1/326	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cyprodinil	-	-	1/1323	1/1	-	1/1	1/1	1/17	2/1201	-	-	-
DDAC	-	-	-	-	-	9/9	-	-	-	-	-	-
DDT	-	-	-	-	1/1	-	-	-	-	-	-	-
Deltamethrin	4/363	5/329	5/417	6/364	9/365	6/1450	14/308	17/430	12/389	-	-	-
Diazinon	-	-	-	1/262	-	-	-	-	-	-	-	-
Dichlorvos	-	-	-	-	-	-	-	1/17	-	-	-	-
Dicloran	-	-	-	1/1	-	-	-	-	-	-	-	-
Difenoconazole	1/320	1/329	3/1778	-	1/1	3/1517	-	-	1/1201	-	-	-
Diflubenzuron	-	-	-	-	-	-	-	-	1/1201	-	-	-
Dimethoate	-	-	-	1/1	1/1	-	1/1	1/1	-	-	-	-
Dimethomorph	-	-	-	1/1	-	-	-	-	1/1	-	-	-
Dinotefuran	-	-	2/172	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Diphenylamine	-	-	-	1/24	1/1	-	-	-	-	-	-	-
Dithiocarbamates	-	-	1/1323	1/1	1/1	36/1109	1/1	-	24/1201	1/17	1/13	-
Dodine	-	-	-	-	-	1/1109	-	-	-	-	-	-
Endosulfan	-	-	-	-	-	-	-	-	1/1201	-	-	-
Epoxiconazole	-	-	-	1/1	1/1	7/1109	1/1	-	1/1201	-	-	-
Ethion	-	-	1/1323	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ethoprophos	-	-	-	-	-	-	1/1	-	1/50	-	-	-
Etofenprox	-	-	-	-	-	-	-	19/223	11/328	-	-	-
Famoxadone	-	-	1/236	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fenarimol	-	-	1/1323	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fenazaquin	-	-	-	1/1	1/1	2/1109	-	-	-	-	-	-
Fenbutatin oxide	-	-	-	-	1/1	1/1	-	-	-	-	-	-
Fenhexamid	-	-	1/1323	-	1/1	1/1	1/1	-	-	-	-	-
Fenobucarb	-	1/295	1/250	1/326	-	-	-	-	-	-	-	-
Fenpropathrin	-	-	-	-	1/240	-	-	1/17	-	-	-	-
Fenpropidin	-	-	-	-	-	-	-	-	5/1201	-	-	2/36
Fenpropimorph	-	1/146	1/316	1/1	1/1	55/1319	2/249	1/17	123/1585	12/171	2/26	1/18
Fenuron	-	-	-	-	-	-	-	-	1/50	-	-	-
Fenvalerate	-	-	-	-	-	-	-	1/481	-	-	-	-
Fipronil	-	1/147	2/319	-	1/1	1/185	11/310	6/243	2/223	-	-	12/12
Flucythrinate	-	-	-	1/181	-	-	-	-	-	-	-	-
Fludioxonil	-	-	-	1/1	-	1/1	-	1/17	2/1201	-	-	-
Fluopyram	-	-	-	-	-	-	1/1	-	1/1201	-	-	-
Flusilazole	-	-	-	-	1/424	-	-	-	-	-	-	-
Flutriafol	-	-	-	-	-	-	-	-	4/1201	-	-	-
Folpet	-	-	1/1323	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fosetyl-aluminium	-	-	-	-	-	-	-	1/1	-	-	-	-
Fosthiazate	-	-	-	-	-	1/1109	1/1	-	1/1201	-	-	-
Hexythiazox	-	-	1/1323	-	1/1	3/1109	-	1/17	2/1201	-	-	-
Imazalil	-	1/138	593/1478	9/219	5/146	572/1773	10/502	16/444	590/2829	23/333	17/231	12/216

