

318071-
3

보안 과제(), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개()발간등록번호(O)
농축산물안전유통관리기술개발사업 2021년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-003548-01

안전한
사료관리를
위한
곰팡이
독소
동시분석법
개발

안전한 사료관리를 위한 곰팡이 독소 동시분석법 개발

2021. 05. 25.

2021

한경대학교 산학협력단 /
국립농산물품질관리원 시험연구소 /
(주)피켄코리아

농림식품기술기획평가원
농림축산식품부

농림축산식품부
(전문기관)농림식품기술기획평가원

제 출 문

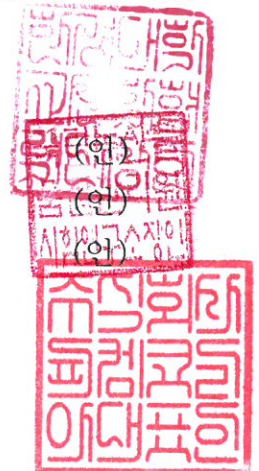
농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “안전한 사료관리를 위한 곰팡이 독소 동시분석법 개발”(개발기간 : 2018.07.31. ~ 2020.12.31.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2021. 05. 25.

주관연구기관명 : 한경대학교 산학협력단
협동연구기관명 : 국립농산물품질관리원 시험연구소
협동연구기관명 : (주)피캠코리아

정 명 규
홍 성 희
최 성 민



주관연구책임자 : 문 준 관
협동연구책임자 : 조 현 정
협동연구책임자 : 최 성 민

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

과제고유번호	318071-3	해 당 단 계 연 구 기 간	응용	단 계 구 분	(해당단계)/ (총 단 계)
연구사업명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명	농축산물안전유통관리기술개발사업			
연구과제명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세부 과제명	안전한 사료관리를 위한 곰팡이 독소 동시분석법 개발			
연구책임자	문 준 관	해당단계 참여연구원 수	총: 21 명 내부: 21 명 외부: 명	해당단계 연구개발비	정부: 750,000천원 민간: 250,000천원 계 1,000,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 21 명 내부: 21 명 외부: 명	총 연구개발비	정부: 750,000천원 민간: 250,000천원 계 1,000,000천원
연구기관명 및 소속부서명	한경대학교 산학협력단 국립농산물품질관리원 시험연구소			참여기업명 (주)피캠코리아	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	일반
-------------------------	----

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 ·장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기탁 번호			1								

국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설· 장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)

보고서 면수
163

<요약문>

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사료 내 곰팡이 독소 동시분석법 개발을 통한 사료 품질관리에 소요되는 시간과 비용부담 최소화 ○ 곰팡이독소 동시분석법을 활용하여 사료의 신뢰성을 높여 안전한 공급을 위한 기반 마련 				
<p>연구개발성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내 사료의 허용기준 및 권고기준을 설정되어 있는 아플라톡신(B₁, B₂, G₁, G₂), 데옥시니발레놀, 푸모니신(B₁, B₂), 오크라톡신 A, T-2 toxin, HT-2 toxin 및 제랄레논 등 6종 11성분에 대한 곰팡이독소 동시분석법 개발 ○ 기존 공전분석방법에서는 유리컬럼, 효소면역친화컬럼 등 비용과 시간이 많이 소모되는 전처리방법을 사용하고 있으며, 이를 비용과 시간을 최소화할 수 있는 QuEChERS방식을 도입하고 개선하여 전처리방법으로 개발 ○ 각 곰팡이독소를 동시분석할 수 있는 분석기기로 액체크로마토그래피 질량 분석기를 사용하였으며, 실제 현장에서 분석할 경우 모든 시료에 대하여 매질 보정을 할 수 없기 때문에 매질효과 감소를 위하여 isotope를 이용 ○ Isotope의 가격이 바싸기 때문에 pre-treatment injection 방식을 사용하여 내부표준물질을 이용한 분석방법을 선택 ○ 3개 기관에서 6종 11성분에 대하여 유효성검증한 결과, 유효성 검증 범위를 모두 만족하였음 ○ 2020년 단미사료 및 배합사료 736개에 대하여 모니터링을 실시하였으며, 오염도 발생 현황과 기준사이의 적정성을 검토하였음 				
<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사료 공전시험법 내 곰팡이 독소 동시분석법 개정을 통한 사료 품질관리에 소요되는 시간과 비용부담 최소화 ○ 곰팡이독소 동시분석법을 활용하여 사료의 신뢰성을 높여 안전한 공급을 위한 기반 마련 				
<p>국문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>단미사료</p>	<p>배합사료</p>	<p>곰팡이독소</p>	<p>동시분석법</p>	<p>사료관리</p>
<p>영문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>Single ingredient feed</p>	<p>Formula feed</p>	<p>Fungus toxin</p>	<p>Multi-analytical method</p>	<p>Feed management</p>

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요	1
2. 연구수행 내용 및 결과	18
3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	36
4. 연구결과의 활용 계획 등	70
붙임. 참고 문헌	71
첨부 1. 곰팡이독소 시험법 서면 검토(안)	74
첨부 2. 사료 중 곰팡이독소 모니터링 결과	100
별첨 1. 연구개발보고서 초록	156
별첨 2. 자체평가의견서	157
별첨 3. 연구성과활용계획서	161

1. 연구개발과제의 개요

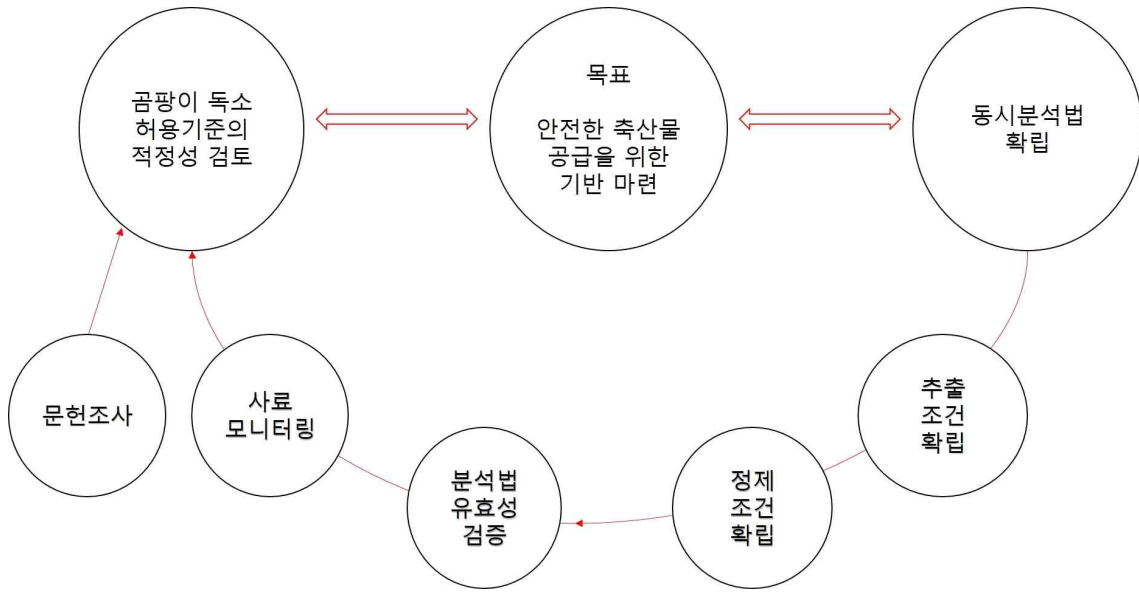


그림 1. 연구개발 개요

- 곰팡이 독소는 곰팡이에 의해서 발생하는 2차 대사산물이며, 마이코톡신(Mycotoxin)이라는 용어는 1962년 영국에서 발생한 칠면조 100,000마리 폐사사건이 발생하면서 만들어졌으며, 원인은 땅콩박에 오염된 *Aspergillus flavus*의 2차 대사산물(Aflatoxins)로 밝혀짐
- 2015년 10월 19일 건국대학교 동물생명과학대학에서 21명의 폐렴환자가 발생하였으며, 질병관리본부 및 민간역학조사자문위원회 소속 전문가들은 동물사료 개발 관련 실험실에서 감염이 진행된 것으로 봄
- 동물사료와 관련하여 폐렴을 일으키는 원인은 곰팡이 독소임
- 사료의 주요 위해 성분인 곰팡이 독소를 살펴보면, 인축의 식이에서 곰팡이 독소의 오염은 세계적으로 중요한 문제로 대두되고 있으며, 사람뿐만 아니라 동물에게도 치명적인 영향을 미침

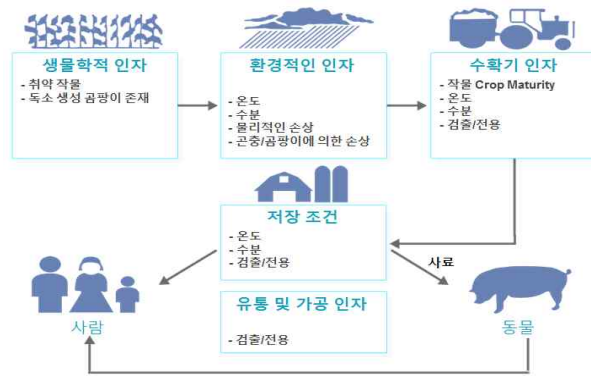


그림 2. 곰팡이독소의 이동경로

- 곰팡이 독소가 함유된 사료를 가축이 섭취하게 되면 여러 가지 형태로 생산성 저해가 일어나고 심할 경우 중독증에 이르러 폐사하는 경우도 빈번하게 발생할 수 있으나 각각에 대한 허용기준이 설정되어 있지 않아 안전 축산물 생산 및 동물복지에 어려움이 있음
- 현재 식품 또는 사료 중 곰팡이독소의 허용기준은 아래와 같이 설정되어 있고, 축종별 사료에 대한 기준이 없음

1) 식품 중 곰팡이 독소 허용 기준

(1) 총 아플라톡신(B₁, B₂, G₁ 및 G₂의 합)

대 상 식 품	기 준(μg/kg)
곡류, 두류, 땅콩, 견과류 및 그 단순가공품 (분쇄, 절단 등)	15 이하 (B ₁ 은 10 이하)
곡류가공품 및 두류가공품 (규격외 일반가공식품)	
장류 및 고춧가루 및 카레분	
육두구, 심황(강황), 건조고추, 건조파프리카 및 이를 함유한 천연향신료	
밀가루	
건조과실류	
영아용 조제식, 성장기용 조제식, 영·유아용 곡류조제식, 기타 영·유아식	B ₁ 으로서 0.10 이하
과자류 (제 5. 1. 과자류; 땅콩 및 견과류 함유제품에 한함)	15 이하 (B ₁ 은 10 이하)
땅콩 또는 견과류 가공품류 (제 5. 29-1. 땅콩 또는 견과류 가공품류)	
팝콘용옥수수가공품 (제 5. 29-11. 팝콘용옥수수가공품)	
찜쌀 (제 5. 29-14. 찜쌀)	

(2) 아플라톡신 M₁

대 상 식 품	기 준($\mu\text{g}/\text{kg}$)
제조·가공직전의 원유 및 우유류	0.5 이하

(3) 파툴린(Patulin)

대 상 식 품	기 준($\mu\text{g}/\text{kg}$)
사과주스 사과주스농축액(원료용 포함, 농축배수로 환산하여)	50 이하
영아용 조제식, 성장기용 조제식, 기타 영·유아식	10 이하

(4) 푸모니신(Fumonisin)

대 상 식 품	기 준($\mu\text{g}/\text{kg}$) (B ₁ 및 B ₂ 의 합으로서)
옥수수	4 이하
옥수수 단순가공품(분쇄, 절단 등) 옥수수 가루	2 이하
옥수수 단순가공품 또는 옥수수가루를 합하여 50% 이상 함유한 곡류가공품 및 시리얼류 팝콘용옥수수가공품	1 이하
과자류 (제 5. 1. 과자류; 옥수수 50% 이상 함유제품에 한함)	1 이하

(5) 오크라톡신 A(Ochratoxin A)

대 상 식 품	기 준($\mu\text{g}/\text{kg}$)
곡류 및 그 단순가공품(분쇄, 절단 등)	5 이하
커피콩, 볶은커피	
인스턴트커피	10 이하
메주	20 이하
고춧가루	7 이하
포도주스, 포도주스농축액(원료용 포함, 농축배수로 환산하여), 포도주	2 이하
건포도	10 이하
영아용 조제식, 성장기용 조제식, 영·유아용 곡류조제식, 기타 영·유아식	0.50 이하

(6) 데옥시니발레놀(Deoxynivalenol)

대 상 식 품	기 준(mg/kg)
곡류 및 그 단순가공품 (옥수수 및 그 단순가공품 제외)	1 이하
옥수수 및 그 단순가공품	2 이하
시리얼류	0.5 이하
영아용 조제식, 성장기용 조제식, 영·유아용 곡류조제식, 기 타 영·유아식	0.2 이하
면류	0.75 이하

(7) 제랄레논(Zearalenone)

대 상 식 품	기 준($\mu\text{g}/\text{kg}$)
곡류 및 그 단순가공품	200 이하
과자	50 이하
영아용 조제식, 성장기용 조제식, 영·유아용 곡류조제식, 기 타 영·유아식	20 이하
시리얼류	50 이하

2) 사료 중 곰팡이 독소 허용기준

(1) 관리 대상 곰팡이 독소

유해물질명	사료의 종류		허용기준
아플라톡신 (B1+B2+ G1+G2)	배합사료	양축용(번식용·비육용어린송아지, 젖소용, <u>포유자돈·이유돈</u> , 산란용·육용종계어린병아리, 육계전기, 육용오리전기, 종오리용 어린오리에 한함), 대용유용, 반추동물용섬유질(번식용·비육용어 린송아지, 젖소용에 한함), 기타 어린동물 이용 배합사료	10ppb
		기타 배합사료(프리믹스용 제외)	20ppb
	단미사료	식물성(조류·섬유질류 일부·유지류·전분류·과실류·채소류·버섯류 제외), 혼합성(식물성이 혼합된 것에 한함), 남은음식물사료	50ppb
오크라톡신A	배합사료	전체 배합사료(프리믹스용 제외)	200ppb
	단미사료	식물성(조류·섬유질류 일부·유지류·전분류·과실류·채소류·버섯류 제외), 혼합성(식물성이 혼합된 것에 한함), 남은음식물사료	250ppb

- 관리를 추천하는 곰팡이 독소

유해물질명	사료의 종류		권고 기준
데옥시니발레놀 (보미톡신)	배합사료	양축용(돼지용에 한함), 대용유용(양돈용에 한함)	900ppb
		양축용(번식용·비육용·어린송아지, 젖소·어린송아지, 비육초기 젖소, 어린사슴, 어린면양, 어린염소 등 어린 반추동물에 한함), 반추동물용섬유질(어린 반추동물에 한함)	2,000ppb
		기타 배합사료(프리믹스용 제외)	5,000ppb
	단미사료	식물성, 혼합성(식물성이 혼합된 것에 한함), 남은음식물사료	10,000ppb
제랄레논	배합사료	양축용 돼지(포유자돈·이유돈, 번식용모돈, 임신모돈, 포유모돈에 한함), 대용유용(양돈용에 한함)	100ppb
		기타 양축용 돼지(육성돈, 비육돈, 번식용 옹돈 등에 한함)	250ppb
		반추동물용(양축용·반추동물용섬유질·사용하는 동물 등에 한함)	500ppb
	기타 배합사료(양축용 돼지, 양돈용 대용유, 반추동물용, 프리믹스용 제외)	1,000ppb	
단미사료	식물성, 혼합성(식물성이 혼합된 것에 한함), 남은음식물사료	3,000ppb	
푸모니신 (B1+B2)	배합사료	양축용(돼지, 말, 토끼에 한함), 대용유용, 애완동물용	5,000ppb
		수산동물용	10,000ppb
		가금용, 양축용(어린 반추동물에 한함), 반추동물용섬유질(어린 반추동물에 한함)	20,000ppb
		반추동물용(양축용·반추동물용섬유질의 어린 반추동물용 제외)	50,000ppb
	기타 배합사료(프리믹스용 제외)	30,000ppb	
단미사료	식물성, 혼합성(식물성이 혼합된 것에 한함), 남은음식물사료	60,000ppb	
T-2/HT-2	배합사료	전체 배합사료	250ppb
	단미사료	귀리, 귀리 가공품 및 싸라기	2,000ppb
		기타 식물성, 혼합성(식물성이 혼합된 것에 한함), 남은음식물사료	500ppb

- 곰팡이 독소는 크게 6가지 그룹으로 나뉘며, Aflatoxin(AF), Ochratoxin(OT), Fumonisin(F), Zearalenone(ZEN), Deoxynivalenol(DON), T-2 toxin이 있음
- 1993년 IARC(International Agency for Research on Cancer)에서 곰팡이독소 중 Aflatoxin B₁은 1급(인체발암물질), Aflatoxin M₁, Ochratoxin A, Fumonisin B₁, 및 Fumonisin B₂는 2B급(인체발암가능물질)으로, Deoxynivalenol, Zearalenone, T-2, HT-2은 3급(인체발암성미분류물질)으로 발암 가능성을 측정하여 발암물질 또는 발암 유발 물질로 분류

- 이러한 문제점을 가진 곰팡이 독소가 사료에 오염되어 있다면 동물의 죽임과 같은 경제적 문제, 성장 저하와 생산성뿐만 아니라 오염된 사료를 섭취한 동물에게서 생산된 육류 및 각종 부산물을 섭취하는 인간에게까지도 위협이 될 수 있기 때문에 분석방법이 필요함
- 또한 확립된 분석법을 이용하여 사료 중 오염실태를 파악하고, 관리기준 또는 허용기준을 제시할 필요가 있음
- 2012년 ~ 2014년 ‘유해물질 안전관리 종합계획’ 및 2015년 비의도적 유해물질 기준.규격 재평가 사업의 16개 시도보건환경연구원 검사의 일환으로 총아플라톡신은 300품목 10,443건, 오크라톡신A는 298품목 9,586건, 데옥시니발레논은 211품목 4,338건, 제랄레논은 214품목 4,614건, 푸모니신은 215품목 5166건을 분석하였다.

