



유통 사료 중 잔류농약 다성분동시분석법 확립 및 모니터링

김진국 · 김호진 · 정명실 · 김충렬 · 정민희 · 이미진 · 강혜민 · 이재현 · 박혜진*

국립농산물품질관리원 시험연구소

Analytical Method Validation and Monitoring of Pesticide Residues in Animal Feeds

Jin Kuk Kim, Ho Jin Kim, Myeong Sil Jeong, Choong Ryeol Kim, Min Hee Jeong, Mi Jin Lee, Hye Min Kang, Jae Wheon Lee and Hyejin Park*

Experiment Research Institute, National Agricultural Products Quality Management Service (NAQS), Kimcheon 39660, Republic of Korea

(Received on June 16, 2016. Revised on September 21, 2016. Accepted on September 28, 2016)

Abstract Safe animal feed is important for the health of animals, the environment and for the safety of foods of animal origin. Therefore, the aims of this study were: 1) to validate simultaneous analytical method and 2) to investigate the amount of pesticide residues in animal feed from Republic of Korea as a part of official control. A total of 126 samples were collected in 2015 and analyzed for 105 pesticides. According to pesticides monitoring result, no residue was found in 84.1% of the samples, whereas 15.9% of samples contained pesticide residues below the maximum residue limits (MRLs). Pirimiphos-methyl and cyproconazole were the two most frequently found pesticides. The results show that all commercial feed monitored in 2015 were safe under the Korean MRL and occurrence of pesticide residues in animal feed could not be considered serious threats to human and animal health. However, continuous monitoring with tighter regulation for pesticide residues in animal feed is recommended.

Key words Animal feeds, monitoring, pesticide residues.

서 론

농약은 현대 농업에 있어서 농업생산의 안정화, 생산품의 품질향상, 농작업의 간편화 및 능률화를 도모할 수 있어 그 사용이 불가피 하나, 농약의 오·남용으로 인해 대기, 수질, 토양 등의 환경에 농약이 잔류할 가능성이 있기에 잔류량이 인체에 위해하지 않도록 관리하는 일이 매우 중요하다. 사료에 잔류된 농약은 동물 건강에 부정적인 영향을 끼칠 뿐 아니라 축산물로 전이되고 잔류되어 인체에 유해한 영향을 미칠 수 있기 때문에 사료 중 잔류농약 안전관리가 필요하다(Leeman WR et al. 2007). 국내의 사료 중 잔류농약 안전 관리 체계를 살펴보면, 국립축산과학원에서 사료에 대한 농약잔류허용기준을 설정하고, 국립농산물품질관리원 시험연

구소에서 농약 기준 제정에 따라 유통사료의 적부관정을 위한 사료 중 잔류농약 분석법을 확립하고, 유통사료에 대한 잔류농약 모니터링을 실시하는 구조로 이루어져 있다.

우리나라의 배합사료 자급률은 23%로, 대부분의 사료원료를 수입에 의존하고 있다(MAFRA 2015 A). 국제적으로 새로이 개발되고 등록되는 농약은 증가 추세에 있는데, 사료 수출국이 사료작물 재배 과정에서 사용된 농약이 사료에 잔류하여 국내에 유입될 가능성이 있다. 이런 필요에 발맞추어, 2015년 8월 농림축산식품부(농식품부)가 사료의 안전 관리 강화를 위해 사료 중 잔류농약 관리대상성분을 기존 27성분에서, 코텍스, 미국, 일본 등에서 관리하는 성분들을 포함하여 121성분으로 확대하였고, 또한 배합사료와 단미사료의 섬유질사료에 적용하였던 것을 곡류(밀, 보리, 호밀, 옥수수, 귀리, 수수), 콩류, 섬유질류 및 배합사료로 적용대상을 늘렸다(MAFRA 2015 B)(Table 1). 또한, 농식품부는 관리대상 농약 121성분 중 사료 중 검출빈도가 높고, 가축 및

*Corresponding author
E-mail: hjpark1126@korea.kr

Table 1. Status of pesticide MRL establishment in animal feeds

Year	1996	2004	2015
No. of pesticides	17	27	121
Commodity	<ul style="list-style-type: none"> • Complete feed • Feed ingredient-fibrous feed 	<ul style="list-style-type: none"> • Complete feed • Feed ingredient-fibrous feed 	<ul style="list-style-type: none"> • Complete feed • Feed ingredient-fibrous feed • Feed grains (wheat, barley, rye, corn, oats, sorghum) • Feed pulse

사람에 위해성이 높은 농약 35성분을 상시관리대상으로 선정하여 자가품질검사 및 사료검정에서 우선적으로 관리하도록 하였다. 이렇게 확대된 관리대상 농약에 대해 정확하고 정밀하며 신뢰성이 높은 분석법을 확립하여 사료검정업무의 효율성 제고 및 검정결과의 신뢰도 확보가 필요하다. 또한, 국내 유통 사료 중 농약의 잔류실태를 조사하여 축산 식품의 안전성 확보가 필요하다.

따라서, 이 연구의 목적은 사료 중 확대된 관리대상 농약에 대해 사료 등의 기준 및 규격-사료표준분석방법의 잔류농약 다성분동시분석법의 적용가능성을 검증하여 분석법을 확립하고 잔류농약의 신속하고 정확한 분석으로 국내 유통 사료 중 농약 잔류실태를 조사하여 불량 사료의 유통을 원천적으로 차단하는데 있다.

재료 및 방법

시료 및 분석대상 성분

확대된 관리대상 성분에 대한 잔류농약 다성분동시분석법 적용가능성 검증을 위한 곡류, 콩류 및 섬유질류 사료는 사료협회와 농협중앙회 축산연구원에서부터 공여 받았고, 배합사료는 미국사료검사관협회(Association of Animal Feed Control Official, AAFCO)의 시료를 이용하였다. 시료는 분쇄하여 분석법 유효성 검증을 위해 사용하였다. 유통 사료의 농약 잔류실태 조사를 위한 시료는 사료협회와 단미사료 협회를 통해 126점을 사료검사기준 제10조(MAFRA 2016)에 따라 500 g 수거하여 사료분쇄기(SM 300, Retsch, Germany)로 분쇄한 후 분석시료로 사용하였다(Fig. 1).

분석대상농약은 사료 중 잔류허용기준이 설정된 121성분으로 하여, 물리화학적 특성을 고려하여 기기별(CE-ECD, GC-FPD, GC-MSMS, LC-MSMS)로 그룹을 정하여 분석하였다. GC-ECD는 머무름 시간을 고려하여 그룹 1과 2로 구분하였다. 농약 그룹을 정할 때 고려된 물리화학적 특성은 대상농약의 화학구조, 구조 내 이온화 그룹 포함 여부, 물-옥탄올 분배계수(Log P_{ow}), 증기압(mPa) 등이었다. 보통 GC로 분석하기 적합한 농약들은 휘발성이며 열분해가 일어나지 않으며 해리하지 않는 중성의 비극성 화합물들이기 때문에 화학구조 내에 해리하는 특성을 나타내는 작용기(carboxyl기, amino기, phenolic hydroxyl기 등)를 갖고 있으면 너무 극성이 크므로 GC로 분석이 어렵기 때문에 LC-

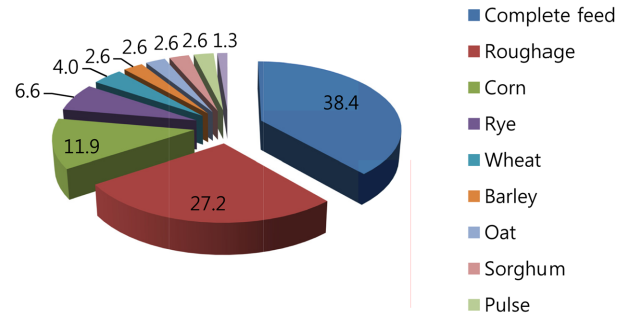


Fig. 1. Share of individual examined samples of animal feeds. (unit: %)

MSMS 그룹으로 하여 분석하였다. GC 대상 농약 중 구조 내 할로겐화합물, conjugated carbonyl, nitrile기, nitrate기 등을 함유한 성분들은 전자포획검출기(electron capture detector, ECD)로, 인이나 황을 함유한 성분들은 불꽃광도검출기(flame photometric detector, FPD)로 그룹화하였다(MFDS 2013). Table 2에는 121성분 중 동시분석이 가능한 105성분에 대하여 기기별 농약그룹을 정리해 놓았다.