Table 3 Continued

Pesticide	Year											
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Imidacloprid	4/243	4/238	2/1713	2/398	5/359	5/1484	5/296	3/360	6/1688	-	1/1	-
Indoxacarb	-	-	1/1323	1/1	1/1	4/1109	-	-	5/1201	-	-	-
Iprodione	41/280	49/283	37/1620	2/81	5/83	6/123	12/99	4/47	2/1234	-	-	-
Kresoxim-methyl	1/339	1/349	1/1323	5/388	2/281	3/422	3/391	1/364	-	-	-	-
Malathion	-	-	-	-	-	1/1	-	1/386	-	-	-	-
Metalaxyl	1/179	-	-	1/1	-	-	-	-	-	-	-	-
Methidathion	-	-	1/1323	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Methiocarb	-	-	-	-	-	-	-	-	1/1201	-	-	-
Methomyl	-	-	-	2/222	1/113	-	-	1/1	1/192	-	-	-
Methyl bromide	2/13	-	2/24	2/11	3/10	2/10	2/9	6/17	7/24	-	-	-
Monocrotophos	-	-	1/1100	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Myclobutanil	-	-	1/1323	1/1	1/1	73/1565	3/421	5/501	134/1890	7/109	5/66	2/36
Oxamyl	-	-	-	-	1/1	-	1/1	-	-	2/2	-	-
Pacllobutrazol	-	-	1/1323	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Penconazole	-	-	-	1/1	1/1	-	-	-	-	-	-	-
Permethrin	-	-	-	-	1/273	-	-	-	-	-	-	1/18
Phosalone	-	-	1/1323	-	1/1	1/1109	-	-	-	-	-	-
Phosmet	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1/11	-	-
Pretilachlor	-	4/23	6/34	2/40	-	-	-	-	-	-	-	-
Prochloraz	-	-	-	-	4/37	5/1182	1/44	1/19	-	-	-	-
Procymidone	-	-	-	1/472	-	-	-	-	-	-	-	-
Propamocarb	-	-	-	1/1	-	1/1109	-	-	-	-	-	-
Propiconazole	-	1/337	-	1/1	-	2/1109	-	-	-	-	-	-
Pyraclostrobin	-	-	-	-	-	-	1/1	-	-	-	-	-
Pyridaben	-	-	-	1/1	-	-	-	-	-	-	-	-
Pyrimethanil	-	-	2/1774	2/555	2/637	7/1524	2/338	-	19/1209	-	-	-
Pyriproxyfen	-	-	1/1323	1/1	-	-	-	-	2/1214	-	-	-
Spinosad	-	2/93	-	1/152	-	3/1110	1/189	-	4/1218	-	-	1/18
Spiromesifen	-	1/35	2/27	1/34	-	-	-	-	1/1201	-	-	-
Spiroxamine	-	-	1/1323	-	1/1	3/1145	1/1	-	3/1201	-	-	-
Tebuconazole	1/375	3/382	1/544	1/477	1/479	2/454	1/433	-	2/1691	-	-	-
Thiabendazole	-	5/270	2/1727	11/454	8/430	303/1915	7/447	13/376	580/2851	20/264	9/121	19/342
Thiamethoxam	10/252	10/248	15/372	12/381	7/336	8/358	5/284	3/345	7/1641	1/12	-	-
Tolyfluanid	-	-	-	-	1/1	-	-	-	-	-	-	-
Triadimenol	1/231	-	1/339	3/175	3/189	1/1109	5/324	-	-	-	-	-
Tribufos	-	-	-	-	-	-	-	-	1/59	-	-	-
Tridemorph	-	-	-	-	-	1/192	-	-	2/2	-	-	-
Trifloxystrobin	-	-	-	-	-	-	-	-	1/1	-	-	-
No. of Detected Pesticides	19	25	51	54	50	53	47	37	55	14	9	13
No. of Detected Samples/ No. of Samples (Detection Rate %) ^{b)}	237/ 4907 (4.83)	311/ 5897 (5.27)	1804/ 53680 (3.36)	346/ 8255 (4.19)	379/ 7077 (5.36)	2200/ 47481 (4.63)	450/ 8196 (5.49)	497/ 8497 (5.85)	3006/ 59267 (5.07)	108/ 1481 (7.29)	52/ 686 (7.58)	93/ 1470 (6.33)
Reporting Country	Japan	Japan	Japan EU	Japan EU USA	Japan EU USA	Japan EU USA UK Korea	Japan EU USA Korea	Japan EU USA	Japan EU USA UK Korea	Japan EU USA UK Korea	Japan EU UK	Japan UK

^{a)}No. of Detected Samples/No. of Samples, ^{b)}Total No. of Detected Samples per Year /Total No. of Samples per Year

가나, 과테말라, 온두라스, 멕시코, 파나마, 세인트루시아 및 원 드워드제도산 바나나에서 검출되어 가장 많은 원산지에서 검출되었다. Chlorpyrifos는 13개, azoxystrobin 및 thiabendazole은 11개 원산지에서 검출되었다.