표 1. 곰팡이독소 분석건수

분석대상	수행연도	분석품목	분석건수
총아플라톡신	2012	97	2581
	2013	137	3010
	2014	234	2933
	2015	87	1919
오크라톡신A	2012	101	2924
	2013	131	2501
	2014	255	2242
	2015	87	1919
데옥시니발레논	2012	58	1042
	2013	104	973
	2014	143	877
	2015	51	1446
제랄레논	2012	53	629
	2013	88	884
	2014	150	849
	2015	88	1919
푸모니신	2012	46	1062
	2013	103	1083
	2014	137	1101
	2015	89	1919

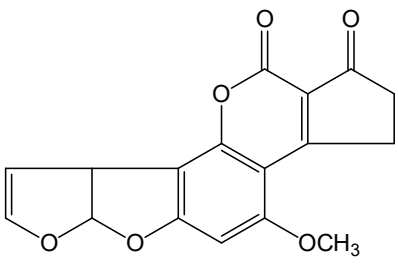
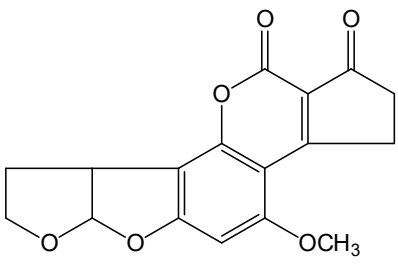
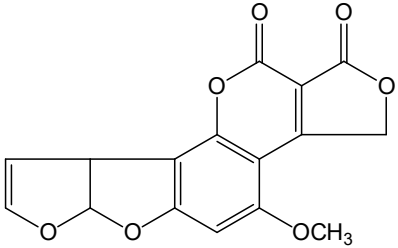
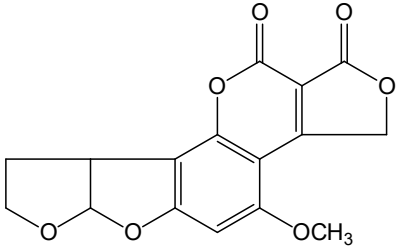
○ 곰팡이 독소 종류 및 물리화학적 성질

1) 아플라톡신

아플라톡신은 *Aspergillus flavus*, *A. parasiticus* 등의 곰팡이로부터 생성되는 2차 대사산물로서 약 20여종 정도가 알려져 있고 온도가 24-35도, 수분이 7%이상일 때 발생하는 것으로 알려져 있다.

주요 오염 식품으로는 쌀, 옥수수, 견과류, 땅콩, 칠리고추, 무화과, 건조과실류와 향신료 등으로, 아플라톡신 B1, B2, G1, G2의 4종 독소가 광범위하게 검출되고 있으며, 총아플라톡신이 4종을 의미한다.

표 2. 아플라톡신의 물리화학적 성질

항목	내용	
	아플라톡신 B1	아플라톡신 B2
성상	무색에서 노란색을 띠는 결정 UV 조사시 푸른색 형광	UV 조사시 푸른색 형광
분자식	C ₁₇ H ₁₂ O ₆	C ₁₇ H ₁₄ O ₆
분자량	312.3 g/mol	314.3 g/mol
구조식		
성상	아플라톡신 G1	아플라톡신 G2
분자식	C ₁₇ H ₁₂ O ₇	C ₁₇ H ₁₄ O ₇
분자량	328.3 g/mol	330.3 g/mol
구조식		

아플라톡신 B1의 반수치사량은 종에 따라 10배의 차이를 보였고, 가장 민감한 종은 토끼와 오리이며, 닭과 흰쥐는 민감종과 비교시 강한 내성을 보였다.

표 3. 다양한 종에서의 아플라톡신B1의 급성독성

종	LD ₅₀ (mg/kg)
오리(11주령)	0.43
돼지	0.60
고양이	0.55
개	0.50-1.00
흰쥐 (수컷)	5.50-7.20
토끼	0.30
닭	6.30

아플라톡신 B1은 유전독성과 발암성이 있는 것으로 알려져 있으며, IARC 에서는 아플라톡신을 일체발암을 일으키는 그룹 1 발암물질로 정의하고 있다.

2) 데옥시니발레놀 (DON)

DON은 trichothene에 속하는 B타입 곰팡이 독소로, 주로 *Fusarium* 속이 가장 중요한 생성원이며, 주로 밀, 옥수수, 보리, 귀리, 호밀 등의 곡류에서 발견되지만 쌀, 수수에서는 이보다 낮은 빈도로 발견된다.

자연조건에서 두종류의 아세틸유도체(3-acetyl, 15-acetyl)가 함께 발견되며, 동일한 *Fusarium* 종에서 생산된 여러곰팡이 독소가 동물사료등에 동시에 오염되기도 한다.

표 4. 데옥시니발레놀의 물리화학적 특성

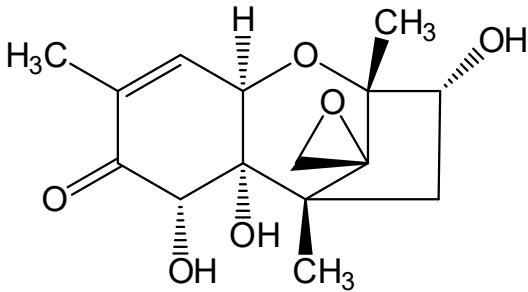
항목	내용
물질명	Deoxynivalenol
성상	무색의 바늘형 결정
분자식	C ₁₅ H ₂₀ O ₆
분자량	296.31 g/mol
구조식	
용해도	물에 녹음 에탄올, 메탄올, 에 녹음

표 5. 다양한 종에서의 DON의 급성독성

종	LD ₅₀ (mg/kg)
개 (피하)	27
mouse (경구)	46

3) 제랄레논

제랄레논은 *Fusarium graminearum*, *F. culmorum*, *F. cerealis*, *F. equiseti*, *F. verticilloides* 등에서 생성되는 2차 대사물로, 이들 곰팡이종은 DON, 니발레놀과 같은 곰팡이 독소를 같이 생성하는 경우가 많다. 온대지방에서 잘 발생하며 150도로 가열하여도 파괴되지 않는 내열성을 보인다. 6개의 이성질체가 존재한다.

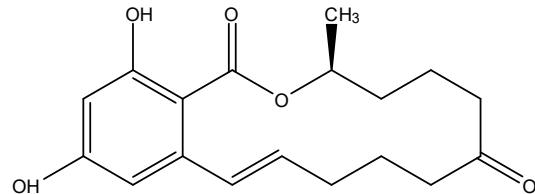
전세계적으로 옥수수, 밀, 쌀, 사탕수수, 등과 같은 곡물에서 발견되며, 간혹 빵에서도 발견되는 경우가 있다.

에스트로젠 유사활성을 가지고 있어 특히 돼지에 민감하게 작용하여 발정증후군, 성장발육 장애, 생식기능저해, 불임증 및 난소위축을 유발시킨다.

표 6. 제랄레논의 물리화학적 특성

항목	내용
물질명	제랄레논
성상	백색결정
분자식	C ₁₈ H ₂₂ O ₅
분자량	318.4 g/mol

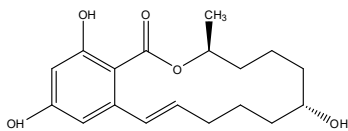
구조식



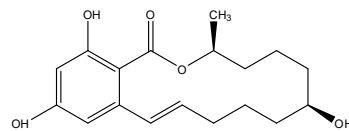
용해도

물:0.002
아세톤 58, 에탄올 24, 메탄올 18

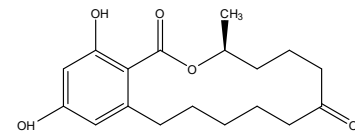
α-zearalenol



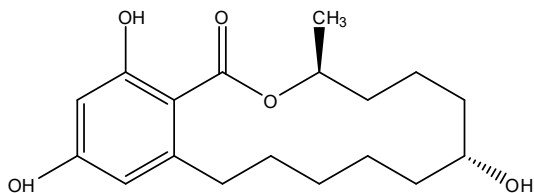
β-zearalenol



Zearalanone



α-zearalanol



β-zearalanol

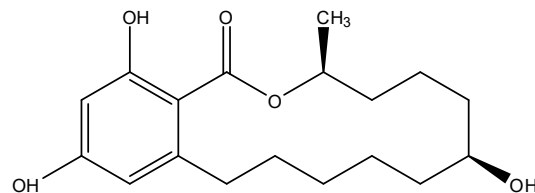


표 7. 다양한 종에서의 제랄레논의 급성독성

종	LD ₅₀ (mg/kg)
Mouse (경구)	> 2,000
Rat (경구)	> 4,000

4) 오크라톡신 A

오크라톡신 A (OTA)는 *Aspergillus* 및 *Penicillium* 속, *Fusarium* 속 곰팡이 독소의 일종으로 곡물, 콩류, 커피, 건포도, 와인 등에서 검출되며 205도에서 수분간 가열해도 파괴되지 않는다. 가축의 사료 오염 시 육류 및 가공식품에서도 검출 가능성이 있다.

표 8. 오크라톡신A의 물리화학적 특성

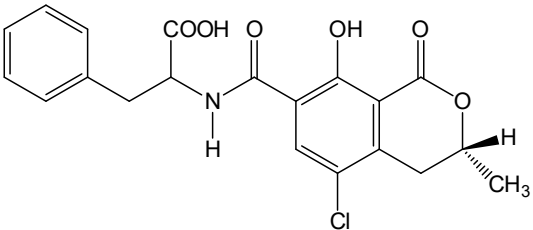
항목	내용
물질명	오크라톡신 A
성상	UV 조사시 산용액에서 녹색 형광 알칼리 용액에서 청색형광
분자식	C ₂₀ H ₁₈ ClNO ₆
분자량	403.82 g/mol
구조식	
용해도	물:0.987 mg/L 유기용매에 녹음

표 9. 다양한 종에서의 오크라톡신A 의 급성독성

종	LD ₅₀ (mg/kg)
Mouse (경구)	46
Pig (경구)	1
Dog (경구)	0.2
Rat (경구)	3.9

5) 푸모니신

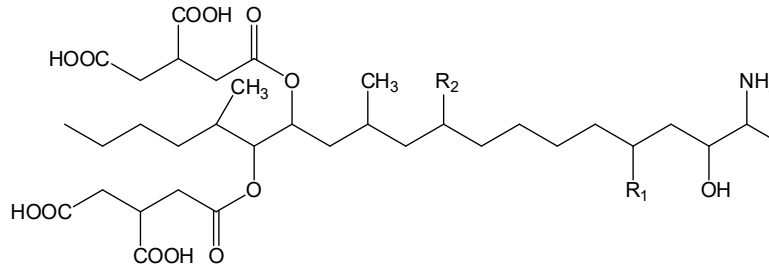
푸모니신은 *Fusarium verticillioides*와 *Fusarium proliferatum* 등의 곰팡이에서 주로 생성되며 propane-1,2,3-tricarboxylic acid와 2-amino-12,16-dimethyl polyhydroxy-eicosane과 같은 diester 구조를 가지고 있다.

푸모니신 A, B, F, P 그룹 등이 공정되었고 이중 B 그룹이 식품중 가장 많이 발견되며,

B1의 독성이 가장 높은 것으로 알려져 있다.

주로 옥수수 수확과 저장초기에 발생하며, 옥수수와 옥수수를 원료로 하는 가공생산물에서 많이 발견되고, 온도가 높은 지역에서 특히 많이 발생한다.

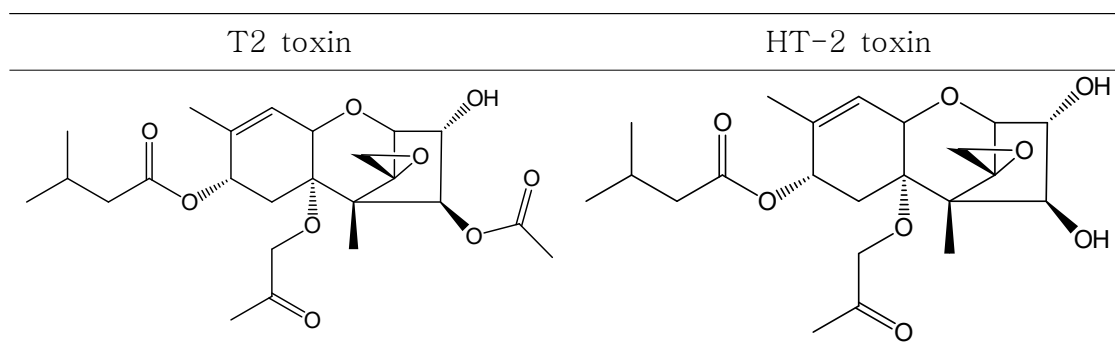
표 10. 푸모니신의 물리화학적 특성

항목	내용
물질명	Fumonisin
분자식	B1: C ₃₄ H ₅₉ NO ₁₅ , B2: C ₃₄ H ₅₉ NO ₁₄
분자량	B1:721.83, B2:705.83
구조식	 <p>B1: R1=OH, R2=OH B2: R1=OH, R2=H</p>
용해도	수용성 메탄올, 아세트니트릴에 녹음

6) T2, HT2 toxin

T2 독신과 HT-2 독신은 trichothecenes계통의 *Fusarium* 곰팡이 독소이다. DON과 다르게 8번 위치 수산화기에 에스테르화 되어 있는 A타입의 독소로 식품중 trichothecene 계 오염물질의 대부분을 차지한다.

표 11. T2, HT2 toxin의 구조



1-1. 연구개발 목적

가. 최종목표

- 사료 내 곰팡이 독소 동시분석법 개발을 통해 사료 품질관리에 소요되는 시간과 비용 부담을 최소화
- 사료의 신뢰성을 높여 안전한 축산물 공급을 위한 기반 마련

나. 세부목표

- 질량분석기를 이용한 곰팡이 독소 6종 11성분 동시분석법 개발 및 유효성 검증
- 곰팡이독소 문헌 조사 및 허용기준·권고기준 적정성 검토

1-2. 연구개발의 필요성

- 현재 사료 표준 분석방법에는 Aflatoxin, Ochratoxin, Deoxynivalenol, Zearalenone, Fumonisin, T-2 toxin 6가지 그룹의 단성분 분석법만 정립되어 있고, HT-2 및 다성분 분석법이 아직 정립되지 않음.

1) Aflatoxin 공정분석법(IAC 정제)

추출	<ul style="list-style-type: none"> · 시료 50 g + NaCl 4g + 60% 메탄올 250 mL 2분간 고속 추출 · 추출액에 250 mL의 증류수를 넣어 혼합하고 10분간 방치하여 상등액을 여과지를 이용하여 갈색플라스크에 여과
정제	<ul style="list-style-type: none"> · 상등액 20 mL를 취하여 면역 컬럼에 주입 · 증류수 20 mL를 컬럼에 통과시켜 세척 · MeOH 1 mL로 Aflatoxin을 용리시키고, 용출하는 동안 용출용액을 3회 정도 백플러싱 하여 Aflatoxin을 완전히 용출하여 갈색 바이알에 담는다 · 증류수 1 mL를 가하여 컬럼에 잔존하는 Aflatoxin을 용리시키고, 갈색바이알에 담아 혼합하여 총 부피가 2 mL가 되도록 하여 기기 분석을 위한 시료용액으로 사용
기기분석	<ul style="list-style-type: none"> · HPLC-FLD(EX.338 nm, EM.425 nm)

2) Ochratoxin 공정분석법(IAC 정제)

추출	<ul style="list-style-type: none"> · 시료 50 g + 60% 아세트니트릴 200 mL 2분간 고속 혼합 · 여과지를 이용하여 추출물 여과
정제	<ul style="list-style-type: none"> · 상등액 4 mL를 취하여 44 mL phosphate buffered saline pH 7.4에 희석(아세트니트릴의 최종농도가 5%(v/v)가 되게 한다) · 희석 시료용액 전량을 컬럼에 적하 후, 20 mL phosphate buffered saline를 분당 약 5 mL로 컬럼을 통과시켜 세척하되 컬럼에서 모든 액체는 제거 · 용출용액 1.5 mL로 Ochratoxin을 용리시키고, 용출하는 동안 용출 용액을 3회 정도 백플러싱 하여 Aflatoxin을 완전히 용출하여 갈색 바이알에 담는다 · 증류수 1.5 mL를 가하여 컬럼에 잔존하는 Ochratoxin을 용리시키고, 갈색바이알에 담아 혼합하여 총 부피가 3 mL가 되도록 하여 기기 분석을 위한 시료용액으로 사용
기기분석	<ul style="list-style-type: none"> · HPLC-FLD(EX.333 nm, EM.443 nm)

3) Deoxynivalenol 및 T-2 독소 공정분석법

추출	<ul style="list-style-type: none"> · 시료 20 g + 아세트니트릴/증류수(3/1. v/v) 200 mL 30분간 진탕 · 혼합물을 여과지로 여과하고 여과액 125 mL에 n-헥산 100 mL를 가하여 10초간 가볍게 진탕 · 하층의 아세트니트릴/증류수 층을 300 mL 가지형 플라스크에 넣고 에탄올 80 mL가하여 회전 농축기로 농축 · 잔류물에 메탄올 5 mL를 넣고 독소를 충분히 용해한다. 이어서 클로르포름 45 mL를 가하고 여과지로 여과한 후, 여과액 40 mL를 약 10 mL까지 농축하고 추출액으로 사용
정제	<ul style="list-style-type: none"> · 유리컬럼에 플로리실 10 g을 클로르포름을 이용하여 충전 · 추출액을 주입하고 클로르포름/메탄올(9/1, v/v) 100 mL를 받는다. · 받은 용출액을 회전 농축기로 농축한다. · 건고물에 메탄올 4 mL를 가하고 추출액을 완전히 녹인 다음 다음 시험용액으로 사용 · 시험용액 1 mL를 질소 건고하여 시릴화제 0.2 mL를 가하고 밀봉한 후, 교박하면서 실온에서 20분간 반응시킨다. 반응 후 3.8 mL 초산 에틸을 가하고 GC용 시험용액으로 사용
기기분석	<ul style="list-style-type: none"> · GC-ECD/FID

4) Zearalenone 공정분석법

추출	<ul style="list-style-type: none"> · 시료 50 g + 규조토 25g + 물 20 mL 얼마간 혼합 후 클로르포름 250 mL를 넣은 다음 완전히 밀봉하고 15분간 교반 · 필터로 여과하고 50 mL를 분취 · 분취액과 10 mL NaCl 용액을 혼합 한 후, 2% NaOH 용액 50 mL를 넣고 1분간 충분히 섞는다. · 정치하여 층을 분리하고, 아래 클로르포름 층은 버린다. · 50 mL citric acid 용액을 넣고 혼합하며 50 mL 메틸렌클로라이드로 추출 · 1분간 충분히 혼합하고 정치하여 층을 분리 · 무수황산나트륨에 통과시킨 후, 메틸렌클로라이드 50 mL로 재추출 · 추출액을 무수황산나트륨에 통과시키고 메틸렌클로라이드로 무수 황산나트륨을 세척한다. · 통과시킨 추출물을 감압농축하고 메탄올/아세토니트릴/물 (1.0+ 1.6+ 2.0) 0.5 mL로 용해
기기분석	<ul style="list-style-type: none"> · HPLC-FLD(EX.236 nm, EM.418 nm)

5) Fumonisin 공정분석법(IAC 정제)