시약 및 기구

잔류농약 분석을 위한 표준물질은 순도 95% 이상으로 Dr. Ehrenstorfer (Augusberg, Germany), AccuStandard (New Haven, USA), Sigma-Aldrich (St. Louis, USA)의 제품을 사용하였다. 추출 및 정제과정에 사용한 용매는 잔류농약 분석용으로 사용하였으며, 기타시약은 analytical grade 이상을 사용하였다. 정제를 위한 SPE-NH₂ cartridge (1 g, 6 mL)와 SPE-Florisil cartridge (1 g, 6 mL)는 Agilent (Santa Clara, USA) 제품을 사용하였다.

표준원액 및 표준용액 조제 및 표준검량선 작성

농약 표준품을 농약의 용해도에 따라 acetonitrile, methanol, acetone 등으로 분류, 용해하여 1,000 ug/mL (1,000 ppm)의 표준원액을 조제하고 필요에 따라 적정 희석하여 사용하였다. 표준원액은 갈색병에 담아 4°C에 보관하고 실험에 사용하였다.

GC-ECD와 GC-FPD의 경우 검량선 작성은 외부표준물질 검량선(External standard calibration)을 이용하였다. 질량분석기를 이용하여 분석하는 경우 사료 매질(matrix)에 의한 영향을 최소화하기 위해 매질보정검량선(matrix-matched cali-

Table 2. Grouping of 105 pesticides by analytical instruments

Instrument- Detector		Pesticide
GC	ECD 1 (16)	Aldrin+Dieldrin, Azoxystrobin, BHC, Boscalid, DDT, Endrin, Fipronil, Heptachlor, Indoxacarb, Lindane (τ -BHC), Prochloraz, Quintozene, Triadimefon, Trifloxystrobin, Imidacloprid, Tebuconazole
	ECD 2 (20)	Dichlorvos, Cyanazine, Pendimethalin, Captan, Triadimenol, Imazalil, Kresoxim-methyl, Chlorobenzilate, Propiconazole, Bifenthrin, Fenpropathrin, Cyhalothrin, Permethrin, Cyfluthrin, Cypermethrin, Deltamethrin, Fenvalerate, Difenconazole, Esfenvalerate, Famoxadone
	FPD (17)	Azinphos-methyl, Chlorpyrifos, Chlorpyrifos-methyl, Diazinon, Dimethenamid-P, Dimethoate, Disulfoton, Edifenphone, Fenitrothion, Fenthion, Isufenphos, Methidathion, Phenthoate, Phosmet, Pirimiphos-methyl, Terbufos, Thiacloprid
	MSMS (9)	Bitertanol, Chlorfenvinphos, Cyproconazole, Cyprodinil, Fenpropimorph, Fludioxonil, Flutriafol, Propargite, Pyrimethanil
LC	MSMS (43)	Acephate, Alachlor, Aldicarb, Aminopyralid, Atrazine, Carbaryl, Carbendazim, Carbofuran, Chlorantraniliprole, Chlorpropham, Clethodim, Clothianidin, Diflubenzuron, EPN, Ethion, Fenbuconazole, Fenobucarb, Flubendiamide, Fluopicolide, Flusilazole, Fluxapyroxad, Isoprocarb, Isopyrazam, Malathion, Methiocarb, Methomyl, Methoprene, Methoxyfenozide, Oxamyl, Oxydemeton-methyl, Parathion, Phorate, Piperonylbutoxide, Pirimicarb, Prothioconazole, Pyraclostrobin, Saflufenacil, Simazine, Spinozad/Spinosad, Spirotetramat, Sulfoxaflor, Thiabendazole, Tricyclazole

Table 3. Instrumental condition of GC-ECD, GC-FPD, and GC-MS/MS

Instrument	GC- ECD	GC-FPD	GC- MSMS
Column	Agilent DB-5 (30 m × 0.25 mm, 0.25 μ m)	Agilent DB-5 (30 m × 0.25 mm, 0.25 μ m)	Agilent DB-5MS (30 m × 0.25 mm, 0.25 μ m)
Carrier	N ₂ , 1.0 mL/min	N ₂ , 1.0 mL/min	He, 1.5 mL/min
Injector	250°C, 1 μ L, split 50:1	250°C, 1 μ L, splitless	260°C, 1 μ L, split 50:1
Oven	130°C (1 min) → 7°C/min → 200°C → 2°C/min → 220°C (4 min) → 10°C/min → 300°C (6 min)	130°C (1 min) → 7°C/min → 200°C → 2°C/min → 220°C (4 min) → 10°C/min → 300°C (6 min)	90°C (3 min) → 20°C/min → 120°C → 8°C/min → 300°C (3 min)
Detector	320°C	320°C	Ionization : Electron Ionization Electron energy : 70 eV Source temperature : 280°C

bration)을 이용하였다. 농약성분이 검출되지 않은 균질한 시료를 위에서 언급한 전처리 방법을 이용하여 검량선 작성을 위한 표준용액조제에 사용하였다.

시료의 추출 및 정제

확대된 관리대상 농약성분에 대해 사료 등의 기준 및 규격 별표 25 (MAFRA 2015 C)에 있는 사료표준분석방법의 다성분동시분석법의 적용 가능성을 검토하기 위한 전처리 방법은 사료 5 g을 칭량하여 증류수 10 mL를 넣고 30분간 방치하여 습윤화한 후 acetonitrile을 가하여 고속 진탕 추출을 한 추출물에 10 g 정도의 NaCl을 가하고 진탕 후 정지, 분리된 두 층 중 상층의 acetonitrile 추출액 일부를 취해 농축한다. 이후 LC 대상 농약은 1% 메탄올 함유 디클로로메탄 4 mL에 녹인 액을 활성화된 NH₂ 카트리지가 상단에 넣고 용출시켜 시험관에 받는다. 다시 카트리가 용매에 젖어 있는 상태에서 1% 메탄올 함유 디클로로메탄 7 mL를 유출하여 동일 시험관에 합친다. 유출액은 40°C 이하 수욕상에서 질소를 낮은 유속으로 통과시키면서 용매를 날려 보낸 후 아세토니트릴 1 mL에 녹여 멤브레인 필터(PTFE 0.45

μ m)로 여과하여 시험용액으로 하였다. GC 대상 농약은 20% 아세톤 함유 헥산 4 mL에 녹인 액을 활성화된 Florisil 카트리지에 상단에 넣고 용출하여 시험관에 받고 20% 아세톤 함유 헥산 5 mL를 추가하여 받고 LC 대상 농약과 같이 농축하고 아세톤 함유 헥산 1 mL에 녹여 여과하여 시험용액으로 하였다.

기기분석

분석을 위한 기기는 Electron Capture Detector (ECD, 전자포획검출기)와 Flame Photometric Detector (FPD, 불꽃광도검출기)가 장착된 Agilent 7890B GC system, Triple Quad MSMS (질량분석기)가 장착된 Agilent 7000 GC system과 Triple Quad MSMS (질량분석기)가 장착된 Agilent 1260 LC system (Agilent, Santa Clara, USA)을 사용하였다. Table 3은 분석을 위해 사용한 GC-ECD, GC-FPD, GC-MS/MS의 기기분석 조건을 요약해 놓았고, 다음 Table 4는 LC-MS/MS의 기기분석 조건을 요약해 놓았다. LC와 GC 질량분석기 분석 대상 성분의 MRM (multi reaction monitoring) 조건은 Table 5와 Table 6에 각각 정리되어 있다.