Table 4 Major detected pesticides in bananas by the country of origin among global residual pesticide monitoring results from 2007 to 2018

Origin of Bananas	Detected esticides	No. of Samples Analyzed	No. of Samples Detected	Residue Concentration (mg/kg)
Belize	Azoxystrobin	132	14	0.07-0.7
	Chlorpyrifos	22	5	0.01-0.1
	Imazalil	113	12	0.02-1.2
	Myclobutanil	18	1	0.02
	Thiabendazole	18	1	0.2
	5	303	33	
Brazil	Bifenthrin	18	1	0.01-0.01
	Imazalil	19	2	0.09-0.3
	Thiabendazole	19	2	0.07-0.2
	3	56	5	
Cameroon	Azoxystrobin	93	5	0.07-0.5
	Bitertanol	3	3	0.2-0.5
	Chlorpyrifos	1	1	0.02
	Fenpropimorph	1	1	0.02
	Imazalil	61	13	0.03-0.52
	5	159	23	
Canada	Bifenthrin	17	1	0.124
	Captan	34	2	0.011
	Carbendazim	34	2	0.012-0.013
	Chlorothalonil	17	1	0.01
	Cyprodinil	17	1	0.012
	Dichlorvos	17	1	0.154
	Fenprothrin	17	1	0.01
	Fludioxonil	17	1	0.01
	Hexythiazox	17	1	0.033
Thiabendazole	17	1	0.024	
	10	204	12	
Colombia	Azoxystrobin	262	50	0.02-0.6
	Boscalid	18	1	0.01
	Buprofezin	18	1	0.01
	Chlorpyrifos	15	2	0.02-0.03
	Dimethomorph	1	1	0.03
	Fenpropimorph	17	1	0.005-1.005
	Imazalil	609	51	0.03-1.27
	Myclobutanil	184	33	0.01-0.4
	Thiabendazole	615	40	0.03-0.4
	Tridemorph	1	1	0.013
	Trifloxystrobin	1	1	0.071
	11	1741	182	

Table 4 Continued

Origin of Bananas	Detected esticides	No. of Samples Analyzed	No. of Samples Detected	Residue Concentration (mg/kg)
Costa Rica	Azoxystrobin	663	78	0.01-0.6
	Bifenthrin	561	55	0.01-0.05
	Boscalid	18	1	0.03
	Buprofezin	583	49	0.01-0.97
	Chlorpyrifos	157	17	0.01-0.1
	Dithiocarbamates	13	1	0.05
	Ethoprophos	50	1	0.014
	Fenpropimorph	351	41	0.01-0.7
	Imazalil	785	53	0.04-1.3
	Myclobutanil	182	19	0.02-0.3
	Oxamyl	2	2	0.022-0.028
	Pyrimethanil	8	8	0.01-0.03
	Pyriproxyfen	13	1	0.02
	Thiabendazole	1179	102	0.01-1.1
	14	4565	428	
Cote D'Ivoire	Azoxystrobin	212	15	0.03-1.5
	Bifenthrin	33	2	0.01-0.02
	Bitertanol	3	3	0.07-1
	Boscalid	73	4	0.01-0.5
	DDAC	1	1	0.01
	Dithiocarbamates	17	1	0.06
	Fenpropimorph	34	3	0.01-0.03
	Imazalil	1397	519	0.1-2.3
	Myclobutanil	16	1	0.2
	9	1786	549	
Dominican Republic	Azoxystrobin	10	10	0.02-0.4
	Chlorpyrifos	10	2	0.01
	DDAC	7	7	0.073-0.292
	Imazalil	49	3	0.07-0.3
	Imidacloprid	22	2	0.01-0.04
	Spinosad	35	2	0.01-0.02
	6	133	26	
Ecuador	Bifenthrin	75	5	0.008-0.01
	Biphenyl	35	1	0.01
	Carbaryl	1	1	0.02
	Carbendazim	35	1	0.01
	Chlorpyrifos	105	9	0.01-0.03
	DDAC	1	1	0.011
	Diphenylamine	24	1	0.01
	Fenpropimorph	51	2	0.01-0.04
	Fosetyl-aluminium	1	1	5
	Imazalil	1768	619	0.011-2.4
	Thiabendazole	593	32	0.01-0.823
	Tridemorph	1	1	0.017
	12	2690	674	