추출	<ul style="list-style-type: none"> · 시료 20 g + 메탄올/아세토니트릴/물(25/25/50, v/v/v) 100 mL 5분간 고속 추출 · 추출물을 여과지로 여과하고 여액 10 mL를 phosphate buffered saline 용액 40 mL로 희석 · 희석액을 흔들어 섞은 후 유리섬유여과지로 여과
정제	<ul style="list-style-type: none"> · 추출액 10 mL를 인산으로 pH 6.8 ~ 7.2로 조정 한 후 컬럼에 주입 · Phosphate buffered saline 용액 10 mL를 유출하여 버림 · 메탄올/물(8/2, v/v) 혼합용액 4 mL로 용출
유도체화	<ul style="list-style-type: none"> · 용출액을 약 60 °C에서 질소로 건조시킨 후 잔류물에 아세토니트릴/물(5/5, v/v) 혼합용액 200 uL를 가하여 녹이고 이 중 50 uL를 취하여 30 °C 항온조건에서 OPA용액 200 uL와 섞고 2분간 교반한 것을 시험용액으로 사용
기기분석	<ul style="list-style-type: none"> · HPLC-FLD(EX.335 nm, EM.440 nm)

- 기존 공정분석법인 HPLC를 이용하였을 때, 실험자에 따라 오차가 크고, 전처리 과정이 복잡하며, 표준물질의 유도체화 및 아우라셀 등을 이용하는데 유도체화의 경우 정도의 유무에 따라 정확성이 떨어지고, 아우라셀 이용 시 검출기까지 증폭 도달 시간이 상당히 길기 때문에 tailing 현상으로 인한 감도 저하의 문제점이 있음
- 현재 시행되고 있는 단성분 공전분석법과 동시분석법 예시(안)의 분석 시간 및 비용을 비교

표 12. 단성분 공전분석법 및 동시분석법 예시(안) 비교

분석기기	HPLC-FLD		TLC	ELISA	GC	LC-MS/MS
전처리방법	Column	IAC			Column	QuEChERS (예시)
아플라톡신	○	○	○(정성)	○		○
제랄레놀(논)	○				○	○
오크라톡신A	○	○				○
디옥시니발레놀					○	○
푸모니신		○				○
T-2					○	○
HT-2						○
분석시간(시간)	3	2	1	1	3	1
	7종 모두 분석하는데 소요되는 시간 : 약 5시간					
분석비용(원)	7종 × 90,000원(1성분당) = 630,000원					200,000원 (예상)

- 따라서 안전한 사료 품질관리에 소요되는 시간과 비용 부담을 최소화하기 위한 고품질이 독소 6그룹에 대한 동시 분석법이 필요하며 이에 따라 사료 안정성의 신뢰성을 높여 안전한 축산물 공급을 위한 기반 마련

1-3. 연구개발 범위

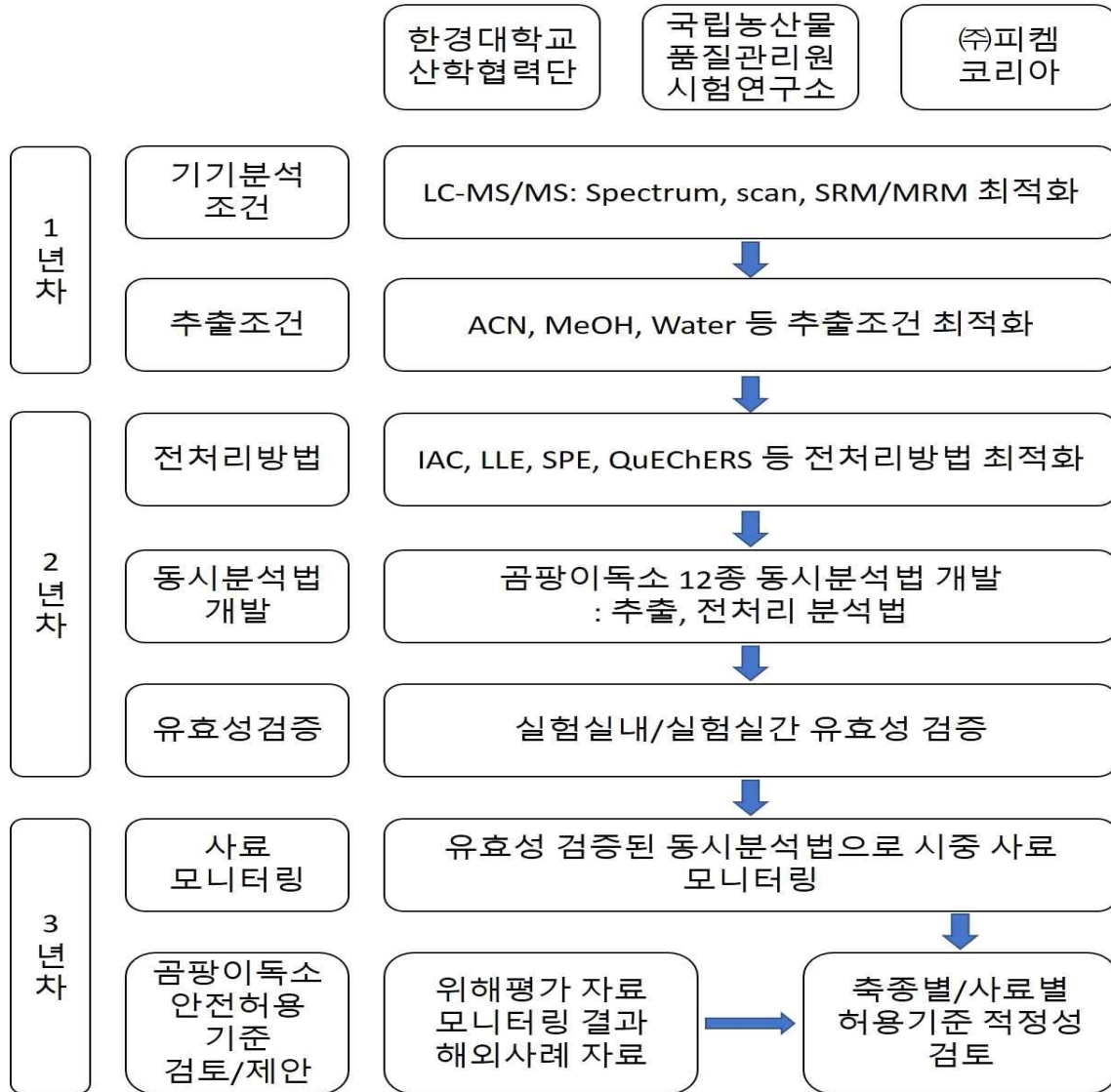


그림 3. 연차별 개발 목표 및 내용

표 13. 연차별 개발 목표 및 내용

1 차 년 도	목표	· 곰팡이 독소 6그룹 및 제랄레논 이성질체 6종의 동시추출 조건 탐색 및 곰팡이 독소 문헌·사례 조사
	내용	· 각 기관별로 최적의 추출조건을 탐색한 다음, 모든 성분을 취합하여 최적의 동시추출조건을 확립 · SANTE/11945/2015 및 CAC/GL 40-1993 등 농약 잔류분석 분석법 개발에 준하여 기기조건 최적화 · 곰팡이 독소 권고기준의 적정성 검토를 위한 참고문헌 조사
2 차 년 도	목표	· 곰팡이 독소 6그룹 및 제랄레논 6종의 최적 동시분석법 개발 및 유효성 검증
	내용	· SANTE/11945/2015 및 CAC/GL 40-1993 등 농약 잔류분석 분석법 개발에 준하여 실험 · 각 기관별로 최적의 전처리방법을 탐색한 다음, 곰팡이독소 12종 성분을 취합하여 동시분석을 위한 전처리방법을 확립 · 실험실간 유효성 검증을 통하여 12종 곰팡이 독소 동시분석법 확립 · 단미사료 1종 및 배합사료 2종에 대하여 유효성검증을 실시하고, 실험실내 및 실험실간의 분석법 검증을 실시하여 유효 범위에 만족 여부 검토 · 곰팡이 독소 문헌검토 및 국내외 기준설정 현황을 탐색 및 비교
3 차 년 도	목표	· 곰팡이 독소 모니터링, 곰팡이 독소별 안전허용량 적정성 조사 및 확립된 분석법 교육
	내용	· 사료표준분석방법 중 곰팡이독소 동시분석법을 작성 · 사료 모니터링 · 곰팡이 독소 위해평가 자료, 모니터링 및 해외사례 등 수집된 자료를 기반으로 관리를 추천하는 곰팡이독소 권고기준의 적정성 검토 · 사료검정인정기관에 대하여 교육 실시

2. 연구수행 내용 및 결과

○ 기기조건의 확립

각 곰팡이 독소 성분 1 $\mu\text{g/ml}$ 를 LC 컬럼의 작착 없이 full scan 분석을 통하여 precursor ion을 결정하였다. Positive mode와 negative mode에서의 이온화 강도를 동시에 비교하여 $[\text{M}+\text{H}]^+$, $[\text{M}-\text{H}]^-$, $[\text{M}+\text{NH}_4]^+$, $[\text{M}+\text{Na}]^+$ 등 최적의 감도를 보이는 이온을 precursor ion으로 설정하였다(그림 1~13). 결정된 precursor 이온을 선택하고 기기 자체의 MRM optimization tool을 이용하여 다양한 CE voltage에서 product ion을 검색한 후, 정량 및 정성에 적합한 이온을 선정하여 MRM(또는 SRM) 조건을 확립하였다.

곰팡이 독소를 분석하기 위하여 기기조건을 확립할 때는 유럽 가이드라인 ‘Guidance document on identification of mycotoxins in food and feed(SANTE/12089/2016)’를 따라 확립였다. MS/MS 장비 활용을 위하여 UHPLC(Ultra High Performance Liquid Chromatography)를 사용하여 분석물질의 머무름시간(Retention time, RT)의 오차는 ± 0.1 을 벗어나지 않도록 설정을 하였다. MS/MS 장비의 경우, 물질의 정량 및 정성을 위한 이온값을 설정할 때 저분자량의 경우 및 특이인 경우를 제외하고는 분자량 100 m/z 값을 나타내는 이온들은 설정에서 제외하였고, 설정된 이온들의 비율은 $\pm 30\%$ 가 넘지않는 이온을 설정하였다. 자세한 조건은 다음 표 14와 같다.