Table 4. Instrumental condition of LC-MSMS

Parameter	Condition			
Column	Unison UK-C18, Imtakt 100 mm × 4.6, 3 μm A : 4 mM ammonium formate, 0.1% formic acid in Water B : 4 mM ammonium formate, 0.1% formic acid in MeOH			
Mobile phase	Gradient			
	Time (min)	A (%)	B (%)	Flow rate (mL)
	0.0	30	70	0.3
	35	30	70	0.3
Column temp. (°C)	40			
Run time (min)	35			
Injection vol. (μL)	10			
Detector	Ion source	ESI (Electro spray ionization)		
	Polarity	Positive / negative		
	Nebulizer gas	N ₂		
	Nebulizer gas flow	11 L/min		
	Nebulizer gas pressure	45 psi		
	Ion spray voltage	3500 V		
	Source temp.	300°C		
	Resolution	Q1 (unit) Q3 (unit)		

Table 5. Multiple reaction monitoring (MRM) transitions for the pesticides sought validated by LC-MSMS

Compound Name	Retention time (min)	Exact mass	Precursor ion (m/z)	Product ion (m/z)	Collision energy (eV)	Polarity
Acephate	4.29	183.0	184	125	15	+
			184	95	33	+
Alachlor	17.58	269.1	270	238	15	+
			270	162	15	+
Aldicarb	6.14	190.1	207.7	115.8	10	+
			207.7	88.9	15	+
Aminopyralid	9.93	205.9	206.7	106.7	15	+
			206.7	161	15	+
Atrazine	9.67	215.1	216.2	174.1	15	+
			216.2	96.1	20	+
Carbaryl	7.36	201.1	202.1	127	20	+
			202.1	145	15	+
Carbendazim	5.24	191.1	192.1	160	15	+
			192.1	132	30	+
Carbofuran	6.80	221.1	222.1	123.1	15	+
			222.1	165.1	5	+
Chlorantraniliprole	9.23	481.0	484.2	286	5	+
			484.2	453.1	10	+
Chlorpropham	14.36	213.1	214.1	172.1	5	+
			214.1	154.1	10	+
Clethodim	13.18	359.1	360.2	164.1	15	+
			360.2	268.3	10	+

Table 5. Continued

Compound Name	Retention time (min)	Exact mass	Precursor ion (m/z)	Product ion (m/z)	Collision energy (eV)	Polarity
Clothianidin	4.87	249.0	250	132	10	+
			250	169.1	5	+
Diflubenzuron	18.99	310.0	311	158.1	5	+
			311	141	30	+
EPN	3.20	323.0	324	156.5	15	+
			324	295.6	5	+
Fenbuconazole	16.71	336.1	337.1	70.1	15	+
			337.1	125	30	+
Fenobucarb	10.93	207.1	208.2	152.1	5	+
			208.2	94.9	15	+
Flubendiamide	19.07	682.0	683.2	256.1	65	+
			683.2	273.9	25	+
Fluopicolide	12.87	382.0	383.1	173	20	+
			383.1	145	40	+
Flusilazole	17.93	315.1	316.2	165.1	25	+
			316.2	247.1	10	+
Fluxapyroxad	12.37	381.1	382.0	314.8	15	+
			382.0	361.8	5	+
Haloxypop	20.29	361.0	362.0	315.6	10	+
			362.0	287.6	20	+
Isoprocarb	8.62	193.1	194.0	94.8	10	+
			194.0	136.9	5	+
Isopyrazam	8.00	359.2	360.0	243.8	15	+
			360.1	319.8	15	+
Malathion	13.23	330.0	331.0	126.8	10	+
			331.0	98.7	20	+
Methiocarb	12.14	225.1	226.1	169.1	5	+
			226.1	121.1	15	+
Methomyl	28.39	162.0	163.0	105.9	10	+
			163.0	87.9	10	+
Methoprene	22.80	310.2	311.2	190.9	5	+
			311.2	278.9	5	+
Methoxyfenozide	12.98	368.2	369.3	91.1	50	+
			369.3	149.1	10	+
Oxamyl	4.37	219.1	236.8	72	10	+
			236.8	89.9	10	+
Oxydemeton-methyl	4.37	246.0	247.0	108.8	20	+
			247.0	168.7	5	+
Parathion	15.71	291.0	291.1	107.4	35	+
			291.0	261.5	25	+
Phorate	30.19	260.0	261.0	75.1	5	+
			261.0	142.9	15	+
Piperonyl butoxide	7.24	338.2	356.3	177.1	5	+
			356.3	119.1	35	+

Table 5. Continued

Compound Name	Retention time (min)	Exact mass	Precursor ion (m/z)	Product ion (m/z)	Collision energy (eV)	Polarity
Pirimicarb	7.95	238.1	239.2	72.1	20	+
			239.2	182.1	10	+
Prothioconazole	25.08	343.0	343.8	101.8	15	+
			343.8	325.7	5	+
Pyraclostrobin	28.40	387.1	388.3	163.1	20	+
			388.3	194.2	5	+
Saflufenacil	9.13	500.1	501.2	349.2	20	+
			501.2	459.3	5	+
Simazine	7.71	201.0	201.9	103.8	25	+
			201.9	131.8	15	+
Spinosad	26.48	731.4	732.8	98.2	55	+
			732.8	142.2	20	+
Spirotetramat	14.79	373.2	374.3	302.4	10	+
			374.3	330.4	5	+
Sulfoxaflor	5.02	277.0	278.1	174.2	5	+
			278.1	154.1	25	+
Thiabendazole	5.79	201.0	202.1	131.1	35	+
			202.1	175.1	25	+
Tricyclazole	5.95	189.0	190.1	136	15	+
			190.1	163	20	+

Table 6. Multiple reaction monitoring (MRM) transitions for the pesticides sought validated by GC-MSMS

Compound Name	Retention time (min)	Exact mass	Precursor ion (m/z)	Product ion (m/z)	Collision energy (eV)
Pyrimethanil	12.13	199.1	198	118	5
			198	183	10
Propargite	13.50	350.2	135	107	10
			135	95	10
Fenpropimorph	14.40	303.3	128	110	10
			128	70.2	10
Cyprodinil	15.08	225.1	224	208	20
			224	197	20
Chlorfenvinphos	15.50	358.0	323	267	15
			295	267	5
Fludioxonil	16.38	248.0	248	127	30
			248	154	30
Flutriafol	16.80	301.1	219	123	20
			219	95	40
Cyproconazole	17.56	291.1	222	125	15
			139	111	15
Bitertanol	23.48	337.2	170	115	25
			170	141	20

분석법 검증

국내 및 국제 잔류농약 분석법 가이드라인(MFDS 2013,

CAC 2003, EC 2015)에 따라 사료 중 확대된 농약성분에 대하여 사료표준분석방법의 잔류농약 다성분동시분석법의

적용가능성을 검증하였다. 직선성 확인을 위해 농약 성분별 농도가 0.001~1.0 mg/L가 되도록 차례로 표준 혼합액을 조제하고, 분석기기에 주입하여 peak의 면적을 기준으로 표준 검량선을 작성하였다. 분석법의 정량한계는 시료(배합사료, 곡류 및 섬유질류 사료)에서 간섭물질이 존재하지 않음을 확인한 후 분석기기의 정량한계(LOQ)와 시료량 그리고 분석과정 중의 농축배수를 고려하여 산출하였다.

정확성 및 정밀성을 확인하기 위해 농약이 처리되지 않은 시료에 각 대상 농약 표준용액의 LOQ와 LOQ 10배인 2수준에서 3반복으로 처리한 후, 앞에서 기술한 분석과정으로 실험을 진행하여 회수율과 상대표준편차(RSD, relative standard deviation)를 산출하였다.