Table 4 Continued

Origin of Bananas	Detected esticides	No. of Samples Analyzed	No. of Samples Detected	Residue Concentration (mg/kg)
France (Guadeloupe)	Azoxystrobin	1	1	2.04
	Boscalid	17	1	0.01
	Captan	17	1	0.019
	Fludioxonil	1201	2	0.011
	Imazalil	17	1	0.041
	Iprodione	17	1	0.01
	6	1270	7	
Ghana	Azoxystrobin	207	13	0.02-0.8
	Boscalid	143	7	0.07-0.2
	Imazalil	63	4	0.07-1
	Permethrin	18	1	0.01
	4	431	25	
Guatemala	Azoxystrobin	166	5	0.063-0.262
	Carbendazim	70	2	0.011-0.111
	Chlorpyrifos	532	17	0.016-0.256
	Imazalil	382	12	0.029-0.7
	Thiabendazole	90	3	0.04-0.262
5	1240	39		
Honduras	Azoxystrobin	50	1	0.026
	Chlorpyrifos	50	1	0.01
	Imazalil	24	1	0.461
	Thiabendazole	24	1	0.558
4	148	4		
India	Carbendazim	32	1	0.005
	1	32	1	
Japan	Chlorfenapyr	1	1	0.04
	Chlorpyrifos	10	4	0.004-0.057
	2	11	5	
Mexico	Bifenthrin	61	2	0.026-0.049
	Boscalid	18	1	0.05
	Carbendazim	50	1	0.27
	Chlorpyrifos	88	4	0.01-0.016
	Cyhalothrin	17	1	0.01
	Fenpropidin	36	2	0.02-0.07
	Imazalil	141	6	0.029-0.38
	Thiabendazole	362	11	0.038-1.1
	8	773	28	
Panama	Azoxystrobin	38	2	0.04-0.1
	Bifenthrin	18	1	0.03
	Buprofezin	38	2	0.02-0.09
	Imazalil	59	2	0.474-0.605
	Monocrotophos	1100	1	0.03
	Thiabendazole	62	3	0.05-0.305
6	1315	11		
Peru	Fipronil	2	2	0.02-0.07
	1	2	2	

Table 4 Continued

Origin of Bananas	Detected esticides	No. of Samples Analyzed	No. of Samples Detected	Residue Concentration (mg/kg)
Philippines	Cypermethrin	1	1	0.05
	Fenuron	50	1	0.01
	Fipronil	12	12	0.006-0.015
	Imidacloprid	1	1	0.05
	Phosmet	11	1	0.01
	5	75	16	
	6	1112	38	0.029-3.3
Portugal	Dimethoate	1	1	0.05
	Endosulfan	1201	1	0.19
	Methomyl	1	1	0.077
	Spinosad	1109	2	0.01-0.028
	Thiabendazole	1	1	0.0959
	6	3425	44	
Spain	Buprofezin	1109	2	0.014-0.91
	Chlorpyrifos-methyl	1201	5	0.08
	Imidacloprid	1109	2	0.012-0.06
3	3419	9		
St Lucia	Chlorpyrifos	1	1	0.05
	Imazalil	44	3	0.5-1.5
	2	45	4	
Suriname	Iprodione	1	1	0.032
	1	1	1	
United States	Bifenthrin	50	1	0.01
	Buprofezin	150	3	0.005-0.025
	Chlorpyrifos	35	1	0.086
	Fenpropimorph	150	3	0.011
	4	385	8	
Windward Islands	Chlorpyrifos	18	1	0.04
	Fenpropimorph	18	1	0.01
	Imazalil	85	5	0.8-1.4
3	121	7		

2016년부터 우리나라에 바나나의 수입이 증가하고 있는 페루 및 필리핀에서 검출된 농약은 cypermethrin, fenuron, fipronil, imidacloprid 및 phosmet였다. 이 중 cypermethrin 및 imidacloprid는 국내 기준에 각각 기준 이하 및 초과와 잔류량을 보였으며 다른 농약은 기준이 현재 없는 실정이다.

Cypermethrin은 나트륨 채널에 간섭하여 신경계에 작용하는 피레스로이드계 살충제이며 K_{ow} 6.6으로 접촉 및 식독에 의해 작용한다[45].

Fenuron은 광합성 저해기작을 가진 제초제이고, fipronil은 신경전달물질(γ -aminobutyric acid, GABA) 수용체의 알로스테릭 부위에 결합하여 염소 채널 차단으로 곤충의 신경과 근육이 과잉 자극을 받도록 하는 기작을 가진 phenylpyrazole계 살충제이다[46].