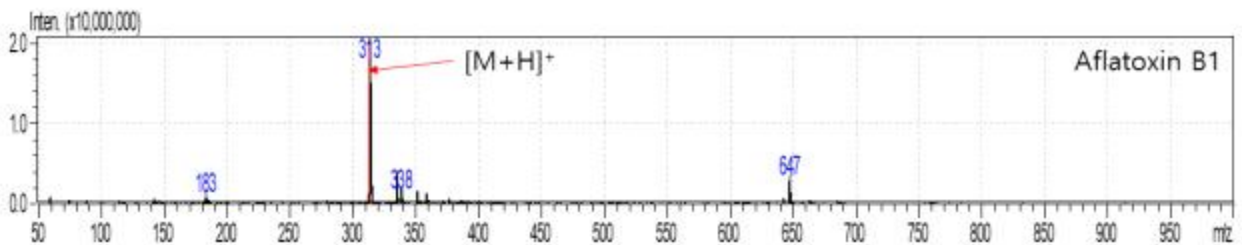


그림 4. Afloxatoxin B1 mass spectrum

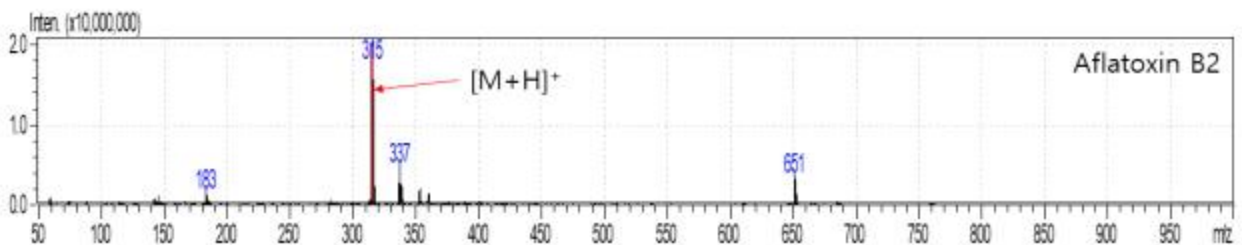


그림 5. Afloxatoxin B2 mass spectrum

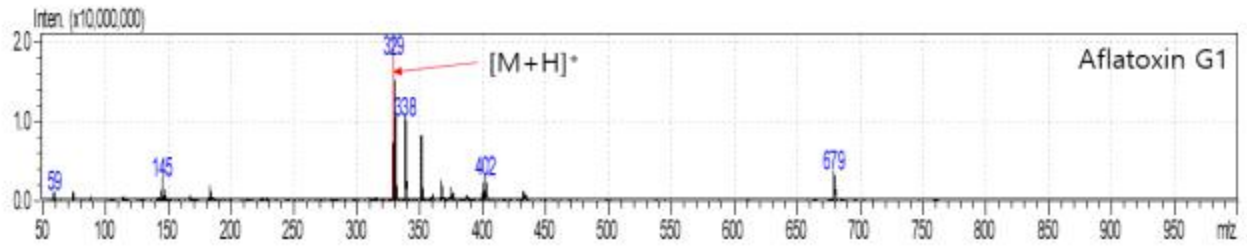


그림 6. Afloxatoxin G1 mass spectrum

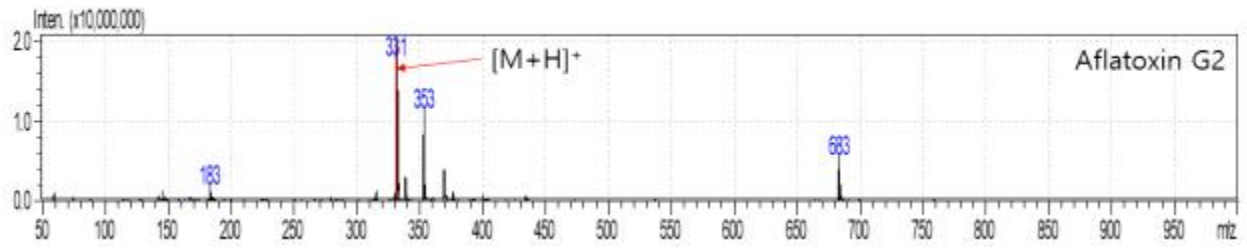


그림 7. Afloxatoxin G2 mass spectrum

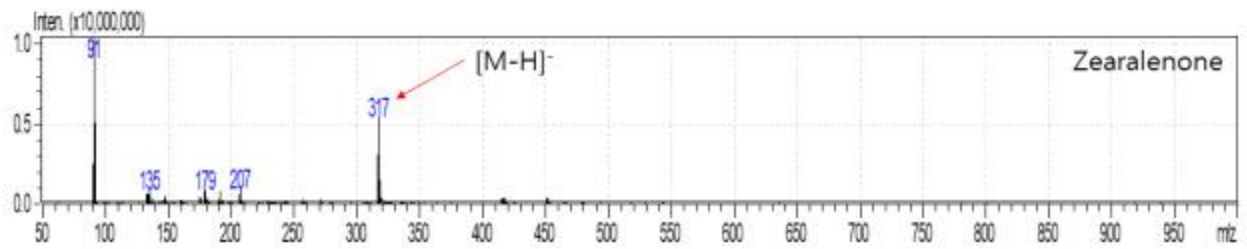


그림 8. Zearalenone mass spectrum

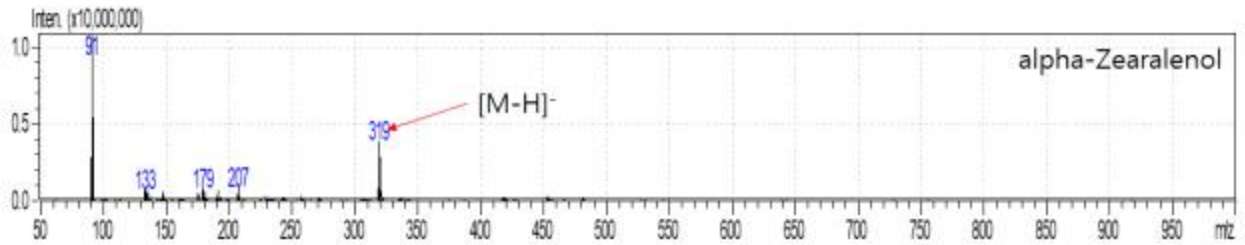


그림 9. alpha-Zearalenol mass spectrum

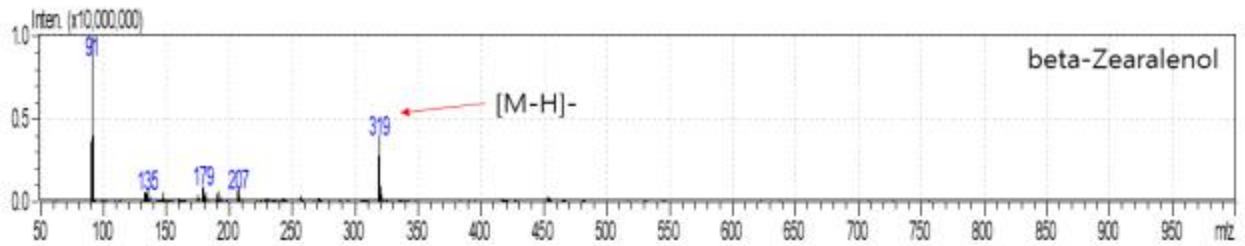


그림 10. beta-Zearalenol mass spectrum

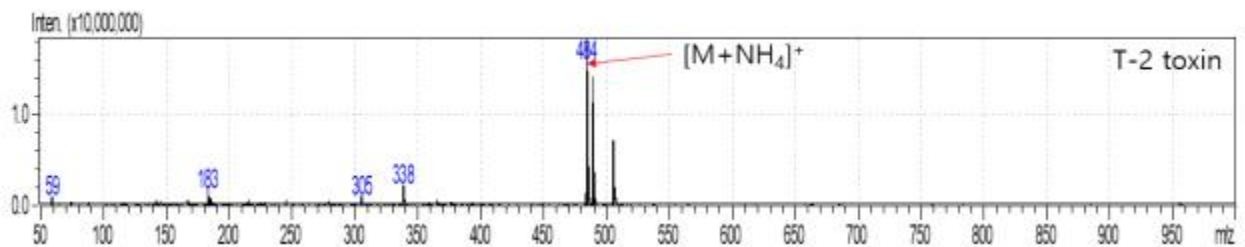


그림 11. T-2 toxin mass spectrum

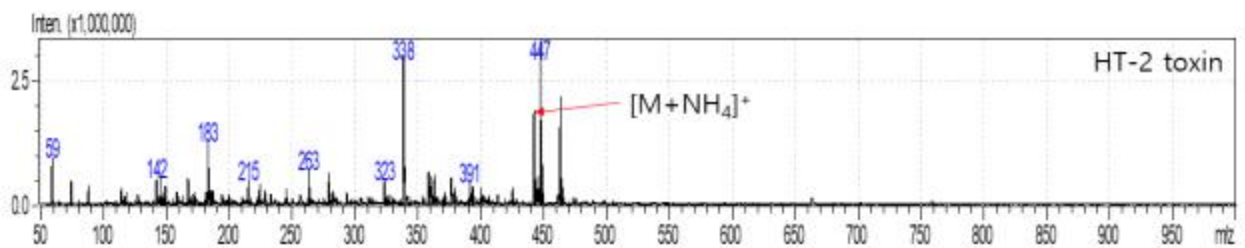


그림 12. HT-2 toxin mass spectrum

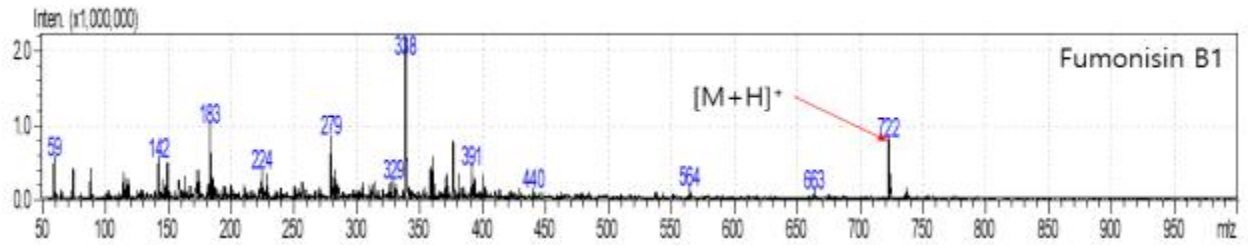


그림 13. Fumonisin B1 mass spectrum

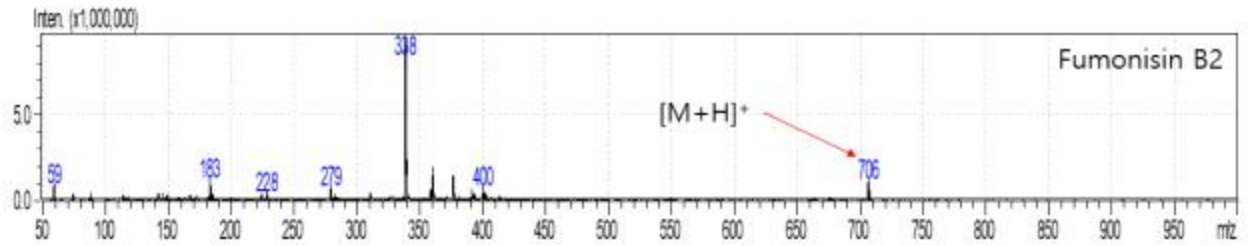


그림 14. Fumonisin B1 mass spectrum

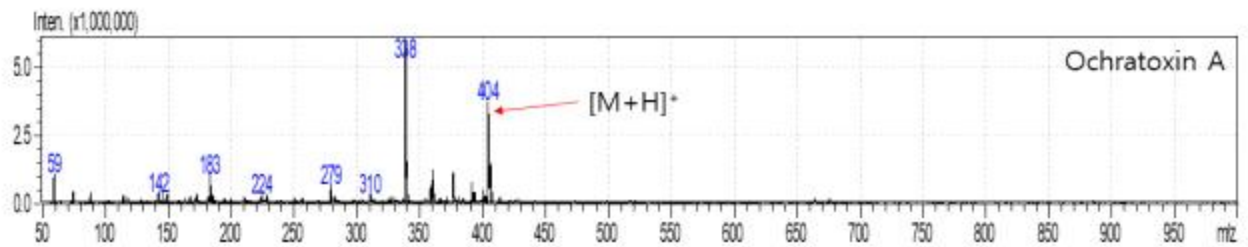


그림 15. Ochratoxin A mass spectrum

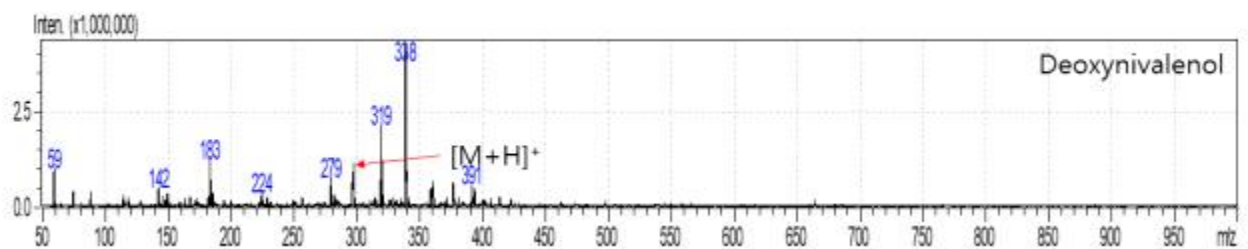


그림 16. Deoxynivalenol mass spectrum

표 14. MS 기기 확립 조건

MS detector/ characteristics	Typical systems (examples)	Acquisition	Requirements for identification	
			Minimum number of ion	Other
MS/MS	Triple quadrupole, ion trap, Q-trap, Q-TOF, Q-Orbitrap	Selected or multiple reaction monitoring(SRM, MRM), Mass resolution for precursor-ion isolation equal to or better than unit mass resolution	2 product ion	S/N ≥ 3 Analyte peaks in the extracted ion chromatograms must fully overlap. Ion ratio within ± 30 %(relative) of average of calibration standards from same sequence

위 조건에 따라 확립된 분석기기의 조건은 표 15와 같으며, 각 성분별 MRM(또는 SRM)의 조건은 표 16과 같다. 이 조건은 각각의 실험실의 환경에 따라 변경될 수 있다. 다만, 이와 동등한 성능을 발휘 할 수 있는 기기 및 컬럼 등을 선택하였다.

표 15. LC-MS/MS 기기분석 조건

Nexera X2 Liquid chromatograph (Shimadzu, Japan)																																												
Column	Kinetex C ₁₈ (100 mm x I.D 2.1 mm, 1.7 mm)																																											
Column Temp.	40°C																																											
Mobile phase	A = 0.1% formic acid+ 5 mM ammonium formate in Water B = 0.1% formic acid+ 5 mM ammonium formate in Methanol																																											
Gradient	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Time</th> <th>flow (mL/min.)</th> <th>A (%)</th> <th>B (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Initial</td> <td>0.3</td> <td>95</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0.3</td> <td>95</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0.3</td> <td>90</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0.3</td> <td>50</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>0.3</td> <td>20</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>0.3</td> <td>10</td> <td>90</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>0.3</td> <td>10</td> <td>90</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>0.3</td> <td>95</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>0.3</td> <td>95</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table>				Time	flow (mL/min.)	A (%)	B (%)	Initial	0.3	95	5	1	0.3	95	5	3	0.3	90	10	5	0.3	50	50	7	0.3	20	80	8	0.3	10	90	10	0.3	10	90	12	0.3	95	5	15	0.3	95	5
Time	flow (mL/min.)	A (%)	B (%)																																									
Initial	0.3	95	5																																									
1	0.3	95	5																																									
3	0.3	90	10																																									
5	0.3	50	50																																									
7	0.3	20	80																																									
8	0.3	10	90																																									
10	0.3	10	90																																									
12	0.3	95	5																																									
15	0.3	95	5																																									

LC/MS-8050 (Shimadzu, Japan)	
Ionization	Electrospray Ionization (positive, negative)
Interface temp.	300℃
Heat block temp.	400℃
DL Temp.	250℃
Nebulizing gas Flow	3 L/min.
Heating gas Flow	10 L/min. (air)
Drying gas Flow	10 L/min. (nitrogen)
MRM Detection	MRM (Multiple Reaction Monitoring) mode(표 3.)

표 16. 곰팡이 독소 성분 MRM 조건

Name	RT (min)	Exact M.W.	Ionization	Precursor ion >Product ion (CE, eV)							
				Quantifier ion				Qualifier ion			
Aflatoxin B1	7.12	312.30	[M+H] ⁺	313.00	>	285.00	25	313.00	>	241.00	40
Aflatoxin B2	7.00	314.30	[M+H] ⁺	315.00	>	287.00	27	315.00	>	259.05	30
Aflatoxin G1	6.85	328.30	[M+H] ⁺	328.90	>	243.05	27	328.90	>	311.05	23
Aflatoxin G2	6.72	330.30	[M+H] ⁺	331.00	>	313.05	26	331.00	>	245.15	31
Zeralenone	8.18	318.40	[M-H] ⁻	317.00	>	175.25	24	317.00	>	273.25	19
alph-Zeralenol	8.10	320.38	[M-H] ⁻	319.00	>	275.15	21	319.00	>	160.20	31
beta-Zeralenol	7.80	320.38	[M-H] ⁻	319.00	>	275.15	21	319.00	>	160.20	31
Fumonisin B1	7.65	721.85	[M+H] ⁺	722.20	>	334.40	42	722.20	>	704.40	30
Fumonisin B2	8.17	705.85	[M+H] ⁺	706.20	>	336.35	39	706.20	>	318.35	42
T-2 toxin	7.87	466.53	[M+NH ₄] ⁺	484.20	>	215.15	21	484.20	>	305.20	16
HT-2 toxin	7.57	424.48	[M+NH ₄] ⁺	442.00	>	263.15	15	442.00	>	215.15	15
Ochratoxin A	8.13	403.80	[M+H] ⁺	403.90	>	239.05	25	403.90	>	355.10	16
Deoxynivalenol	5.23	296.32	[M+H] ⁺	297.10	>	249.10	13	297.10	>	203.15	17

○ 희석용매 선정

- 표준물질 조제

표준물질은 Cfm Oskar Tropitzsch사의 제품을 구매하여 사용하였으며, 각 5 mg을 전량 용해시켜 표준용액으로 사용하였다. 각 성분별 함량 및 유효기간은 표 17과 같으며, Aflatoxin B1 및 B2는 acetonitrile에 용해시켰고, 나머지 11성분은 Methanol에 용해시켰다. 각각의 개별 표준용액을 조제한 후, 혼합표준용액을 acetonitrile을 이용하여 10 µg/ml로 조제한 다음 희석용매로 선정된 용매를 이용하여 단계적으로 희석, working solution으로 이용하였다.

표 17. 각 성분별 함량 및 유효기간

No.	물질명	제조사	유래	함량(%)	유효기간
1	Aflatoxin B1	Cfm OT	<i>Asperigillus flavus</i>	100	2020.05
2	Aflatoxin B2	Cfm OT	<i>Asperigillus flavus</i>	100	2021.01
3	Aflatoxin G1	Cfm OT	<i>Asperigillus flavus</i>	99	2021.01
4	Aflatoxin G2	Cfm OT	<i>Asperigillus flavus</i>	98.37	2021.01
5	Zeralenone	Cfm OT	<i>Giberella zeae</i>	99.83	2020.03
6	alpha-Zeralenol	Cfm OT	<i>Giberella zeae</i>	99.83	2020.11
7	beta-Zeralenol	Cfm OT	<i>Giberella zeae</i>	99.17	2020.06
8	T2-toxin	Cfm OT	<i>Fusarium tricinctum</i>	100	2020.02
9	HT-2 toxin	Cfm OT	<i>Fusarium sp.</i>	99.75	2021.03
10	Fumonisin B1	Cfm OT	<i>Fusarium moniliforme</i>	99.72	2020.04
11	Fumonisin B2	Cfm OT	<i>Fusarium moniliforme</i>	99.94	2021.02
12	Ochratoxin A	Cfm OT	<i>Asperigillus ochraceus</i>	100	2020.08
13	Deoxynivalenol	Cfm OT	<i>Fusarium sp.</i>	99.47	2021.03

- 최적의 희석용매 및 기기용매 선정

희석용매는 기본적으로 acetonitrile과 증류수의 비율에 따른 비교를 하였으며, 이온화를 도와주고 크로마토그램 피크의 깨짐을 잡아주는 극성용매 3차증류수와 대표 버퍼용액 (100 mM ammonium formate in distill water, pH 4.5 ~ 5.5)의 비율을 조정하여 탐색하였다. 또한 각 곰팡이 독소 성분의 감도 및 피크의 모양 등 기기분석 최적화를 위하여 기기 용매 선정을 진행하였다. 기기용매는 LC-MS/MS 분석 시 가장 많이 사용하는 distilled water와 acetonitrile 및 methanol을 이용하여 비교하였다.

희석용매 및 기기용매 선정을 위하여 총 20가지의 비율과 기기용매 2가지의 조건에 따라 같은 농도를 분석하여 탐색하였으며, 그 조건은 다음 표 18과 같다.

표 18. 희석용매 선정을 위한 용매의 비율

No.	기본용매(A)	첨가용매(B)	비율(A/B, V/V)
1	Acetonitrile	-	100/0
2	Acetonitrile	distill water	90/10
3	Acetonitrile	distill water	80/20
4	Acetonitrile	distill water	70/30
5	Acetonitrile	distill water	60/40
6	Acetonitrile	distill water	50/50
7	Acetonitrile	distill water	40/60
8	Acetonitrile	distill water	30/70
9	Acetonitrile	distill water	20/80
10	Acetonitrile	distill water	10/90
11	Acetonitrile	100mM ammonium formate	100/0
12	Acetonitrile	100mM ammonium formate	90/10
13	Acetonitrile	100mM ammonium formate	80/20
14	Acetonitrile	100mM ammonium formate	70/30
15	Acetonitrile	100mM ammonium formate	60/40
16	Acetonitrile	100mM ammonium formate	50/50
17	Acetonitrile	100mM ammonium formate	40/60
18	Acetonitrile	100mM ammonium formate	30/70

No.	기본용매(A)	첨가용매(B)	비율(A/B, V/V)
19	Acetonitrile	100mM ammonium formate	20/80
20	Acetonitrile	100mM ammonium formate	10/90

기기용매에 따른 각 성분별 결과를 그래프로 비교 하였으며, 기기용매에 따라 각 성분별로 비교한 결과 100% acetonitrile으로 희석하였을 때, aflatoxin B1 및 aflatoxin B2, aflatoxin G1은 기기용매를 methanol을 사용하였을 때보다 acetonitrile을 사용하였을 때 3배 정도 감도가 높았으나 희석용매에서 물 첨가농도가 증가됨에 따라 그 차이는 감소하였다. Deoxynivalenol 및 HT-2 toxin은 methnaol을 사용하였을 때 희석용매에서 물 첨가농도와 관계없이 감도가 높았다. Aflatoxin의 허용기준(10 $\mu\text{g}/\text{kg}$)을 고려하였을 때 acetonitrile과 distilled water를 사용하는 것이 가장 적합하나, 전체적인 성분을 비교하여 동시다성분으로 분석하기에는 methanol와 distilled water를 사용하였을 경우가 가장 적합하였다.

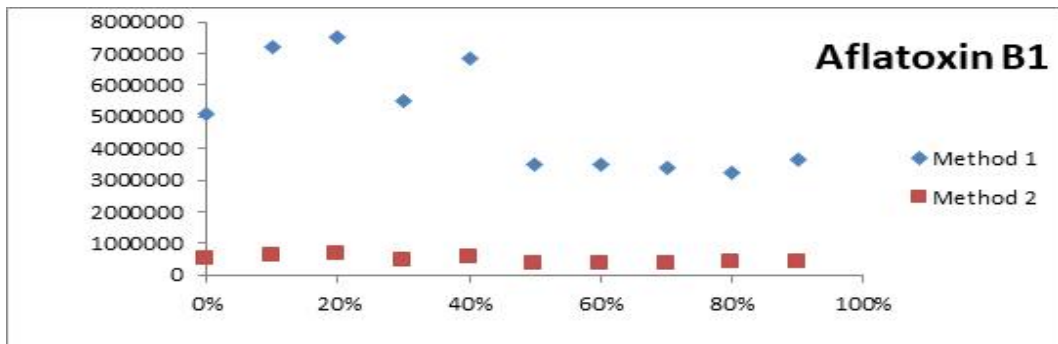


그림 17. Aflatoxin B1 비교 그래프(method 1: ACN/DW, method 2: MeOH/DW)

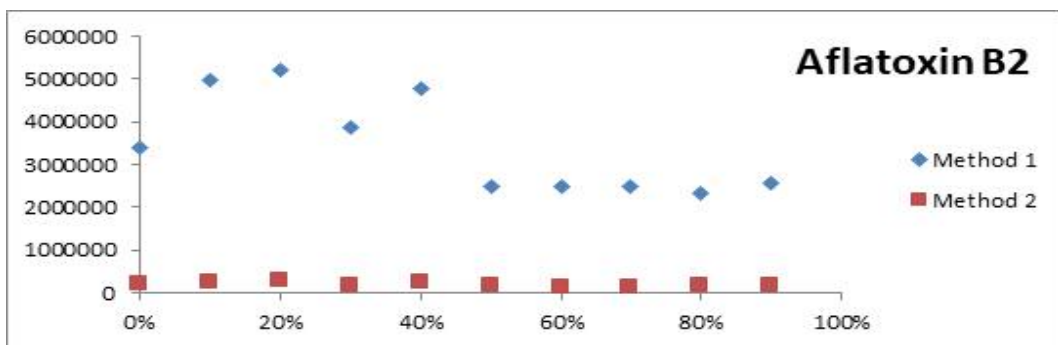


그림 18. Aflatoxin B2 비교 그래프(method 1: ACN/DW, method 2: MeOH/DW)

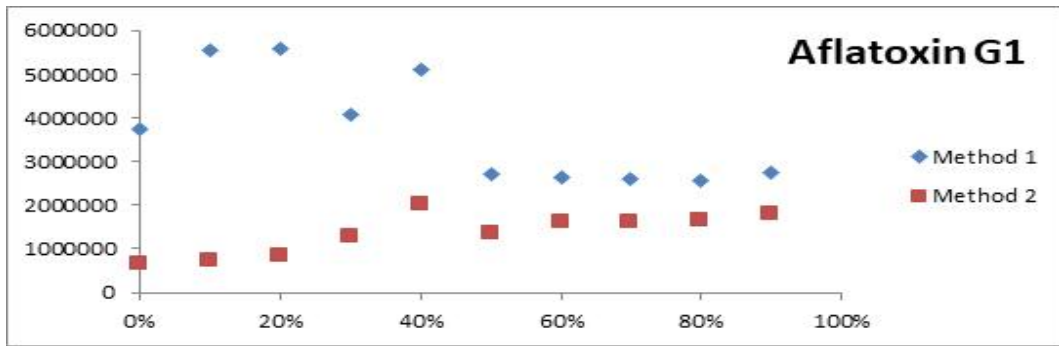


그림 19. Aflatoxin G1 피크 면적 비교 그래프(method 1: ACN/DW, method 2: MeOH/DW)