결과 및 고찰

사료 관리대상 농약 121성분에 대하여 사료표준분석방법 잔류농약 다성분동시분석법의 적용가능성을 검증하기 위하여 잔류분석을 수행한 결과, 무처리 시료와 농약을 첨가한 무처리 시료를 비교하였을 때 크로마토그램에 농약이 나오는 머무름 시간대에 나오는 간섭물질이 없어 특이성을 확보할 수 있었다. 또한, 각각의 분석성분들의 상관계수가 0.99

이상으로 양호한 직선성을 나타내었다. 분석법의 정량한계는 배합사료(AFFCO 배합사료), 곡류(옥수수), 섬유질류(알팔파)를 매트릭스로 하여 분석기기의 LOQ와 시료량, 그리고 분석과정 중의 농축배수를 고려하여, 아래의 식에 의하여 산출하였다.

$$\text{LOQ (mg/kg)} = [\text{기기 정량한계 (ng)/주입량 (\mu\text{L})}] \times [\text{시료 용액 (mL)/시료량 (g)}]$$

이러한 매트릭스별 분석법의 감도는 국제 기준인 Codex (CAC 2003) 및 식품공전 잔류농약분석법 실무 해설서(MFDS 2013)에서 권장하는 잔류농약 분석법 기준인 0.05 mg/kg 이하 또는 허용기준의 1/2 이하의 정량한계 기준에 적합하였다.

곡류(옥수수), 섬유질류(알팔파), 배합사료의 무처리 시료에 2수준 3반복으로 농약을 처리한 후 분석과정을 수행하여 회수율, 분석오차 및 정량한계 등 분석법 검증 결과는 Table 7에 요약하여 정리하였다. 그리고, Fig. 2부터 Fig. 4에 대표적인 표준품, 무처리, 회수율 크로마토그램을 정리하여 놓았다. 121성분의 농약 중에서 사료표준분석방법 잔류농약 다성분동시분석법으로 분석이 가능한 농약은 105성분으로 이들의 평균 회수율은 70.1~116.3%이었다. 반복성(repeatability)

Table 7. The summary of validation results of 105 pesticides in animal feeds (complete feed)

Pesticide	Spiked level (mg/kg)	Recovery (%)		RSD (%)	LOQ (mg/kg)	R ²
		Ave.	SD			
Acephate	0.01	70.35	2.74	3.89	0.01	0.9997
	0.1	71.08	3.99	5.61		
Alachlor	0.02	72.14	3.12	4.32	0.02	0.9999
	0.2	70.55	4.26	6.04		
Aldicarb	0.02	83.84	7.45	8.89	0.02	0.9977
	0.2	84.97	8.08	9.51		
Aminopyralid	0.01	113.79	5.38	4.73	0.01	0.9918
	0.1	116.26	6.48	5.57		
Atrazine	0.01	101.89	4.47	4.39	0.01	0.9970
	0.1	103.97	6.02	5.79		
Carbaryl	0.01	115.14	6.58	5.71	0.01	0.9975
	0.1	101.07	7.39	7.31		
Carbendazim	0.01	78.39	5.82	7.42	0.01	0.9900
	0.1	71.86	7.19	10.01		
Carbofuran	0.01	104.14	4.29	4.12	0.01	0.9977
	0.1	104.52	5.86	5.61		
Chlorantraniliprole	0.01	99.74	3.88	3.89	0.01	0.9960
	0.1	102.67	5.42	5.28		
Chlorpropham	0.02	110.19	5.07	4.60	0.02	0.9998
	0.2	110.66	6.22	5.62		
Clethodim	0.01	107.04	6.14	5.74	0.01	0.9893
	0.1	113.11	5.82	5.15		

Table 7. Continued

Pesticide	Spiked level (mg/kg)	Recovery (%)		RSD (%)	LOQ (mg/kg)	R ²
		Ave.	SD			
Clothianidin	0.01	98.74	5.82	5.89	0.01	0.9970
	0.1	101.07	6.12	6.06		
Diflubenzuron	0.01	102.04	5.68	5.57	0.01	0.9962
	0.1	104.07	6.07	5.83		
EPN	0.01	100.34	4.45	4.43	0.01	0.9997
	0.1	95.22	5.06	5.31		
Ethion	0.01	92.24	3.94	4.27	0.01	1.0000
	0.1	83.47	3.82	4.58		
Fenbuconazole	0.01	112.24	6.16	5.49	0.01	0.9987
	0.1	110.96	6.43	5.79		
Fenobucarb	0.01	110.19	5.80	5.26	0.01	0.9992
	0.1	110.71	6.16	5.56		
Flubendiamide	0.01	81.64	3.91	4.79	0.01	0.9995
	0.1	82.67	4.09	4.95		
Fluopicolide	0.01	96.79	4.34	4.48	0.01	0.9911
	0.1	104.97	4.86	4.63		
Flusilazole	0.01	99.24	4.97	5.01	0.01	0.9975
	0.1	100.72	6.19	6.15		
Fluxapyroxad	0.01	100.94	5.31	5.26	0.01	0.9954
	0.1	103.87	6.17	5.94		
Isoprocarb	0.01	109.99	6.32	5.75	0.01	0.9992
	0.1	107.77	7.19	6.67		
Malathion	0.01	104.44	5.89	5.64	0.01	0.9962
	0.1	107.02	6.20	5.79		
Methiocarb	0.025	106.84	6.65	6.22	0.025	0.9973
	0.25	107.77	8.89	8.25		
Methomyl	0.01	97.19	3.91	4.02	0.01	0.9995
	0.1	92.97	5.88	6.32		
Methoxyfenozide	0.01	100.24	4.58	4.57	0.01	0.9968
	0.1	103.07	5.38	5.22		
Oxamyl	0.01	81.24	4.35	5.35	0.01	0.9999
	0.1	78.47	5.49	7.00		
Oxydemeton-methyl	0.01	81.74	4.57	5.59	0.01	0.9999
	0.1	81.72	4.78	5.85		
Phorate	0.01	78.24	5.61	7.17	0.01	0.9997
	0.1	90.67	6.11	6.74		
Piperonylbutoxide	0.05	82.99	4.95	5.96	0.05	0.9961
	0.5	76.08	5.60	7.36		
Pirimicarb	0.02	101.34	6.27	6.19	0.02	0.9997
	0.2	103.97	6.87	6.61		
Prothioconazole	0.01	83.44	5.26	6.30	0.01	0.9906
	0.1	74.83	5.27	7.04		
Pyraclostrobin	0.01	78.39	4.01	5.12	0.01	0.9995
	0.1	72.13	3.46	4.80		

Table 7. Continued

Pesticide	Spiked level (mg/kg)	Recovery (%)		RSD (%)	LOQ (mg/kg)	R ²
		Ave.	SD			
Saflufenacil	0.01	70.34	3.85	5.47	0.01	0.9999
	0.1	91.22	5.57	6.11		
Simazine	0.02	106.09	6.06	5.71	0.02	0.9968
	0.2	103.82	6.34	6.11		
Spinosad	0.01	71.60	3.10	4.33	0.01	0.9990
	0.1	71.63	4.57	6.38		
Spirotetramat	0.01	99.44	6.06	6.09	0.01	0.9979
	0.1	93.82	4.39	4.68		
Sulfoxaflor	0.01	114.04	7.31	6.41	0.01	0.9989
	0.1	110.41	10.34	9.37		
Thiabendazole	0.01	99.04	4.45	4.49	0.01	0.9999
	0.1	97.92	4.08	4.17		
Tricyclazole	0.01	92.79	6.69	7.21	0.01	0.9992
	0.1	96.87	5.79	5.98		
Aldrin	0.01	74.34	5.33	7.17	0.01	0.9891
	0.1	77.14	3.43	4.45		
Azinphos-methyl	0.05	82.29	3.06	3.72	0.05	0.9941
	0.5	86.24	6.13	7.11		
Azoxystrobin	0.05	88.51	3.52	3.98	0.05	0.9955
	0.5	89.19	5.11	5.73		
BHC	0.05	90.00	6.90	7.67	0.05	0.9934
	0.5	91.44	5.58	6.10		
Bifenthrin	0.05	84.02	4.23	5.03	0.05	0.9901
	0.5	82.05	3.06	3.73		
Bitertanol	0.02	78.23	3.49	4.46	0.02	0.9977
	0.2	81.15	4.02	4.95		
Boscalid	0.05	88.51	4.91	5.55	0.05	0.9941
	0.5	86.11	5.36	6.22		
Captan	0.05	72.05	5.24	7.27	0.05	0.9891
	0.5	70.34	4.96	7.05		
Chlorfenvinphos	0.02	72.03	2.74	3.80	0.02	0.9972
	0.2	73.58	3.47	4.72		
Chlorobenzilate	0.01	77.22	3.85	4.99	0.01	0.9955
	0.1	80.53	3.34	4.15		
Chlorpyrifos	0.05	76.04	4.89	6.43	0.05	0.9942
	0.5	82.21	4.21	5.12		
Chlorpyrifos-methyl	0.05	72.86	4.33	5.94	0.05	0.9953
	0.5	77.47	4.76	6.14		
Cyanazine	0.05	81.99	4.80	5.85	0.05	0.9934
	0.5	79.27	3.59	4.53		
Cyfluthrin	0.05	80.03	3.56	4.45	0.05	0.9941
	0.5	84.25	6.22	7.38		
Cyhalothrin	0.05	84.09	3.39	4.03	0.05	0.9972
	0.5	85.50	5.32	6.22		