Imidacloprid는 neonicotinoid계 침투성 살충제로 토양에서부

Table 5 List of the country of origin of bananas with 8 pesticides detected among global residual pesticide monitoring results from 2007 to 2018

Detected Pesticides ^{a)}	Origin of Bananas (No. of Country)
Azoxystrobin	Belize, Cameroon, Colombia, Costa Rica, Cote D'Ivoire, Dominican Republic, France, Ghana, Guatemala, Honduras, Panama (11)
Bifenthrin	Brazil, Canada, Costa Rica, Cote D'Ivoire, Ecuador, Mexico, Panama, United States (8)
Chlorpyrifos	Belize, Cameroon, Colombia, Costa Rica, Dominican Republic, Ecuador, Guatemala, Honduras, Japan, Mexico, St Lucia, United States, Windward Islands (13)
Etofenprox	-
Iprodione	France, Suriname (2)
Myclobutanil	Belize, Colombia, Costa Rica, Cote D'Ivoire (4)
Prochloraz	-
Thiamethoxam	-

^{a)}8 types of pesticide detected in the monitoring of residual pesticides on imported bananas in Korea

터 작물의 모든 조직으로 이동이 용이하고 접촉 및 식독을 통하여 곤충의 체내로 들어가며 광범위하게 사용되고 있다[47]. 그 작용기작은 곤충의 니코틴성 아세틸콜린 수용체와 결합함으로써 신경 자극 전달을 차단하여 곤충의 마비 및 사망을 초래한다.

Phosmet는 아세틸콜린의 에스테르 부분에 결합하는 효소의 활성 부위를 차단하여 아세틸콜린 분해효소를 억제함으로써 아세틸콜린의 가수분해를 방해하는 기작을 가진다.

우리나라의 잔류농약 모니터링에서 검출된 농약은 azoxystrobin, bifenthrin, chlorpyrifos, etofenprox, iprodione, myclobutanil, prochloraz 및 thiamethoxam이었으나, 이 농약이 검출된 바나나의 원산지 표시가 없으므로 다른 나라의 모니터링 결과 중 이 8종 농약이 검출된 바나나의 원산지를 Table 5에 나타내었다 [48]. USA, UK, EU 및 일본 모니터링에 의하면 azoxystrobin은 벨리즈, 카메룬, 콜롬비아, 코스타리카, 코트디부아르, 도미니카 공화국, 프랑스, 가나, 과테말라, 온두라스 및 파나마산에서 검출되었는데 프랑스산은 최고 잔류량이 2.04 mg/kg으로 우리나라 및 Codex MRL을 초과한 수준이었다[21,27,28]. Chlorpyrifos는 벨리즈, 카메룬, 콜롬비아, 코스타리카, 도미니카공화국, 에콰도르, 과테말라, 온두라스, 일본, 멕시코, 세인트루시아, 미국 및 윈드워드제도산 바나나에서 검출되었다. Bifenthrin은 브라질, 캐나다, 코스타리카, 코트디부아르, 에콰도르, 멕시코, 파나마 및 미국산 바나나에서 검출되었다. Iprodione은 우리나라에서 최고 잔류량 2.383 mg/kg으로 검출되었으며, 당시 기준은 5.0 mg/kg이어서 적합하였으나 현재기준은 0.02 mg/kg으로 우리나라 MRL을 초과하는 수준이다[26,27]. 미국 및 EU 모니터링에서 iprodione은 각각 프랑스 및 수리남산에서 검출되었는데 프랑스산은 혼합 과일 껍데 제품이었다[18,22]. Iprodione은 삼투압 신호전달에서 미토겐 활성화 단백질(mitogen activated protein, MAP) 히스티딘 효소를 저해하여 곰팡이 포자의 발아 및 균사체의 성장을 억제하는 접촉 살균제이다[38]. Myclobutanil은 벨리즈, 콜롬비아, 코스타리카 및 코트디부아르산에서 검출되었다. Etofenprox, prochloraz 및 thiamethoxam은 일본, 우리나라 및 EU 모니터링에서 검출되었으나, 원산지가 표시되어 있지 않았다. 다른 나라의 모니터링에서 azoxystrobin 및 bifenthrin은 다수의 원산지 중 코스타리카산 바나나에서 각각 78 및 55건으로 가장 높은 검출 건수를 보였고, azoxystrobin의 검출빈도로는 콜

롬비아산에서 19%로 가장 높았다. 벨리즈산 바나나 중 chlorpyrifos는 22.7%의 높은 검출빈도 결과를 보였고, 콜롬비아산 바나나 중 chlorpyrifos 및 myclobutanil은 각각 13.3 및 17.9%의 검출빈도를 보였다. 코스타리카산 바나나 중 chlorpyrifos와 myclobutanil의 농약 검출빈도는 10.8 및 10.4%였다.