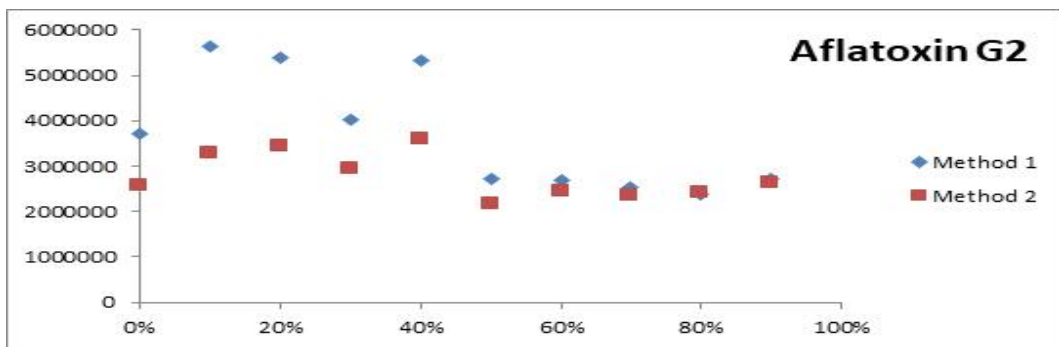


그림 20. Aflatoxin G2 피크 면적 비교 그래프(method 1: ACN/DW, method 2: MeOH/DW)

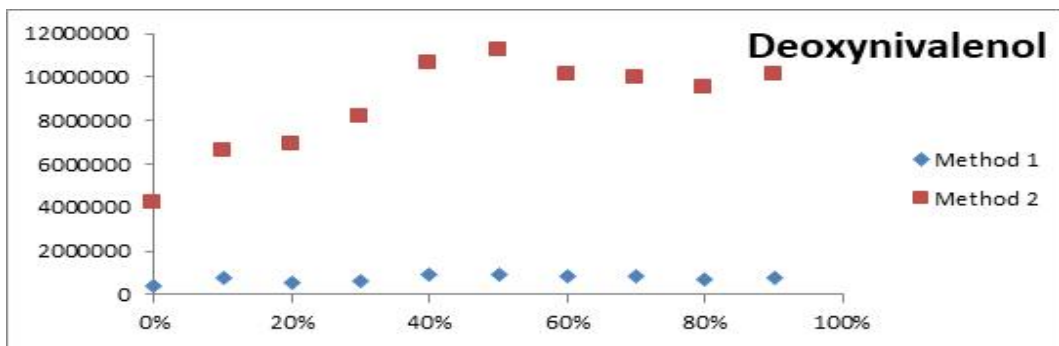


그림 21. Deoxynivalenol 피크 면적 비교 그래프
(method 1: ACN/DW, method 2: MeOH/DW)

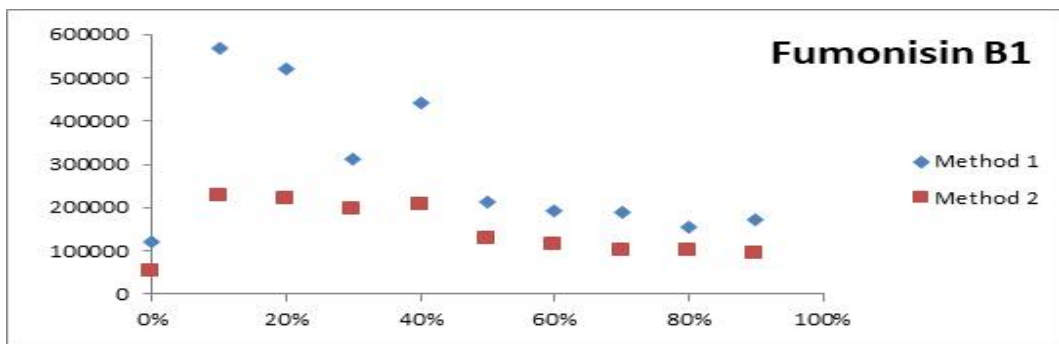


그림 22. Fumonisin B1 피크 면적 비교 그래프
(method 1: ACN/DW, method 2: MeOH/DW)

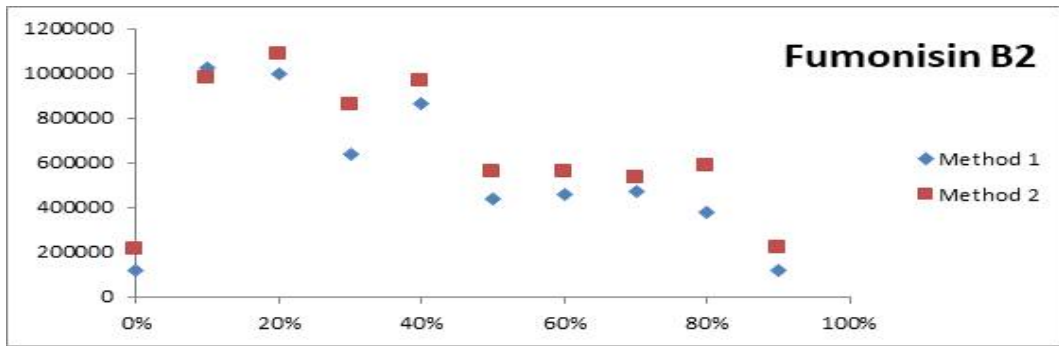


그림 23. Fumonisin B2 피크 면적 비교 그래프
(method 1: ACN/DW, method 2: MeOH/DW)

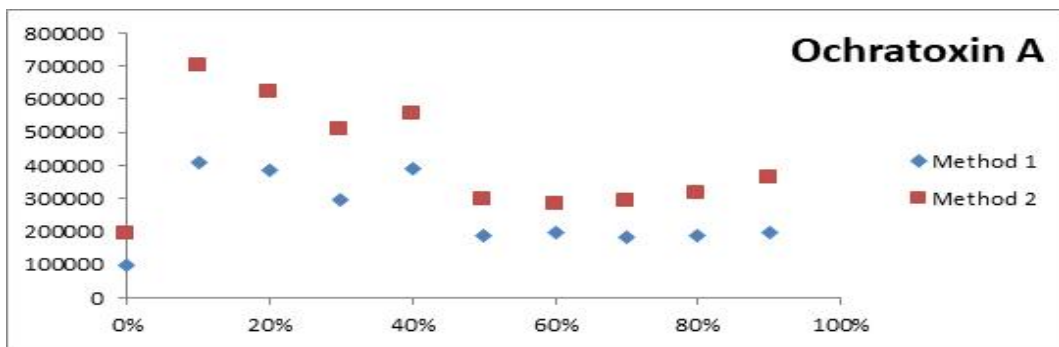


그림 24. Ochratoxin A 피크 면적 비교 그래프(method 1: ACN/DW, method 2: MeOH/DW)

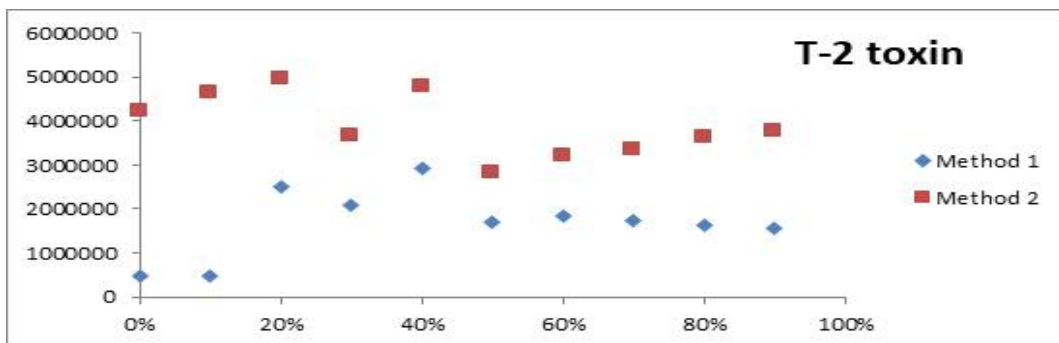


그림 25. T-2 toxin 피크 면적 비교 그래프(method 1: ACN/DW, method 2: MeOH/DW)

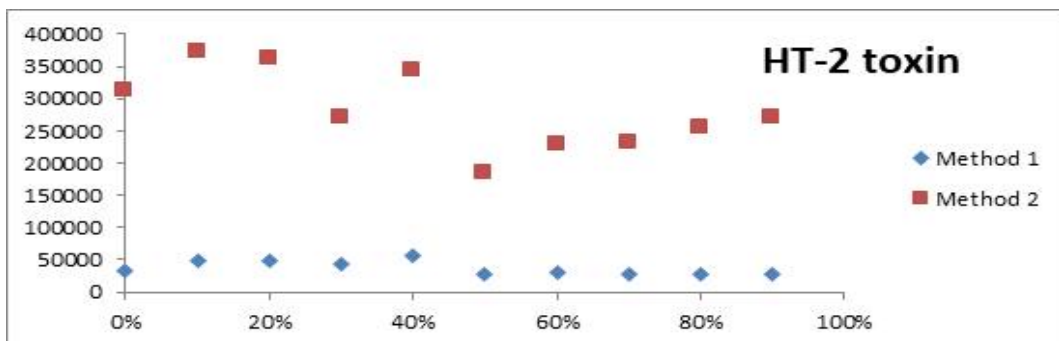


그림 26. HT-2 toxin 피크 면적 비교 그래프(method 1: ACN/DW, method 2: MeOH/DW)

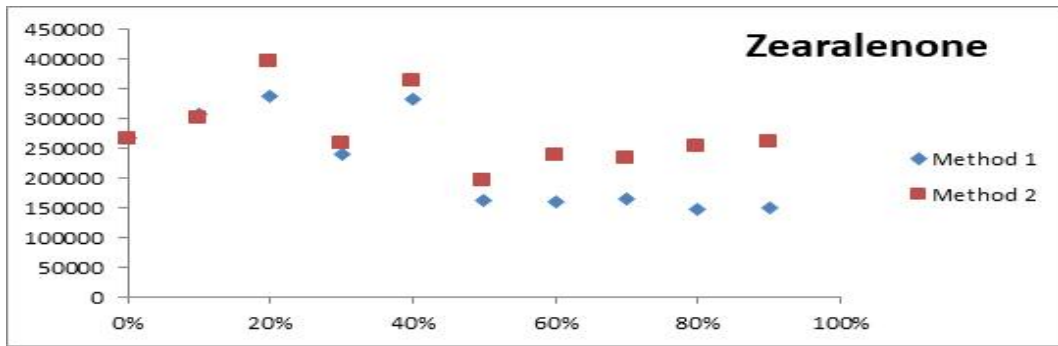


그림 27. Zearalenone 피크 면적 비교 그래프(method 1: ACN/DW, method 2: MeOH/DW)

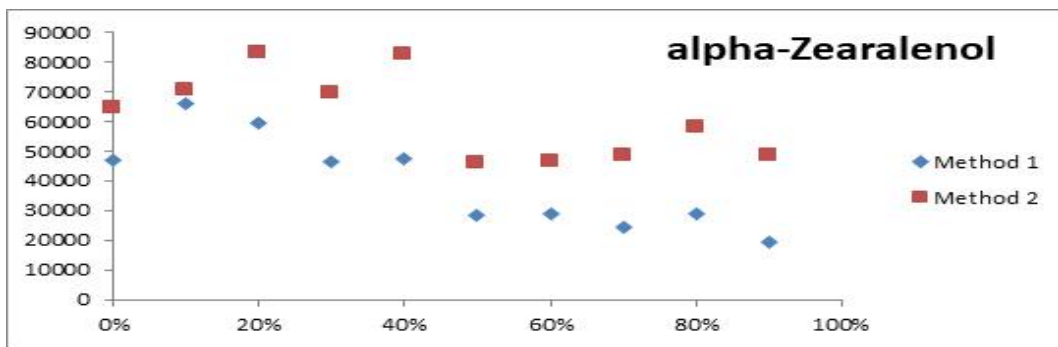


그림 28. α-Zearalenol 피크 면적 비교 그래프(method 1: ACN/DW, method 2: MeOH/DW)

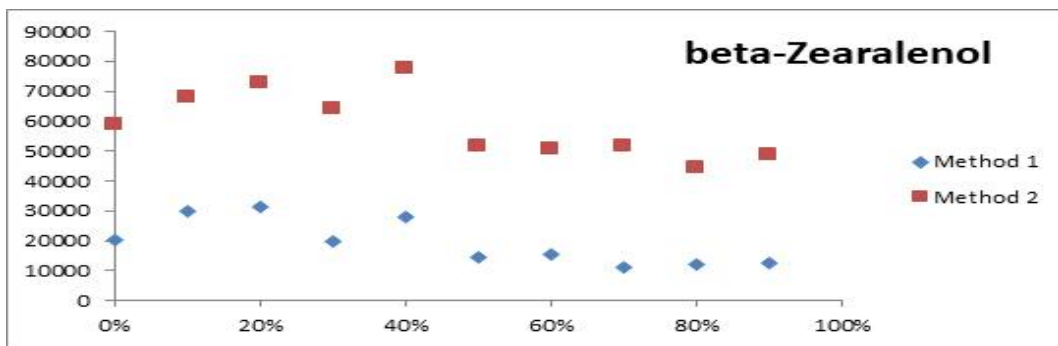


그림 29. β-Zearalenol 피크 면적 비교 그래프(method 1: ACN/DW, method 2: MeOH/DW)

1 mM ammonium fluoride 및 0.1% formic acid가 첨가된 methanol과 distilled water를 기기용매로 사용하고 희석용매를 3차 증류수와 100 mM ammonium formate의 첨가 비율에 각 성분별 결과를 그래프로 비교 한 결과(그림 30 ~ 42), zearalenone 및 zearalenol의 경우 100% acetonitrile일 때는 감도가 비슷하였으나 3차 증류수의 첨가 비율이 높아질수록 감도는 상승하는 경향을 보였고 100 mM ammonium formate의 첨가 비율이 높아질수록 감도는 감소하는 경향을 보였다. Fuminisin B1 과 B2의 경우, 100% acetonitrile일 때보다 증류수와 100 mM ammonium formate를 첨가하였을 때 감도가 많게는 6배 이상 증가하였으며, 두 용매의 함량이 20% 이상일 때는 큰 차이점이 없었다. 하지만 피크의 끌림 또는 프론텩의 최소화와 좌우대칭 및 감도를 위하여 물의 함량을 70%로 조정하는 것이 가장 적합한 것으로 판단되었으며 특히 deoxynivalenol의 경우 물에 함량 또는 100 mM ammonium formate 함량에 따른 피크의 프론텩이 크게 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