Table 7. Continued

Pesticide	Spiked level (mg/kg)	Recovery (%)		RSD (%)	LOQ (mg/kg)	R ²
		Ave.	SD			
Cypermethrin	0.05	76.89	4.95	6.44	0.05	0.9942
	0.5	75.64	4.98	6.58		
Cyproconazole	0.05	88.51	4.85	5.48	0.05	0.9979
	0.5	84.25	6.13	7.28		
Cyprodinil	0.05	70.13	3.30	4.71	0.05	0.9957
	0.5	73.26	6.40	8.74		
DDT	0.05	76.96	3.47	4.51	0.05	0.9949
	0.5	77.74	4.83	6.21		
Deltamethrin	0.05	81.99	4.16	5.07	0.05	0.9953
	0.5	88.22	4.62	5.24		
Diazinon	0.05	89.51	4.62	5.16	0.05	0.9975
	0.5	88.14	5.54	6.29		
Dichlorvos	0.05	75.01	3.90	5.20	0.05	0.9975
	0.5	78.11	4.55	5.83		
Dieldrin	0.01	74.34	5.33	7.17	0.01	0.9891
	0.1	77.14	3.43	4.45		
Difenoconazole	0.05	80.22	5.22	6.51	0.05	0.9948
	0.5	78.60	5.20	6.62		
Dimethenamid-P	0.01	70.34	4.75	6.75	0.01	0.9948
	0.1	73.16	4.98	6.81		
Dimethoate	0.02	76.87	5.57	7.25	0.02	0.9979
	0.2	78.50	4.25	5.41		
Disulfoton	0.02	75.48	2.97	3.93	0.02	0.9979
	0.2	74.72	3.23	4.32		
Edifenphos	0.05	85.12	3.82	4.49	0.05	0.9977
	0.5	80.26	5.31	6.62		
Endrin	0.01	86.32	4.10	4.75	0.01	0.9946
	0.1	87.25	5.16	5.91		
Esfenvalerate	0.05	84.43	4.25	5.03	0.05	0.9979
	0.5	88.64	3.87	4.37		
Famoxadone	0.05	76.21	5.10	6.69	0.05	0.9979
	0.5	74.27	3.65	4.91		
Fenitrothion	0.05	81.70	5.39	6.60	0.05	0.9886
	0.5	84.14	5.37	6.38		
Fenpropathrin	0.05	78.74	4.72	5.99	0.05	0.9977
	0.5	74.14	5.11	6.89		
Fenpropimorph	0.05	80.80	3.73	4.62	0.05	0.9898
	0.5	82.21	5.26	6.40		
Fenthion	0.05	70.21	4.26	6.07	0.05	0.9944
	0.5	73.54	5.59	7.60		
Fenvalerate	0.05	84.43	5.13	6.08	0.05	0.9886
	0.5	88.64	5.32	6.00		
Fipronil	0.01	78.40	3.03	3.86	0.01	0.9944
	0.1	74.07	7.78	10.50		

Table 7. Continued

Pesticide	Spiked level (mg/kg)	Recovery (%)		RSD (%)	LOQ (mg/kg)	R ²
		Ave.	SD			
Fludioxonil	0.03	86.40	5.30	6.13	0.03	0.9950
	0.3	84.05	5.24	6.23		
Flutriafol	0.05	72.80	6.02	8.27	0.05	0.9955
	0.5	78.40	4.37	5.57		
Heptachlor	0.01	72.64	3.42	4.71	0.01	0.9940
	0.1	73.04	4.96	6.79		
Hexaconazole	0.05	83.21	5.97	7.17	0.05	0.9978
	0.5	86.58	4.48	5.17		
Imazalil	0.05	70.23	4.59	6.54	0.05	0.9975
	0.5	72.07	5.31	7.37		
Imidacloprid	0.05	74.44	3.42	4.59	0.05	0.9979
	0.5	71.45	5.79	8.10		
Indoxacarb	0.05	70.45	3.28	4.66	0.05	0.9873
	0.5	70.10	4.77	6.80		
Isofenphos	0.05	82.04	5.04	6.14	0.05	0.9940
	0.5	84.50	3.60	4.26		
Isoprothiolane	0.05	86.98	4.53	5.21	0.05	0.9874
	0.5	85.29	4.93	5.78		
Kresoxim-methyl	0.05	72.39	4.54	6.27	0.05	0.9948
	0.5	73.19	4.77	6.52		
Lindane	0.05	89.81	3.79	4.22	0.05	0.9950
	0.5	90.84	5.56	6.12		
Methidathion	0.01	86.21	3.70	4.29	0.01	0.9978
	0.1	82.05	4.40	5.36		
Pendimethalin	0.05	77.17	4.06	5.26	0.05	0.9970
	0.5	73.84	3.48	4.71		
Permethrin	0.05	70.23	5.11	7.28	0.05	0.9959
	0.5	74.17	9.16	12.35		
Phenthoate	0.05	88.46	4.19	4.74	0.05	0.9873
	0.5	83.22	3.25	3.91		
Phosmet	0.02	71.94	5.09	7.08	0.02	0.9950
	0.2	78.51	4.96	6.32		
Pirimiphos-methyl	0.05	72.74	4.79	6.59	0.05	0.9942
	0.5	74.43	5.45	7.32		
Prochloraz	0.05	71.41	5.49	7.69	0.05	0.9951
	0.5	73.23	4.33	5.91		
Propargite	0.05	78.55	3.06	3.90	0.05	0.9880
	0.5	80.92	6.32	7.81		
Propiconazole	0.05	70.55	3.47	4.92	0.05	0.9969
	0.5	75.39	4.95	6.57		
Pyrimethanil	0.05	90.71	6.91	7.62	0.05	0.9957
	0.5	88.14	3.89	4.41		
Quintozene	0.01	71.30	3.97	5.57	0.01	0.9977
	0.1	79.17	3.35	4.23		

Table 7. Continued

Pesticide	Spiked level (mg/kg)	Recovery (%)		RSD (%)	LOQ (mg/kg)	R ²
		Ave.	SD			
Tebuconazole	0.05	72.03	3.34	4.64	0.05	0.9979
	0.5	75.70	5.23	6.91		
Terbufos	0.05	74.65	4.65	6.23	0.05	0.9891
	0.5	71.52	5.13	7.17		
Thiacloprid	0.05	88.51	5.51	6.23	0.05	0.9938
	0.5	83.86	3.77	4.50		
Triadimefon	0.05	85.60	3.42	4.00	0.05	0.9972
	0.5	81.99	3.72	4.54		
Triadimenol	0.05	76.56	2.87	3.75	0.05	0.9966
	0.5	74.23	4.21	5.67		
Trifloxystrobin	0.05	80.92	3.93	4.86	0.05	0.9975
	0.5	80.40	4.66	5.80		