감사의 글 본 연구는 2018년도 식품의약품안전처의 연구개발비(17162MFDS029)로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

초 록

이 연구는 농산물의 원산지에 따른 검출 농약을 조사하여 대한민국의 수입 바나나 중 잔류농약 안전 관리 자료로 활용하고자 하였다. 미국, 일본, EU, 영국 및 대한민국의 2007에서 2018년 까지 바나나 중 잔류농약 검사 결과를 활용하여 검출 농약, 검사 건수, 농약 검출 건수 및 검출량으로 정리하였다. 이들 바나나의 잔류농약 검사에서 검출된 농약은 총 109종이었으며, 전체 검사 건수는 206,894건이었다. 이 중 9,483건에서 잔류농약이 검출되었으며, 농약 검출률은 4.58%였다. 검출된 농약은 chlorpyrifos, imazalil, methyl-bromide, azoxystrobin, carbendazim, pretilachlor 및 thiabendazole 등 이었으며, 이 농약들의 검출률은 10.62-24.62% 범위였다. Chlorpyrifos가 검출 건수에서 가장 많이 검출되었으며, 다음으로 imazalil, azoxystrobin, thiabendazole, bifenthrin 및 carbendazim 순이었다. EU, 일본, 미국, 영국 및 대한민국의 잔류농약 검사에서 각각 85, 57, 23, 18 및 8종 농약이 검출되었다. Azoxystrobin, bifenthrin 및 chlorpyrifos는 모든 국가의 모니터링에서 검출되었다. 코스타리카 및 에콰도르산 바나나에서 각각 14 및 12종 농약이 검출되었다. Imazalil 및 thiabendazole은 각각 16 및 11개 원산지에서 검출되었다. Myclobutanil 및 iprodione은 각각 4 및 2개국산에서 검출되었다. Azoxystrobin 및 bifenthrin은 코스타리카산 바나나에서 각각 11.8 및 9.8% 검출 건수를 보였고, azoxystrobin의 검출률은 콜롬비아산에서 19%였다. 벨리즈산, 콜롬비아산 및 코스타리카산 바나나 중 chlorpyrifos는 각각 22.7, 13.3 및 10.8%의 검출률을 보였고, 콜롬비아산 및 코스타리카산 바나나 중 myclobutanil의 검출률은 각각 17.9 및 10.4%였다.