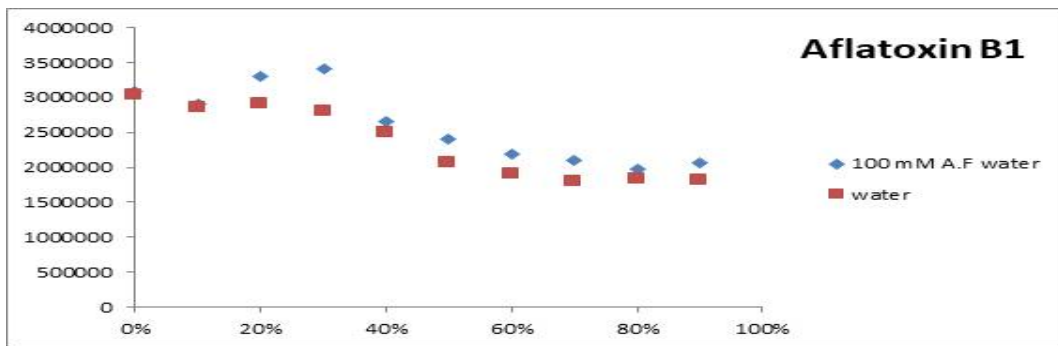


그림 30. Aflatoxin B1 피크 면적 비교 그래프

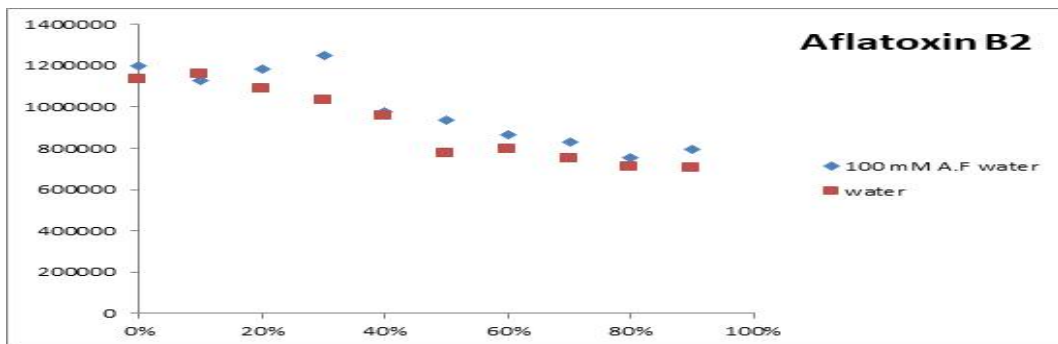


그림 31. Aflatoxin B2 피크 면적 비교 그래프

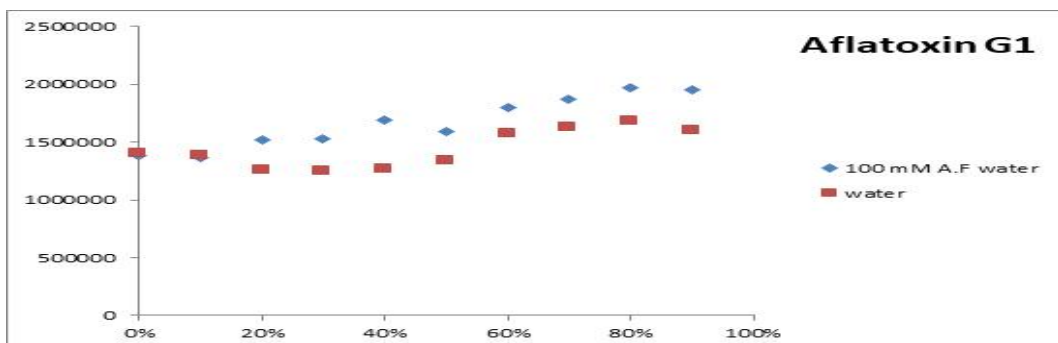


그림 32. Aflatoxin G1 비교 그래프

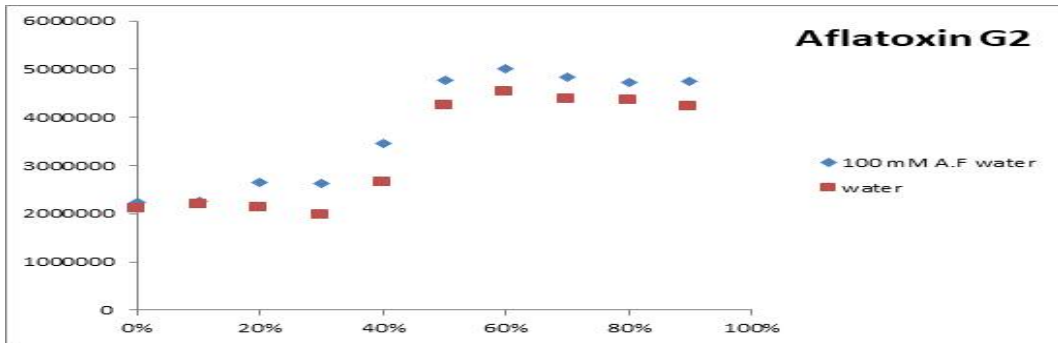


그림 33. Aflatoxin G2 피크 면적 비교 그래프

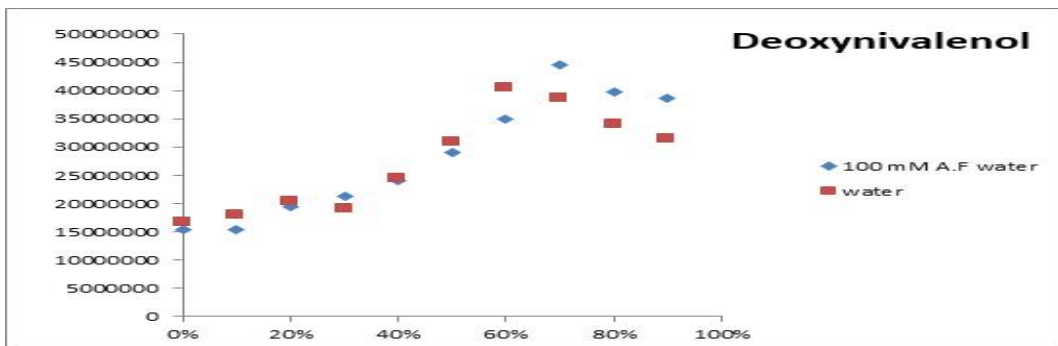


그림 34. Deoxynivalenol 피크 면적 비교 그래프

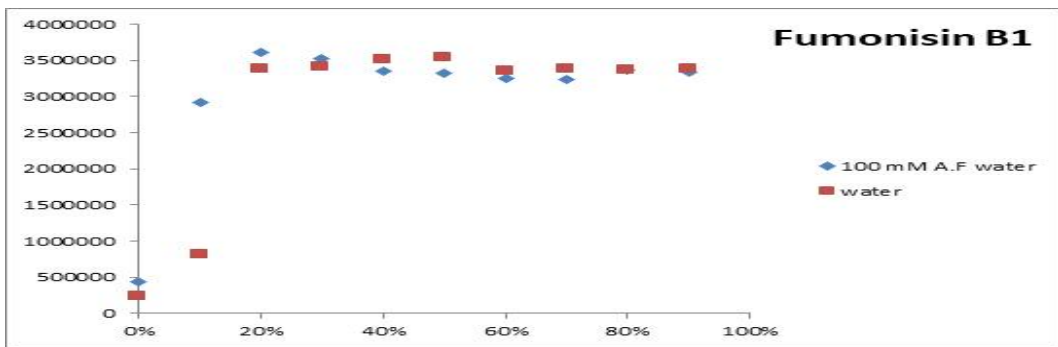


그림 35. Fumonisin B1 피크 면적 비교 그래프

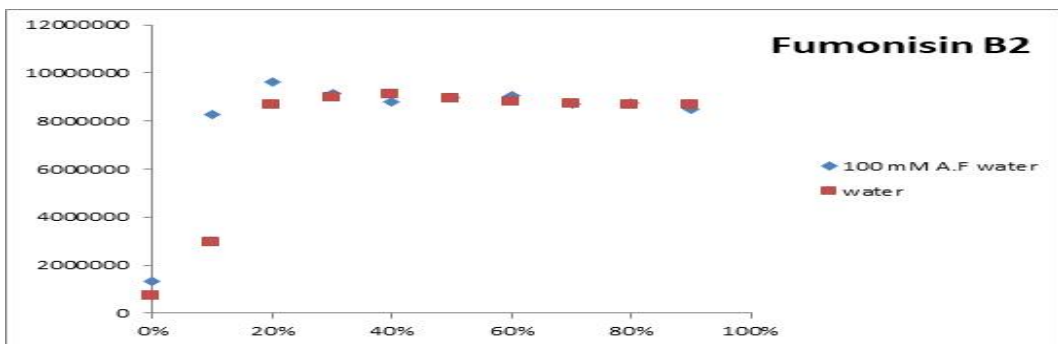


그림 36. Fumonisin B2 피크 면적 비교 그래프

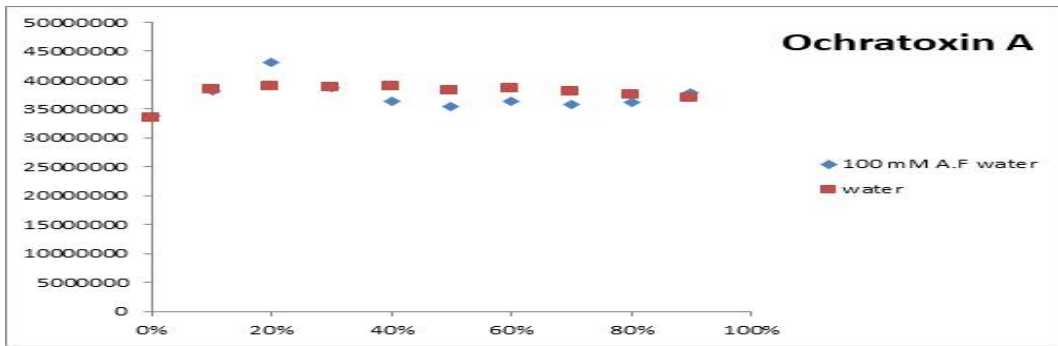


그림 37. Ochratoxin A 피크 면적 비교 그래프

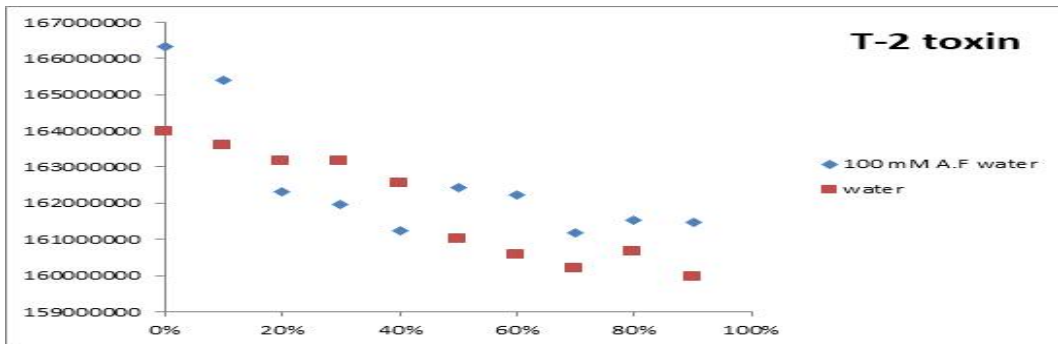


그림 38. T-2 toxin 피크 면적 비교 그래프

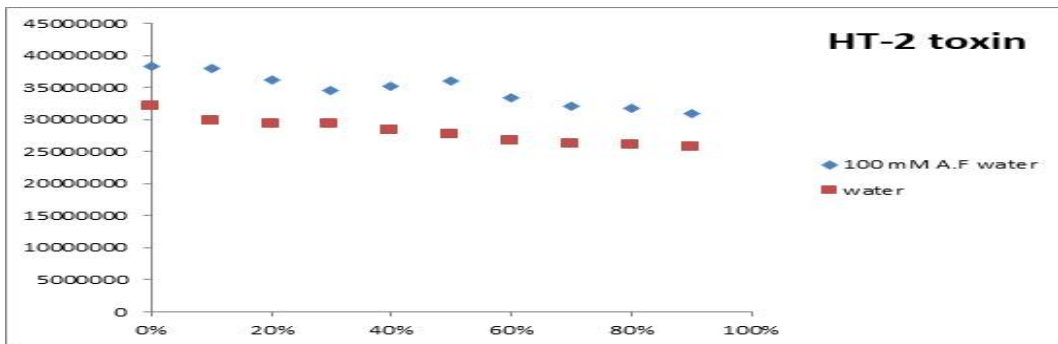


그림 39. HT-2 toxin 피크 면적 비교 그래프

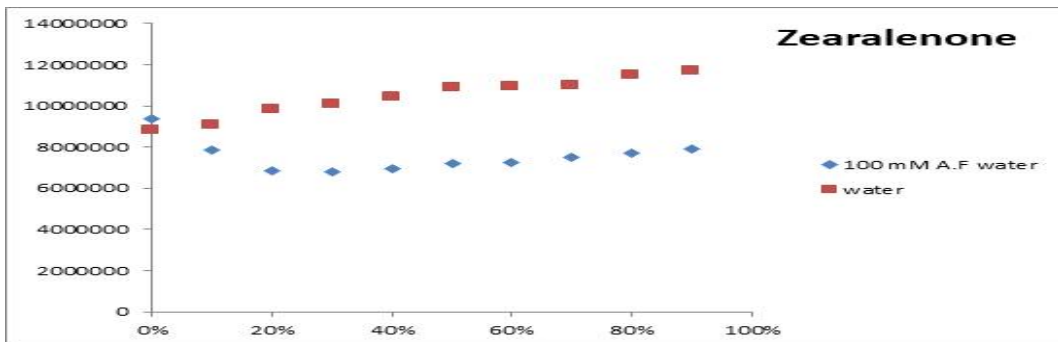


그림 40. Zearalenone 피크 면적 비교 그래프

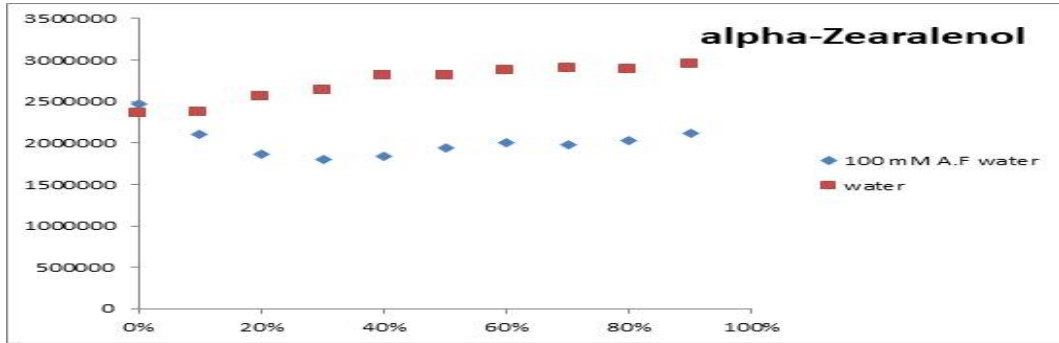


그림 41. α-Zearalenol 피크 면적 비교 그래프

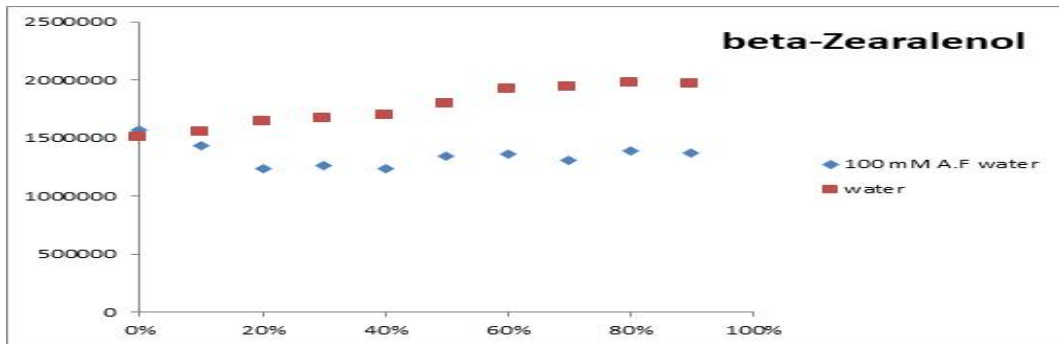


그림 42. β-Zearalenol 피크 면적 비교 그래프

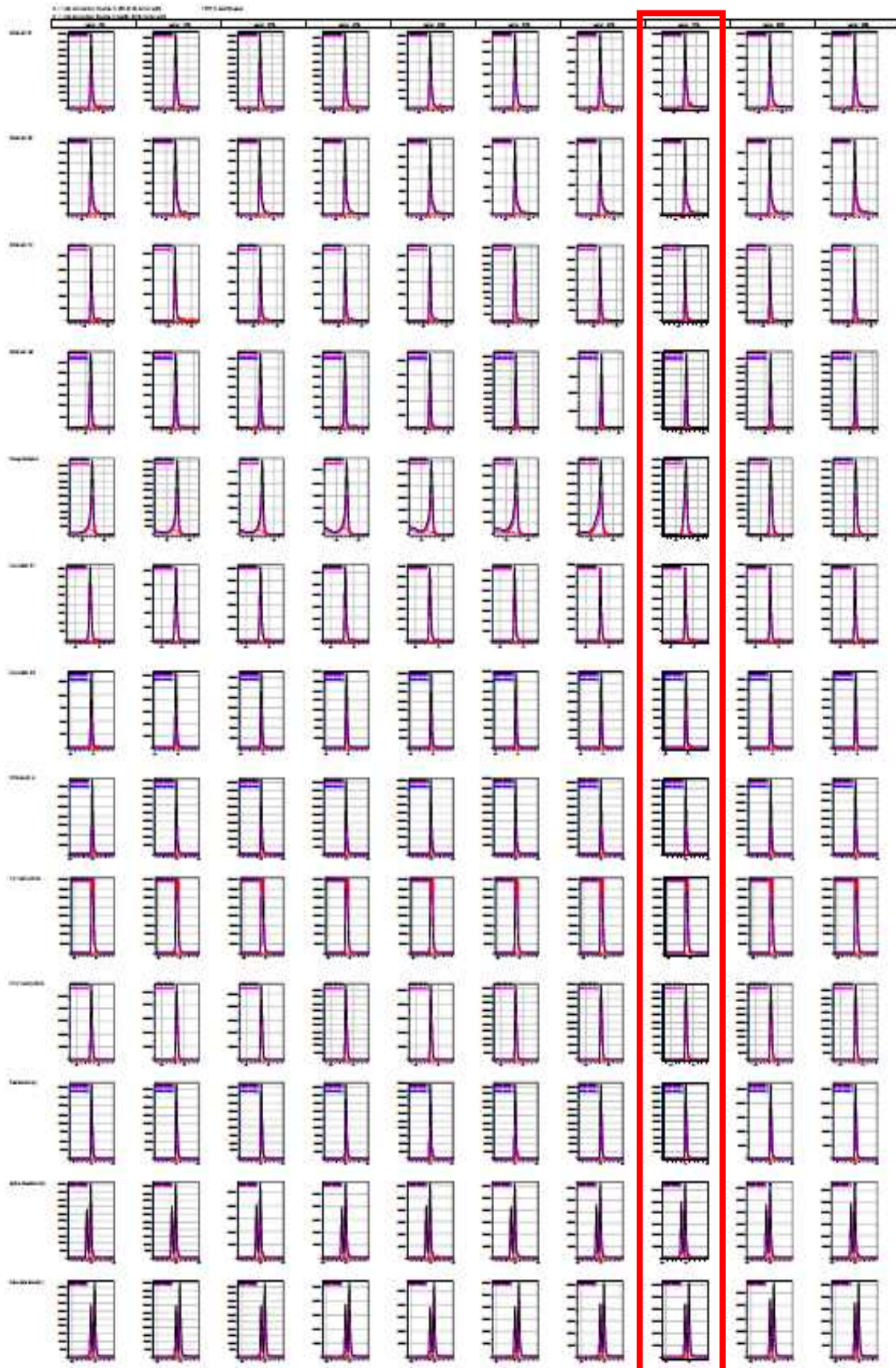


그림 43. 물 비율에 따른 각 성분별 크로마토그램

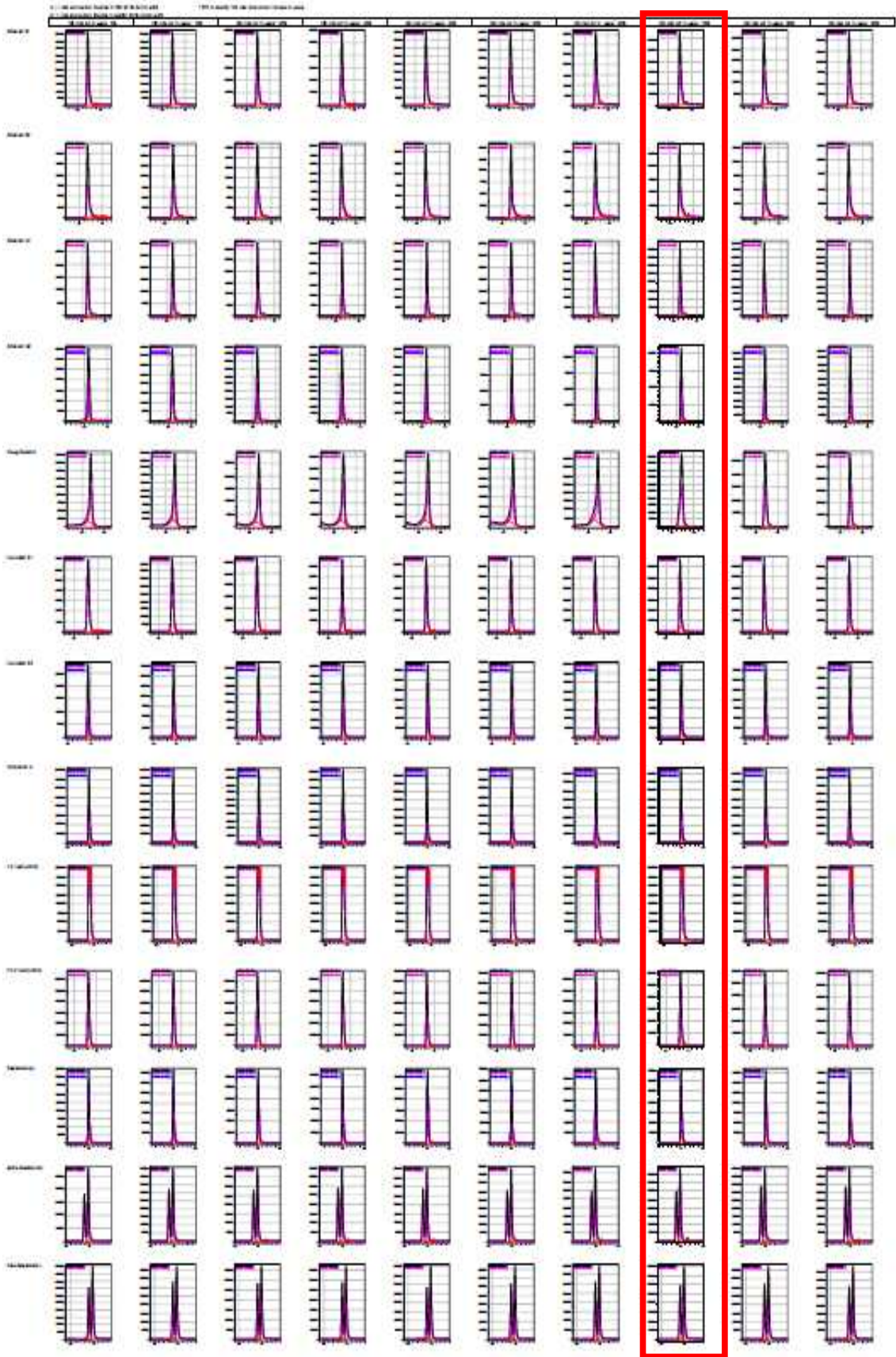


그림 44. 100 mM ammonium formate 비율에 따른 각 성분별 크로마토그램

○ 전처리방법

- 다성분 SPE를 이용한 다중 곰팡이독소 분석

‘식품의 기준 및 규격(식품의약품안전처 고시,제2019-81호)’의 곰팡이 독소 동시분석법 9.2.9법을 사료에 적용시켜 보았다. 식품공전에 따르면 상기 전처리 방법으로 가능한 독소 성분은 아플라톡신(B₁, B₂, G₁, G₂), 오크라톡신 A, 제랄레논, 푸모니신(B₁, B₂)이었다. 시험법의 적용범위는 식물성 원료 및 그 가공식품이며, 분석기기는 LC-MS/MS이다. 전처리 모식도는 그림 45와 같고, 본 과제에서 수행중인 13성분에 대하여 확인실험을 해보았다.