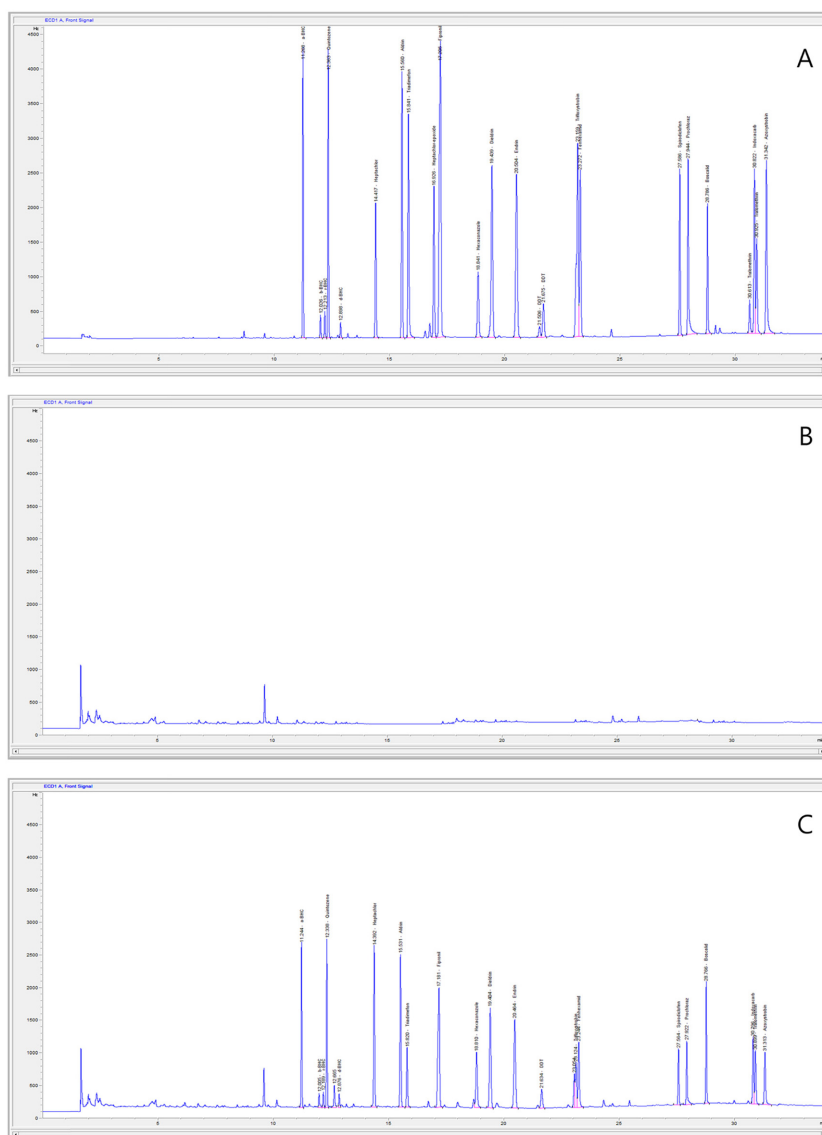


Fig. 2. GC-ECD group 1 chromatograms: standard (A), control (B), and spiked (C) in complete feed.

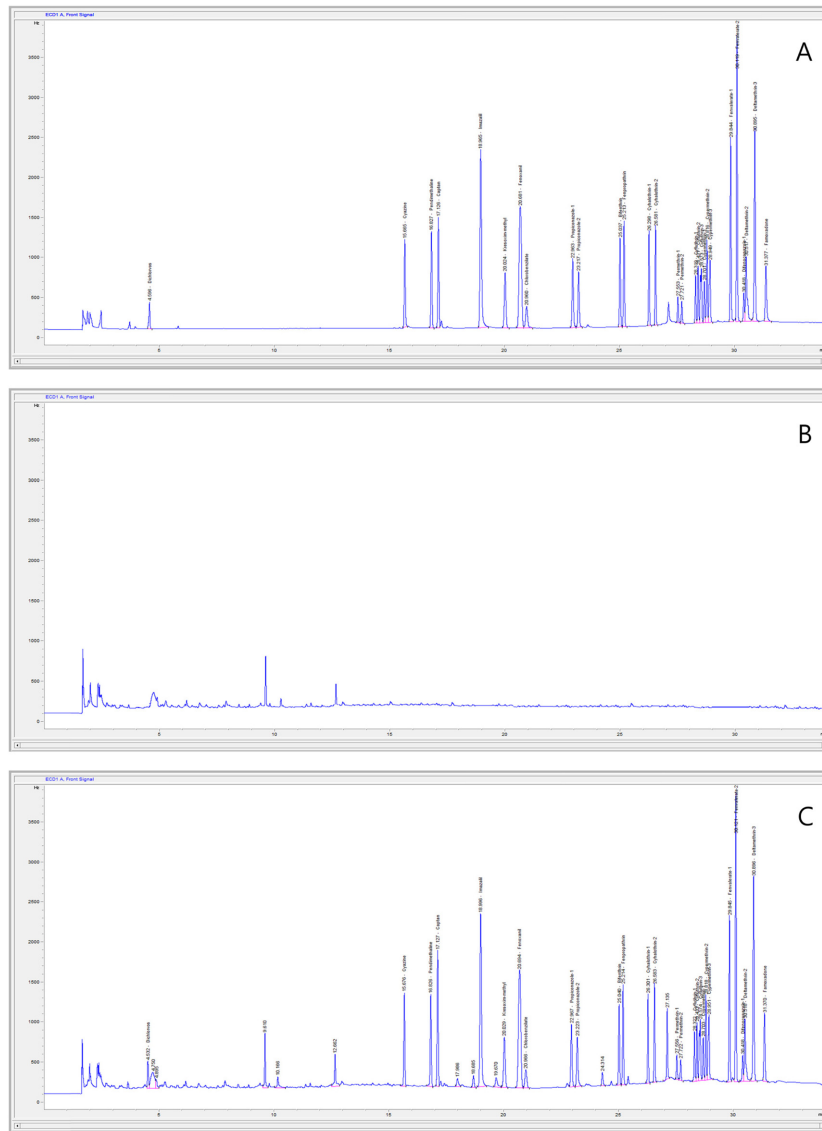


Fig. 3. GC-ECD group 2 chromatograms: standard (A), control (B), and spiked (C) in complete feed.

시험 결과 각 농약의 머무름 시간(retention time)에 대한 측정값들의 상대표준편차는 3.72~12.35%로 나타났다. 재현성(reproducibility) 시험의 머무름 시간의 3일 평균 측정값들의 상대표준편차는 5.15~7.64%로 반복성과 재현성 모두 분석오차 15% 미만이므로 정밀성이 우수하였다. Codex와 EC의 회수율 및 상대표준편차 허용범위는 처리수준이 0.01 mg/kg 초과 0.1 mg/kg 이하일 경우 회수율 허용범위는 70~120%이며, 상대표준편차는 20% 이하이다(CAC 2003). 본 연구의 분석법은 곡류(옥수수), 섬유질류(알팔파), 배합사료에 대해 105성분의 농약이 모든 수준에서 회수율과 상대표준편차 값이 국내 및 국제 기준을 만족하였다. 따라서, 본 연구의 사료표준분석방법 잔류농약 다성분동시분석법에 대한 분석 결과 검출한계, 정량한계, 직선성, 정확성, 재현성 및 정밀성 등을 고려할 때 사료 잔류농약 105성분 동시분석

법으로 적용 가능하다고 판단된다.