Keywords Banana · Imported food · Monitoring · Pesticide residues

References

- Dan K, Kim SJ (2010) BANANA: The Fate of the Fruit That Changed the World, IMAGO, Seoul
- aT Korea Agro Fisheries & Food Trade Corporation (2017) 2016 Distribution Status of Major Agricultural Products, Naju, p 919
- FAOSTAT (2017) banana <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>, Accepted 26 April 2019
- Korea Customs Service, Trade statistics (2019) <https://unipass.customs.go.kr/ets/index.do>, Accepted 26 April 2019
- Ji YJ (2017) Monitoring and Risk Assessment of Pesticide Residues for Agricultural Commodities in Korean and Foreign country. Daegu University, p 10, 73
- Korea Rural Economic Institute (2015) Trend of Agricultural Trade with FTA Partners 3(4)
- MFDS (2015a) Yearbook of Imported Food Inspection 17, p 134, Ministry of Food and Drug Safety, Cheongju, Korea
- MFDS (2016) Yearbook of Imported Food Inspection 18, p 152, 288, 289, Ministry of Food and Drug Safety, Cheongju, Korea
- MFDS (2017) Yearbook of Imported Food Inspection 19, p 106, 308, 309, Ministry of Food and Drug Safety, Cheongju, Korea
- MFDS (2018) Yearbook of Imported Food Inspection 20, p 156, 157, Ministry of Food and Drug Safety, Cheongju, Korea
- Noh HH, Park YS, Kang KW, Park HK, Lee KH, Lee JY, Yeop KW, Choi SR, Kyung KS (2010) Monitoring of Pesticide Residues in Leafy Vegetables Collected from Wholesale and Traditional Markets in Cheongju. Korean J Pest Sci 14(4): 381–393
- Lee JH, Park HW, Keum YS, Kim JH (2008) Post-harvest Safety: Residue Patterns of Boscalid on Cucumber during Storage or by Washing. Kor J Hort Sci Technol AHC 2008: 141
- Kim SH (2013) Residual Characteristics and Processing Factors of Difenoconazole and Pymetrozine in Water Celery. Chungbuk National University
- Aquino A, Navickiene S (2009) MSPD Procedure for Determination of Carbofuran, Pyrimethanil and Tetraconazole Residues in Banana by GC-MS, Chromatographia. doi: 10.1365/s10337-009-1324-4
- Llorent-Martinez EJ, Garcia-Reyes JF, Ortega-Barrales P, Molina-Diaz A (2007): Multicommutated fluorescence based optosensor for the screening of bitertanol residues in banana samples, Food chemistry 102(3): 676–682
- Veneziano A, Vacca G, Arana S, Simone FD, Rastrelli L (2004) Determination of carbendazim, thiabendazole and thiophanate-methyl in banana (*Musa acuminata*) samples imported to Italy. Food chemistry 87(3): 383–386
- Hernandez-Borges J, Cabrera JC, Rodriguez-Delgado MA, Hernandez-Suarez EM, Sauco VG (2009) Analysis of pesticide residues in bananas harvested in the Canary Islands (Spain). Food chemistry 113(1): 313–319
- U.S. FDA. Pesticide Residue Monitoring Program Fiscal Year 2010-2016 Pesticide Report. <http://www.fda.gov/Food/FoodborneIllnessContaminants/Pesticides/ucm2006797.htm>, Accepted 26 April 2019
- MHLW a (Ministry of Health, Labour and Welfare). Test Results such as Pesticide Residues in Food for 2007-2015. https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryoushokuhin/zanryu/index.html, Accepted 26 April 2019
- MHLW b (Ministry of Health, Labour and Welfare). Imported Foods Inspection Services Home Page. <http://www.mhlw.go.jp/english/topics/importedfoods/index.html>, Accepted 26 April 2019. Cho YS, Kang JB, Kim YH, Jeong JA, Huh JW, Lee SH, Lim YS, Bae HJ, Kang HG, Lee JH, Jung ES, Lee BH, Park YB, Lee JB (2012) A survey on pesticide residues of imported fruits circulated in Gyeonggi-do. Korean J Pest Sci 16(3): 195–201
- European Food Safety Authority (2009-2015) The European Union report on pesticide residues in food
- EU RASFF (the Rapid Alert System for Food and Feed) (2014, 2016, 2017) <https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/portal/?event=SearchForm&cleanSearch=1#>, Accepted 26 April 2019
- PRiF a (Pesticide Residues in Food). Pesticide Residues Monitoring Programme for 2012, 2015, 2018. <https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20151023165203/http://www.pesticides.gov.uk/guidance/industries/pesticides/advisory-groups/PRiF/>, <https://www.gov.uk/government/collections/pesticide-residues-in-food-results-of-monitoring-programme>, Accepted 26 April 2019
- PRiF b (Pesticide Residues in Food). School Fruit and Vegetable Scheme report on pesticide residues monitoring for 2015, 2016, 2017. <https://www.gov.uk/government/collections/pesticide-residues-in-food-results-of-monitoring-programme>, Accepted 26 April 2019
- PRiF c (Pesticide Residues in Food). Industry data report for 2012, 2015. <https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20151023165203/http://www.pesticides.gov.uk/guidance/industries/pesticides/advisory-groups/PRiF/>, <https://www.gov.uk/government/collections/pesticide-residues-in-food-results-of-monitoring-programme>, Accepted 26 April 2019
- MFDS (2012, 2013, 2015, 2016) Monitoring of Pesticide Residues in Agricultural Products, Ministry of Food and Drug Safety, Cheongju, Korea
- MFDS (2019) MRLs for Pesticides in Foods. Ministry of Food and Drug Safety, Cheongju, Korea
- Codex Alimentarius (2019) Pesticides MRLs <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/pestres/pesticides/en/>, Accepted 26 April 2019
- Hwang JI, Jeon SO, Lee SH, Lee SE, Hur JH, Kim KR, Kim JE (2014) Distribution Patterns of Organophosphorus Insecticide Chlorpyrifos Absorbed from Soil into Cucumber. Korean J Pest Sci 18(3): 148–155
- Li R, Dong F, Xu J, Liu X, Wu X, Pan X, Tao Y, Chen Z, Zheng Y (2017) Enantioseparation of Imazalil and Monitoring of Its Enantioselective Degradation in Apples and Soils Using Ultrahigh-Performance Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry. J Agric Food chem 65(16): 3259–3267
- EFSA (2014) The 2012 European Union report on pesticide residues in food. European Food Safety Authority
- EU Pesticide database (2019) <https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=pesticide.residue.CurrentMRL&language=EN>, Accepted 26 April 2019
- MFDS (2015b) MRLs for Pesticides in Foods. Ministry of Food and Drug Safety, Cheongju, Korea
- Ryu KS, Park PH, Kim KY, Lim BG, Kang MS, Lee YJ, Yoon MH (2018) Monitoring and Risk Assessment of Pesticide Residues in Agricultural Products for Raw Juice in Gyeonggi-Do, Korea. J Fd Hyg Safety 33(5): 339–346
- Hwang LH, Cho TH, Cho IS, Eom JH, Choe BC, Park YH, Kim HJ, Kim JH (2010) Residue Levels of Pesticides in Post-Harvest Treated Import Fruits During Storage. J Fd Hyg Safety 25(3): 245–250
- Chung SJ, Kim HY, Kim JH, Yeom MS, Cho JH, Lee SY (2014) Monitoring of Pesticide Residues and Risk Assessment in Some Fruits on the Market. Incheon, Korea. Korean J Environ Agric 33(2): 111–120
- Cho YS, Kang JB, Kim YH, Jeong JA, Huh JW, Lee SH, Lim YS, Bae HJ, Kang HG, Lee JH, Jung ES, Lee BH, Park YB, Lee JB (2012) A survey on pesticide residues of imported fruits circulated in Gyeonggi-do. Korean J Pest Sci 16(3): 195–201
- Turner JA (2015) The Pesticide Manual A World Compendium Seventeenth Edition. BCPC, Alton, Hampshire UK
- Korean Crop Protection Association (2017) Guidance Document of Crop Protection Products(Pesticide), Seoul, Korea