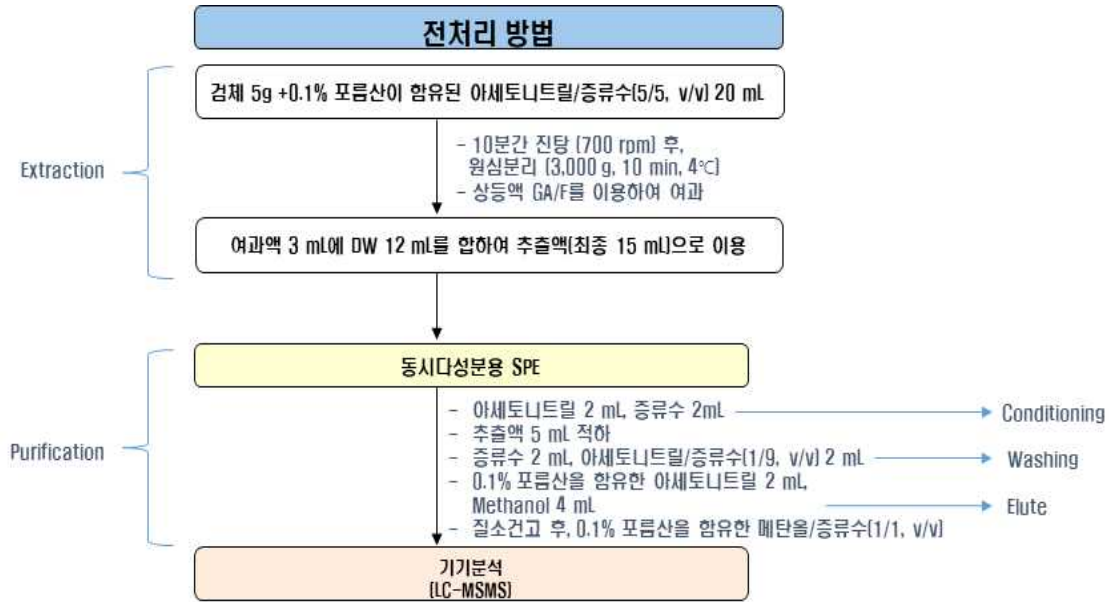


그림 45. 곰팡이독소 다성분 분석용 SPE를 활용한 전처리방법 모식도

상기방법에 따라 분석한 결과, 매질효과는 예상했던 것과 다르게 효과가 컸으며(그림 43), 푸모니신의 경우 오염도가 심하여 결과 산출이 어려웠다. 또한 현재 식품공전에서는 제시하지 않은 T-2 toxin, HT-2 toxin zearalenol도 함께 분석이 가능하였으나 deoxynivalenol은 회수가 되지 않았다(그림 47). Ochratoxin A의 경우, 회수가 조금 낮게 나왔으나 10 µg/kg 수준에서의 회수율 범위는 60 ~ 120%로 분석결과는 만족스럽게 나왔으며, 분석전처리 시 시료에 따라 검체량을 조절하여야만 SPE를 활용한 정제시 균일하게 나오는 것을 확인할 수 있었다.

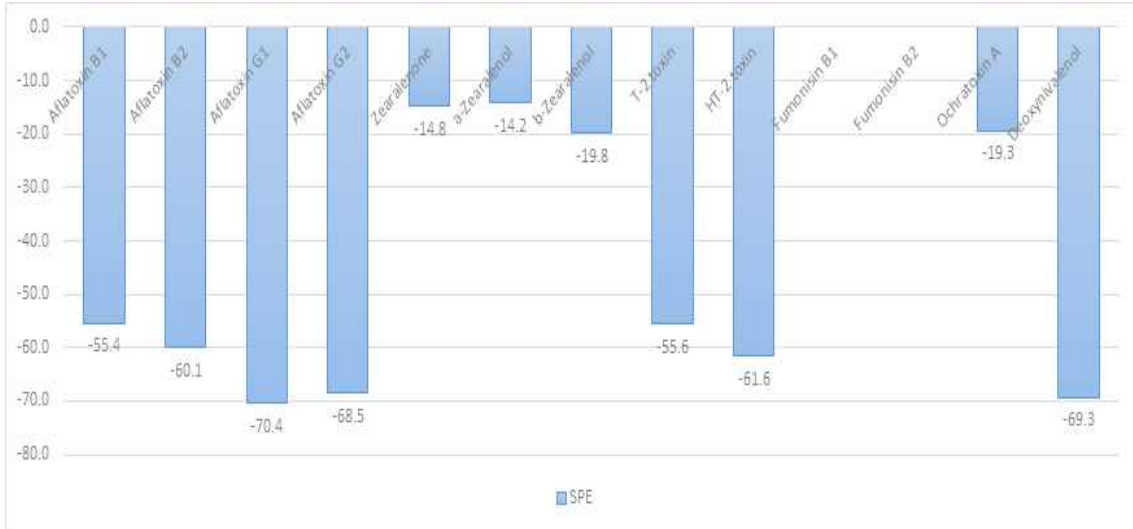


그림 46. SPE 전처리법 매질효과

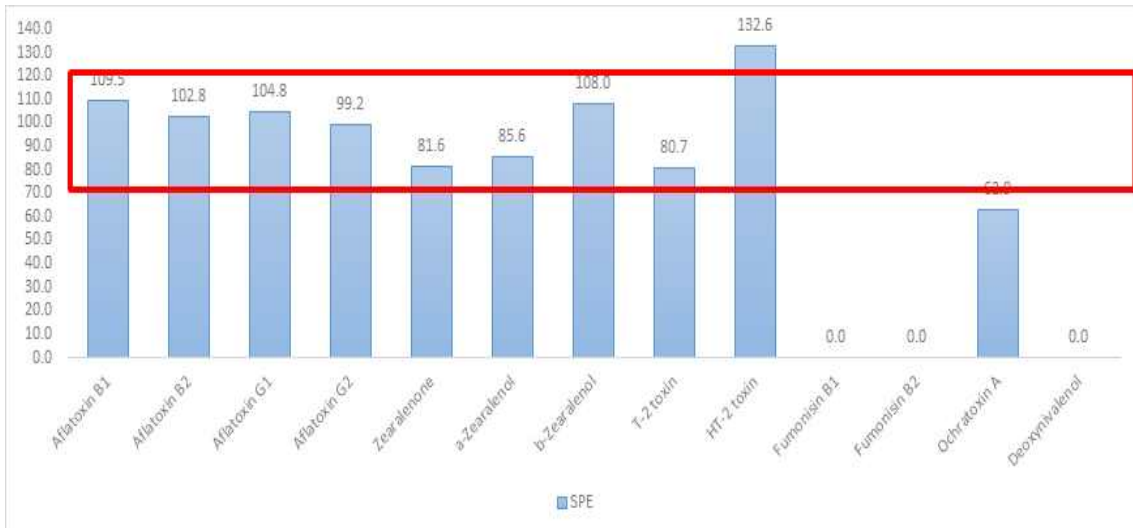


그림 47. 곰팡이독소 다성분 분석용 SPE를 활용한 회수율 결과

- 6in1 IAC(Immuno Affinity Column)를 이용한 다중 곰팡이독소 분석

곰팡이독소 분석 시, 가능 많이 활용하고 있는 IAC를 이용하여 사료에 적용시켜 보았다. 예전부터 각 그룹별 IAC는 식품공전 및 사료의 공전분석법 등에 활용되어 왔으며, 6그룹을 동시에 할 수 있는 IAC가 개발되어 적용시켜 보았다. 분석기기는 LC-MS/MS이며 전처리 모식도는 그림 48과 같고, 본 과제에서 수행중인 13성분에 대하여 확인실험을 해보았다.

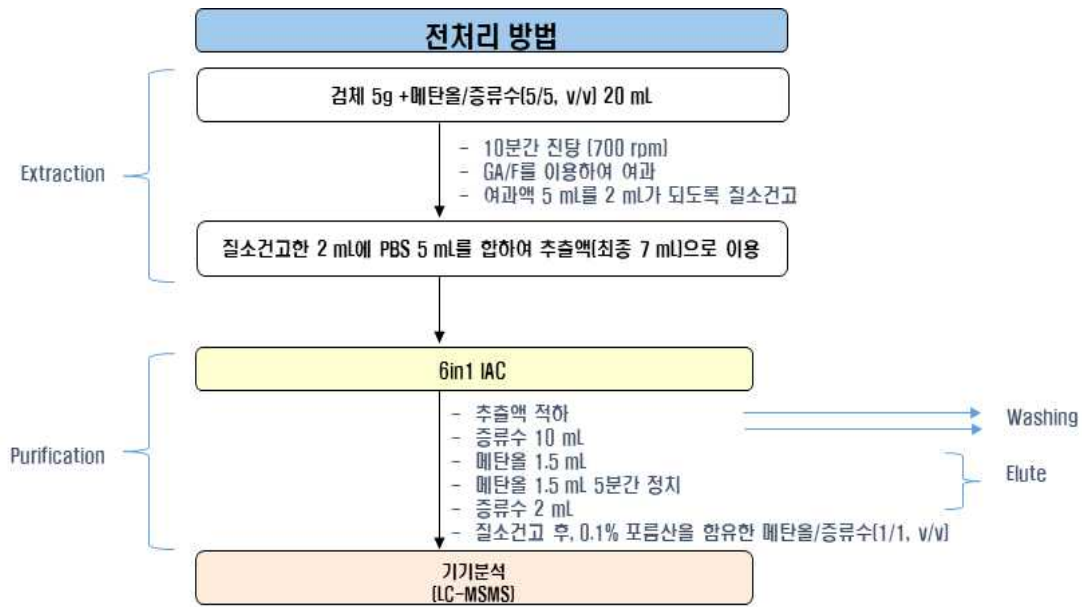


그림 48. 6in1 IAC를 이용한 전처리방법 모식도

상기방법에 따라 분석한 결과, 매질효과는 deoxynivalenol을 제외한 성분들은 $\pm 20\%$ 이하였으며(그림 49), Ochratoxin A의 경우, 회수가 조금 낮게 나왔으나 $10 \mu\text{g}/\text{kg}$ 수준에서의 회수율 범위는 60 ~ 120%로 분석결과는 만족스럽게 나왔으며, 분석전처리 시간, pH, IAC가 보유하고 있는 최대용량, 유기용매의 함유량 등 회수율을 저하시킬 수 있는 요인을 많이 함유하고 있으므로 신속하게 분석하기 위하여는 부적합한 것으로 판단된다.

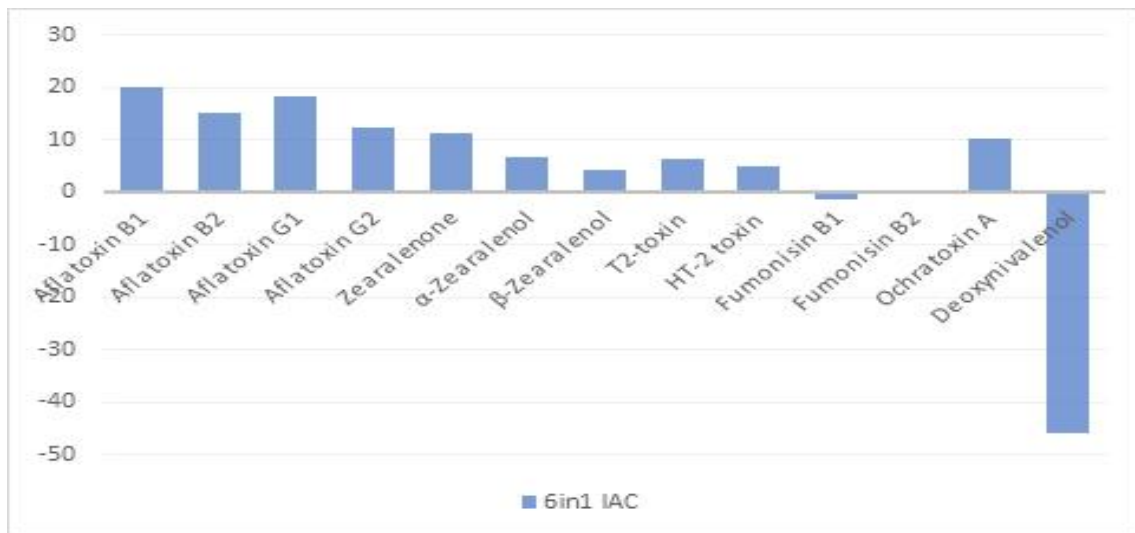


그림 49. 6in1 IAC 전처리법 매질효과

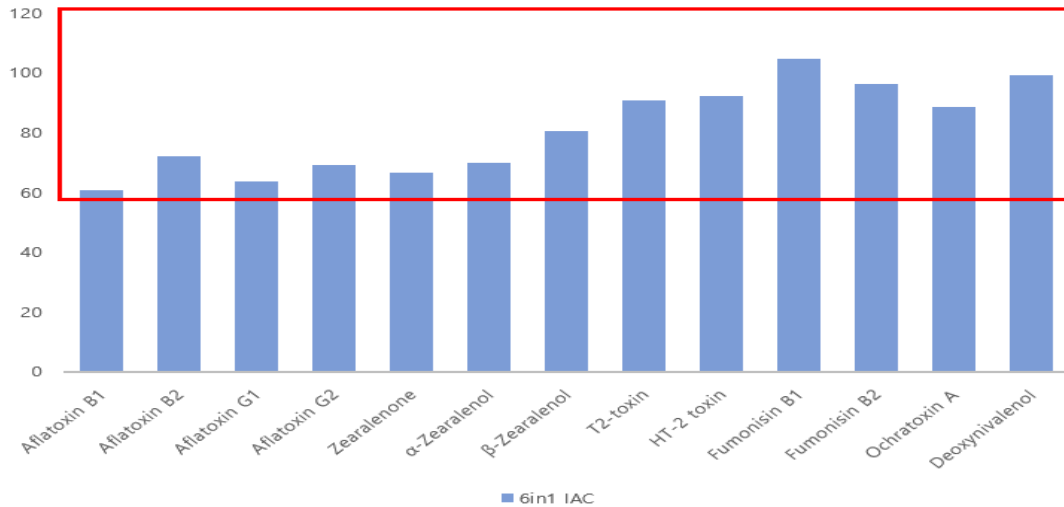


그림 50. 6in1 IAC를 활용한 회수율 결과

- QuEChERS를 이용한 곰팡이독소 분석

QuEChERS는 Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, Safety의 약자로 많은 분야에서 이용되고 있다. 특히 식품에서 잔류농약 및 항생물질 분석 전처리방법으로 많이 이용되고 있으며, 전처리시간이 적어서 신속한 분석방법을 개발할 때 많이 사용된다. 본 과제에서는 기본적인 QuEChERS 방법을 개선하여 곰팡이독소 분석에 적합하도록 진행하였다.

곰팡이독소 중 fumonisin은 -COOH 그룹이 4개가 함유되어 있고 -OH 그룹이 2개 이상 함유하고 있으며, Log P 값이 -0.28, -0.81로 매우 극성이며 약산성 물질이다. 또한 Deoxynivalenol도 Log P값이 -0.76으로 극성 물질이다. 이러한 물질의 추출을 위하여 추출 시, formic acid를 첨가하여 높은 추출효율을 가진 추출용매를 선정하고 비교실험을 하였다.

추출효율을 알아보기 위하여 5% formic acid가 함유된 증류수 5, 10, 15 및 20 mL와 QuEChERS 용매로 사용 중인 acetonitrile 10 mL로 추출하여 추출효율을 탐색하였다. 탐색결과 대부분 성분들이 증류수의 양이 증가할수록 매질효과가 커짐을 확인할 수 있었으며(그림 51), fumonisin의 경우 증류수 양이 증가할수록 회수율이 증가하였다(그림 52). Deoxynivalenol의 경우, 단순 효율 측정을 위한 실험으로 최종희석용매를 acetonitrile로만 용해하여 분석하였는데 이 때, 피크의 프론팅으로 인한 적분의 오류로 회수가 낮게 측정되었다.