사료표준분석방법 잔류농약 다성분동시분석법으로 분석이 불가능한 농약은 dithiocarbamates, 2,4-D, glyphosate, glufosinate, paraquat 등 16성분이었다. 사료표준분석방법 잔류농약 다성분동시분석법은 해리하지 않는 중성의 비극성 및 중간비극성 농약성분들을 주 분석 대상으로 만들어진 방법이기 때문에 2,4-D와 같은 산성 및 염기성의 해리성 농약이나, glyphosate와 paraquat와 같은 극성농약, 유기용매에 잘 녹지 않는 dithiocarbamates의 분석에는 적합하지 않다(MFDS 2013).

사료 중 농약 잔류실태 조사를 위해 국내 유통 사료 126 점을 수거하였고, 농약잔류허용기준이 설정된 농약 121성분 중 동시분석이 가능한 105성분에 대해 위에서 확립한 분석법으로 농약 잔류실태를 조사하였다. 농약 잔류실태 조사

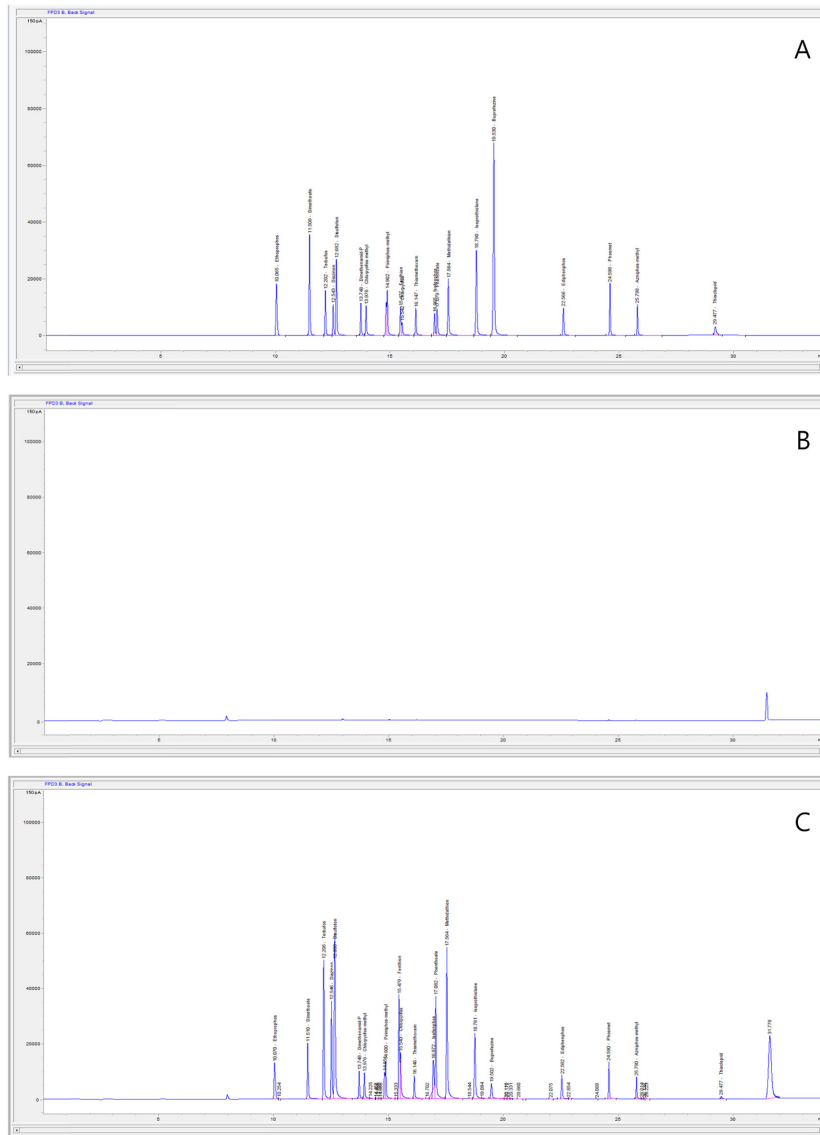


Fig. 4. GC-FPD group chromatograms: standard (A), control (B), and spiked (C) in complete feed.

Table 8. Summary of the Animal Feed Samples Analyzed for Pesticides

Pesticide	Use	Quantifiable Samples	Feeds	Range (mg/kg)	Median (ppm)	MRL (ppm)
Azoxystrobin	Fungicide	2	Oat, Roughage	0.66~1.05	0.86	15
Chlorpyrifos-methyl	Insecticide	2	Barley, Oat	0.41~0.84	0.63	6
Cyproconazole	Fungicide	5	Corn	0.58~0.95	0.65	2
Piperonyl butoxide	Insecticide synergist	1	Complete feed	0.30	0.30	24
Pirimiphos-methyl	Insecticide	5	Complete feed	0.12~0.30	0.14	5
Propiconazole	Fungicide	3	Roughage	0.10~1.48	0.12	2
Tricyclazole	Fungicide	2	Roughage	0.11~0.32	0.22	5

결과에 따르면, 126점의 사료 중 106점(84.1%)이 불검출이었고, 20점(15.9%)에서 7성분이 농약잔류허용기준 이내로 검출되었다. 검출빈도가 높은 농약으로는 pirimiphos-methyl

과 cyproconazole로 각각 사료 5점에서 검출되었다. 이 밖에도 propiconazole, azoxystrobin, tricyclazole 등이 검출되었다(Table 8).

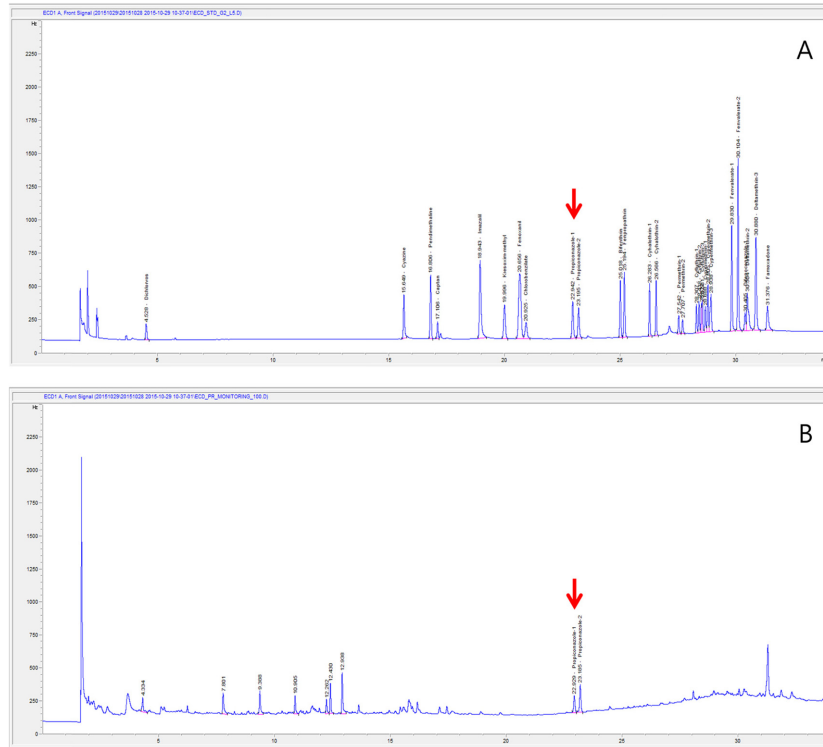


Fig. 5. Chromatograms of standard mixture (GC-ECD group) (A) and the real roughage samples with propiconazole (1.48 mg/kg) (GC/ECD) (B).