40. Lee JY, Noh HH, Park HK, Kim JC, Jeong HR, Jin MJ, Kyung KS (2015) Residual Characteristics and Behavior of Azoxystrobin in Ginseng by Cultivation Conditions. *Korean J Pest Sci* 19(1): 14–21
41. Choi GH, Lee DY, Ryu SH, Park BJ, Moon BC, Kim JH (2018) Investigation of the Bioconcentration Factor of Endosulfan for Rice from Soil. *Korean J Pest Sci* 22(1): 25–28
42. Choi GH, Jeong DK, Lim SJ, Ro JH, Ryu SH, Park BJ, Moon BC, Kim JH (2017) Plant uptake potential of endosulfan from soil by carrot and spinach. *J Appl Biol Chem* 60(4): 339–342
43. Weber J, Halsall CJ, Muir D, Teixeira C, Small J, Solomon K, Hermanson M, Hung H, Bidleman T (2010) Endosulfan, a global pesticide: A review of its fate in the environment and occurrence in the Arctic. *Sci Total Environ* 408: 2966–2984
44. Ahn JH, Park IC, Kim WG, Han BH, You JH (2017) Effect of an Organochlorine Insecticide, Endosulfan on Soil Bacteria Community as Evaluated by 16S rRNA Gene Analysis. *Korean J Pest Sci* 21(1): 1–8
45. Yoo J, Park CG, Lee SW, Choi BR (2001) Cross Resistance of Cypermethrin-and Methomyl-Resistance and Linkage Group Analysis on Cypermethrin Resistance in House Fly (*Musca domestica* L.). *Korean J Appl Entomol* 40(4): 337–344
46. Park SJ, Shin YN, Jeong MH, Paik MK, Lee JB, You AS, Hong SS, Ihm YB (2014) Study on Development Effect on Zebrafish Embryo by Alachlor, Butachlor and Fipronil. *Korean J Pest Sci* 18(1): 14–20
47. Seo EK, Kim TK, Hong SM, Kwon HY, Kwon JH, Son KA, Kim JE, Kim DH (2013) Analysis of Systemic Pesticide Imidacloprid and Its Metabolites in Pepper using QuEChERS and LC-MS/MS. *Korean J Pest Sci* 17(4): 264–270
48. MFDS (2014) Yearbook of Imported Food Inspection 16, p 242–243, Ministry of Food and Drug Safety, Cheongju, Korea