Pirimiphos-methyl은 acetylcholine esterase 억제를 작용기작으로 하는 유기인계 살충제로 인체에 대한 급성독성에 대한 정보는 있지만, 발암성, 생식독성 및 인체에 대해 콜린에스터라제 억제제는 보고되지 않았다(FAO/WHO 1992, MFDS 2016). Pirimiphos-methyl은 국내 사료 중 곡류(밀, 보리, 호밀, 옥수수, 귀리, 수수), 섬유질류 및 배합사료에 각각 5 mg/kg으로 잔류허용기준이 설정되어 있는데, 이번 잔류실태 조사에서 배합사료 5점에서 0.12~0.30 mg/kg 수준으로 검출되었으나 잔류허용량인 5 mg/kg에 미미한 수준이었다. Cyproconazole은 병원균 세포막의 ergosterol 생합성을 억제하여 세포벽 형성 저해를 작용기작으로 하는 트리아졸계 살균제로 인체에 대한 생식독성과 급성독성이 보고되어 있다(MFDS 2016, EFSA 2010). Cyproconazole은 국내 사료 중 곡류(밀, 보리, 호밀, 귀리, 수수)와 섬유질류 사료에 각각 5 mg/kg, 그리고 곡류(옥수수)에 2 mg/kg으로 잔류허용기준이 설정되어 있는데, 이번 잔류실태조사에서 옥수수 사료 5점에서 0.58~0.95 mg/kg 수준으로 검출되었으나 모두 잔류허용기준 이하였다. Propiconazole은 cyproconazole과 마찬가지로 ergosterol의 생합성 저해를 작용기작으로 하는 트리아졸계 살균제이지만 cyproconazole과 달리 인체에 대한 급성독성만이 보고되어 있다(MFDS 2016, EFSA 2015). Propiconazole에 대한 국내 잔류허용기준은 곡류(밀, 보리, 호밀)에 각각 2 mg/kg과 콩류에 5 mg/kg이 설정되어 있다. 이번

잔류실태 조사에서 잔류허용기준이 설정되지 않은 섬유질사료 3점에서 propiconazole이 0.10~1.48 mg/kg 수준으로 검출되었다(Fig. 5). Codex에서는 우리나라와 비슷하게 곡류의 짚류(straw)에 대해 2 mg/kg 콩류에 대해 5 mg/kg으로 propiconazole의 잔류허용기준이 설정되어있고(Codex 2016), 미국의 경우 짚류에 대해 propiconazole이 10~40 mg/kg으로 기준이 설정되어 있다(USA EPA 2016). 따라서, 이번 연구에서 검출된 propiconazole은 국내 기준에서 최저기준인 2 mg/kg이나 codex나 미국의 국제기준을 적용해도 기준치 이하의 안전한 수준이라고 판단된다.

미국 식품의약품안전청(Food and Drug Administration, FDA) 산하의 동물약품안전센터(Center for Veterinary Medicine, CVM)에서도 사람이 섭취하는 축산식품의 안전성 확보를 위해서 매년 유통 사료에 대한 잔류농약 모니터링을 실시해 오고 있다. 가장 최근에 보고된 2012년의 잔류농약 모니터링 결과(USA FDA 2015)를 살펴보면, 미국에서 생산된 173점의 사료 샘플 중 34.1%가 잔류허용기준 이하로 검출되었고, 2.3%가 잔류허용기준을 초과하였다. 수입 사료 110점의 샘플 중 27.1%가 잔류허용기준 이하로 검출되었고, 1.9%가 잔류허용기준을 초과하였다. Ethoxyquin과 malathion이 가장 검출빈도가 높은 농약이었고, 우리나라의 모니터링에서 검출된 pirimiphos-methyl, piperonyl butoxide, azoxystrobin, propiconazole, chlorpyrifos-methyl도 검출 농약에

포함된다. 이 결과와 비교해보면 2015년에 국내 유통 사료가 잔류허용기준 이하로 안전하게 관리되고 있음을 보여준다. 그럼에도 불구하고, 사료의 안전성 강화 및 불량사료 원천 차단을 위해 유통 사료에 대한 지속적인 잔류 실태조사가 필요하다.

감사의 글

본 연구는 국립농산물품질관리원 2015년 시험연구사업의 지원으로 수행하였습니다.

Literature Cited

- Codex Alimentarius Commission (CAC) (2003) Guidelines on good laboratory practice in residue analysis. CAC/GL 40-1993, Rev.1-2003, Rome, Italy.
- Codex (2016) Web search of maximum residue limits. <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/standards/pestres/pesticides/en/>. Accessed 26 May 2016.
- European Commission (EC) (2015) Guidance document on analytical quality control and validation procedures for pesticide residues analysis in food and feed. SANTE/11945/2015, Brussels, Belgium.
- European Food Safety Authority (EFSA) (2010) Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance cyproconazole. EFSA J. 8(11):1897-1969.
- European Food Safety Authority (EFSA) (2015) Reasoned opinion on the review of the existing maximum residue levels (MRLs) for propiconazole according to Article 12 of Regulation (EC) No 396/2005. EFSA J. 13(1):3975-4046.
- FAO/WHO (1992) Pesticide residues in food. Report of the Joint Meeting of the FAO Panel of Experts on pesticide residues in food and the environment and the WHO expert group on pesticide residues. Rome, Italy.
- Leeman, W. R., K. J. Van Den Berg and G. F. Houben (2007) Transfer of chemicals from feed to animal products: The use of transfer factors in risk assessment. Food Addit. Contam. 24(1):1-13.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) (2015 A) Major Statistics of Agriculture. Food and Rural Affairs, pp. 358.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (2015 B), Standard analytical methods of animal feeds, Annex 25.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (2015 C) The range of hazardous substances and limits of animal feeds. Standards and Specifications of Animal Feeds, Annex 16.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (2016) Animal Feed Inspection Standards Article 10, MAFRA notification 2016-59.
- Ministry of Food and Drug Safety (MFDS) (2013) Practical handbook of pesticide residue analytical methods of food code. 4th edition.
- Ministry of Food and Drug Safety (2016) Information of residue materials, <https://www.foodnara.go.kr/residue/search/list.do?searchType=&searchValue=%ED%94%BC%EB%A6%AC%EB%AF%B8%ED%8F%AC%EC%8A%A4%EB%A9%94%ED%8B%B8&searchFlag=ALL>. Accessed 26 May 2016.
- USA EPA (2016) Web search of maximum residue limits. <http://www.ecfr.gov/cgi-bin/ECFR?page=browseprevious&pid=00000000&SID=f4a02a513f5f6ecf81e635eb1ed54f7a>. Accessed 26 May 2016.
- USA FDA (2015) Pesticide Monitoring Program Fiscal Year 2012 Pesticide Report. www.fda.gov/Food/Foodbornellness/Contaminants/Pesticides/default.htm. Accessed 26 May 2016.

유통 사료 중 잔류농약 다성분동시분석법 확립 및 모니터링

김진국 · 김호진 · 정명실 · 김충렬 · 정민희 · 이미진 · 강혜민 · 이재현 · 박혜진*

국립농산물품질관리원 시험연구소

요 약 사료의 안전성은 우리가 먹는 축산식품 및 그 가공품의 안전성과 직결된다. 따라서 이 연구의 목적은 1) 사료 중 관리대상 농약의 동시분석법을 확립하고, 2) 국내의 사료 중 농약 잔류실태를 조사하여 원료부터의 축산식품의 안전성을 확보하고자 하였다. 농약 잔류실태 조사를 위해 국내 유통 사료 126점을 수거하였고, 농약잔류허용기준이 설정된 농약 121성분 중 동시분석이 가능한 105성분에 대해 분석법을 확립한 후 농약 잔류실태를 조사하였다. 농약 잔류실태 조사 결과에 따르면, 126점의 사료 중 106점(84.1%)이 불검출이었고, 20점(15.9%)에서 7성분이 농약잔류허용기준 이내로 검출되었다. 검출빈도가 높은 농약으로는 각각 5점에서 검출된 pirimiphos-methyl과 cyproconazole이었다. 이 밖에도 propiconazole, azoxystrobin, tricyclazole 등이 검출되었다. 이 결과들은 2015년 국내 유통 사료가 잔류허용기준 이하로 안전하게 관리되고 있음을 보여준다. 그럼에도 불구하고, 사료의 안전성 강화 및 불량사료 원천 차단을 위해 지속적인 잔류 실태조사가 필요하다.

색인어 사료, 잔류실태 조사, 잔류농약