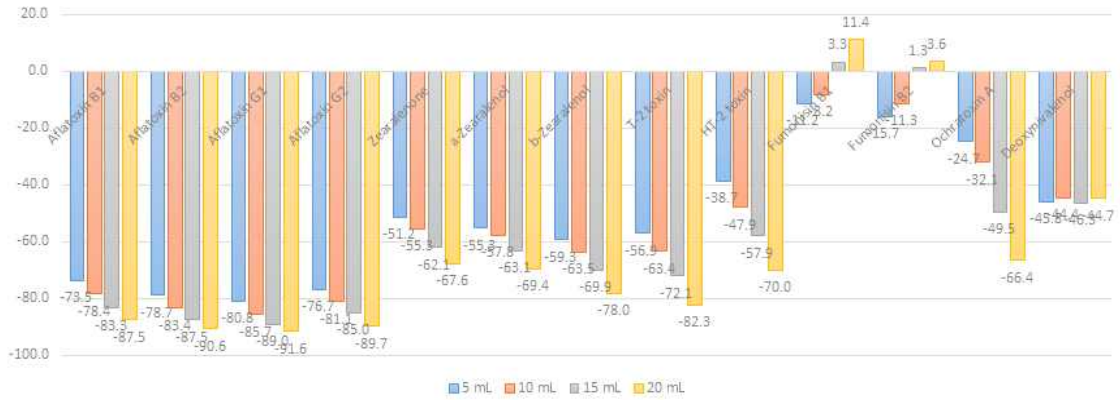


그림 51. 5% formic acid가 함유된 증류수 양에 따른 매질효과

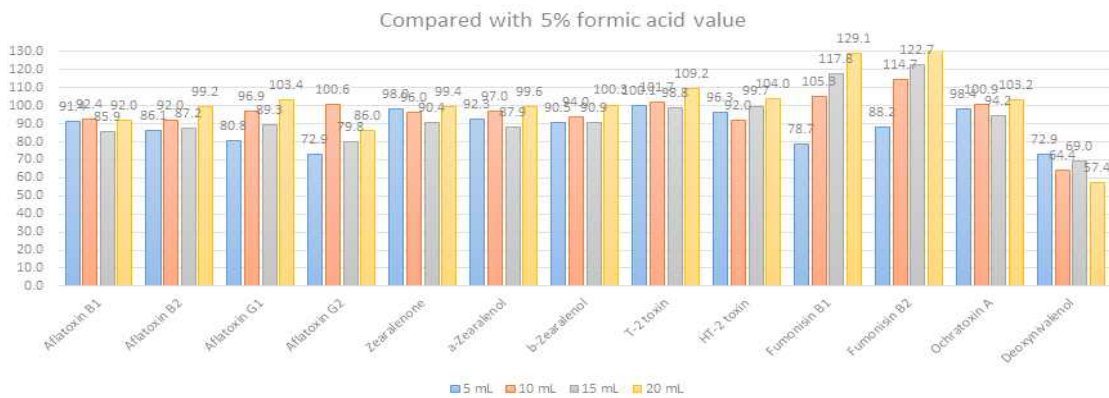


그림 52. 5% formic acid가 함유된 증류수 양에 따른 회수율

매질효과 저감을 위한 정제방법으로 C₁₈ 함유량에 따른 효율도 비교하기 위하여 d-SPE를 사용하였다. 실험결과 C₁₈ 함량에 따른 매질효과는 크게 차이가 없었으며(그림 53), 회수율도 크게 차이가 없었다(그림 54).

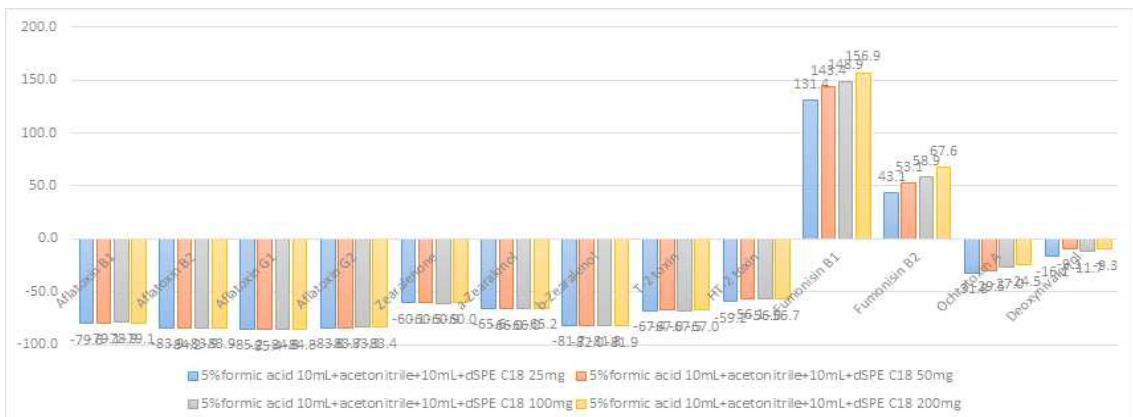


그림 53. C₁₈ 함량에 따른 매질효과

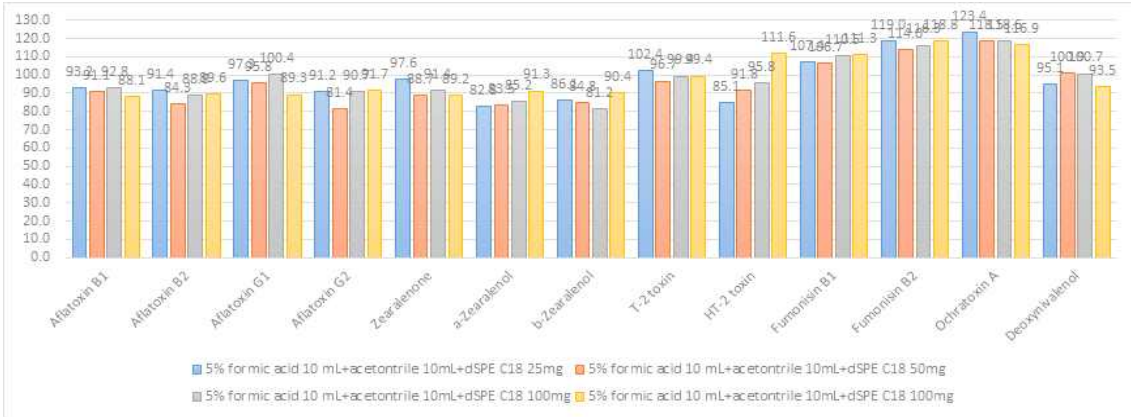


그림 54. C₁₈ 함량에 따른 회수율

정제 시약으로 MgSO₄, PSA 및 C₁₈을 가장 많이 사용하는데, PSA를 사용하게 되면 용액 중 pH가 높아지고 fumonisin의 -COOH기의 H가 해리되어 PSA에 흡착될 가능성이 커지므로 추출 시, formic acid의 함량을 10%로 늘려서 PSA를 사용하더라도 fumonisin의 COOH가 해리되지 않도록 하였다. 추가적으로 hydrophobic과 hydrophilic 두가지 모두 정제가 가능한 HLB Light cartridge를 사용하여 비교실험을 진행하였다. 확인결과 매질효과는 대부분 성분들이 ±40% 이하를 만족하여(그림 55.), 최소한의 시약으로 정제가 가능한 C₁₈ 50 mg과 PSA 50 mg을 사용하여 회수율시험을 진행하였다.

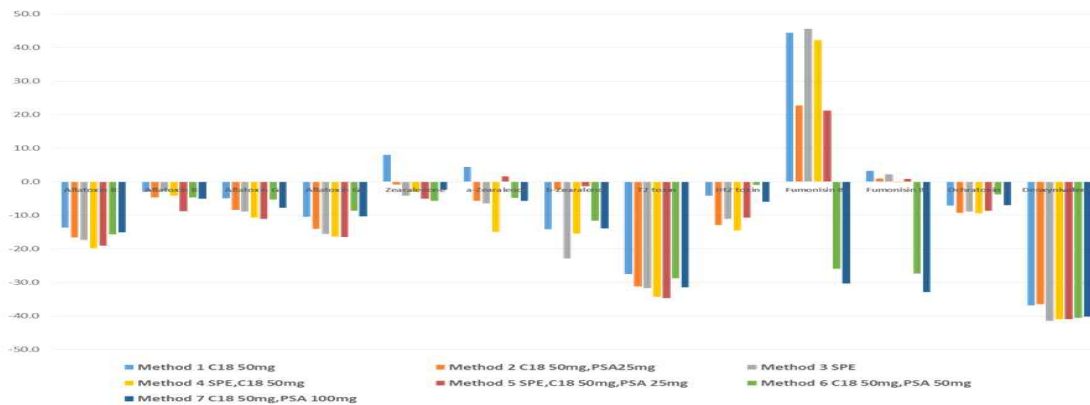


그림 55. 정제조건에 따른 매질효과

콩 배합사료와 옥수수 배합사료를 이용하여 회수율시험을 진행한 결과, 모든 성분들이 유효성 범위안에 포함되었다(그림 56.).

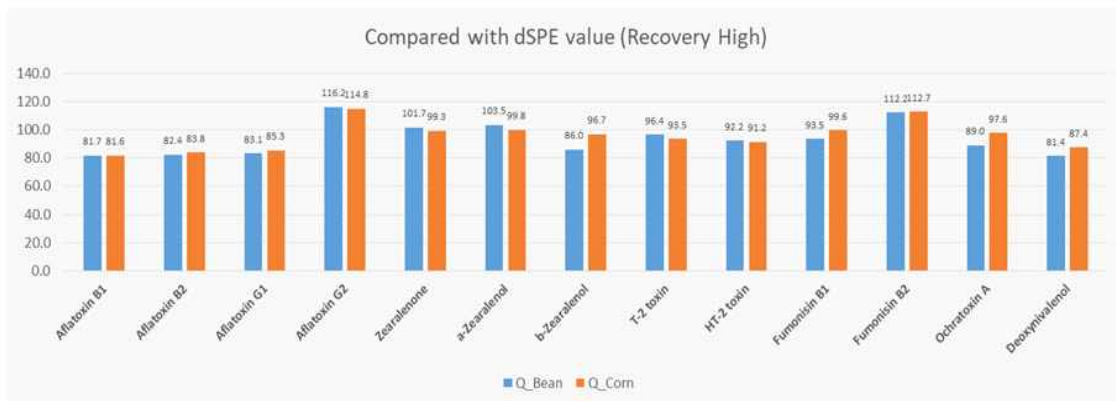
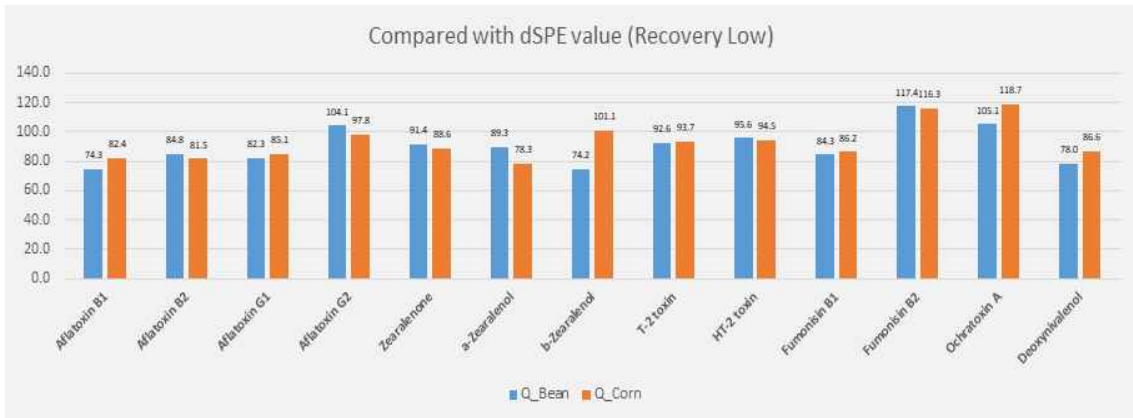


그림 56. C₁₈ 50 mg과 PSA 50 mg이 함유된 d-SPE 정제에 따른 회수율 결과

○ 분석 시, 각 성분 별 안전성

- 최종 vial에 따른 곰팡이독소 감도 변화

최종적으로 기기분석 전 Glass vial과 PP vial에 담았을 때의 감도변화를 측정해 보았다. 5일간 100 μ g/L의 농도를 3반복씩 측정한 결과, fumonisin과 ochratoxin A의 경우 감도차이가 남을 알 수가 있었다(그림 57). Glass vial에 담았을 때, PP vial에 담았을 때 보다 39.1 ~ 57.6%까지 감소함을 확인할 수 있었으며, 최종적으로 분석 시에는 PP vial 담아 분석하는 것으로 결정하였다.

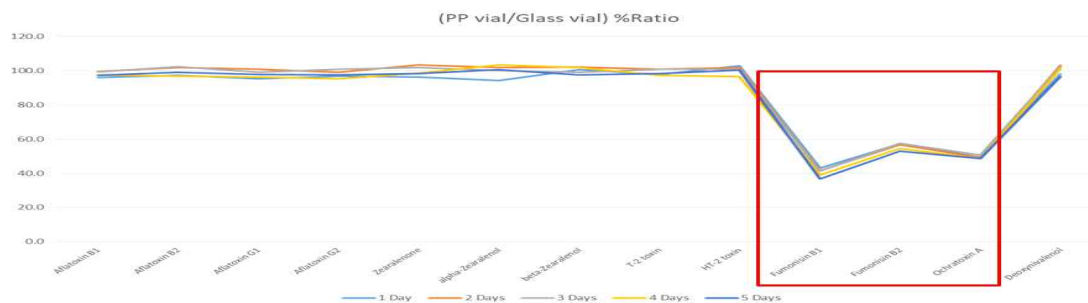


그림 57. PP vial/Glass vial %Ratio

○ 분석 시, 각 성분 별 안정성

- 상온에서 일자에 따른 표준용액의 안정성 분석

분석을 위해 working solution을 제조한 뒤, 상온에서 보관한 뒤 일자별로 분석하여 안정성을 측정해 보았다. 안정성 측정 결과, aflatoxin, zearalenone, zearalenol, T-2 toxin은 비교적 안정적이었으나, HT-2 toxin, fumonisin 및 ochratoxin A는 70% 때 까지 감소함을 알 수 있었다. 특히 deoxynivalenol의 경우, 5일 뒤에는 30.1% 까지 감소하였는데 곰팡이독소를 동시분석으로 할 때는 분석 당일 냉동보관 하였다가 즉시 조제 후 사용하는 것이 안정적이라는 것을 알 수 있었다(그림 58).

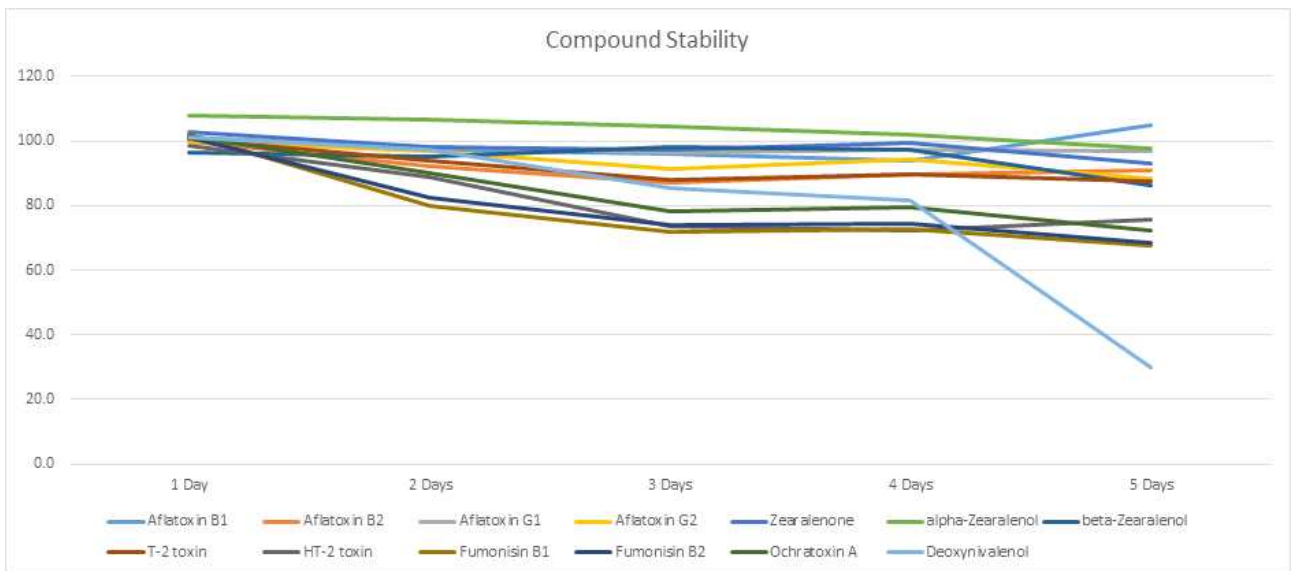


그림 58. 각 성분별 안정성(상온)

○ 유효성 검증

- 실험실 내 및 실험실 간 유효성 검증

유효성검증 항목은 직선성, 검출한계, 정량한계, 진도, 재현성, 매질효과 등이 있으며, 기준은 아래 표 18과 같다. ‘Guidance document on analytical quality control and method validation procedures for pesticide residues analysis in food and feed(SANTE/11945/2015)’의 ‘Commodity groups and representative commodities’와 세계 사료의 구성 비율(by Fefac and Alitech annual reports)에 따라 단미사료로는 옥수수(maize, corn)와 콩(soybean), 배합사료로는 양축용 사료와 애완용 사료 총 4종을 선택하여 진행하였다.

표 18. 유효성검증 기준

Parameter	What/how	Criterion	Cross rreference to AQC document
Sensitivity/linearity	Linearity check from five levels	Residuals < $\pm 20\%$	C14 - C19
Matrix effect	Comparison of response from solvent standards and matrix-matched standards	($\pm 20\%$)	C22 - C24
LOQ	Lowest spike level meeting the method performance criteria for trueness and precision	\leq MRL	G6
Specificity	Response in reagent blank and blank control samples identification criteria	< 30% of RL	C42 Section D, Table 4
Trueness (bias)	Average recovery for spike levels tested	70 - 120%	G4, G6
Precision (RSD_r)	Repeatability RSD_r for spike levels tested	$\leq 20\%$	G6
Precision (RSD_{WR})	Within-laboratory reproducibility, derived from on-going method validation/verification	$\leq 20\%$	G6
Robustness	Average recovery and RSD_{WR} , derived from on-going method validation verification	See above	G2, G6

- 직선성(Linearity)의 확인: CODEX 및 국제수준에서 요구하는 r^2 값 ≥ 0.98 을 만족하였으며, 모든 성분이 0.99 이상으로 우수한 직선성을 보였다(표 20).

표 20. 검량선의 직선성

물 질 명	r^2				Codex에서 요구하는 r^2 의 범위
	단미사료 (콩)	단미사료 (옥수수)	배합사료 (양축용)	배합사료 (애완용)	
Aflatoxin B ₁	0.9995	0.9923	0.9992	0.9999	≥0.98
Aflatoxin B ₂	0.9999	0.9994	0.9994	0.9996	
Aflatoxin G ₁	0.9999	0.9996	0.9995	0.9992	
Aflatoxin G ₂	0.9999	0.9976	0.9988	0.9967	
Deoxynivalenol	0.9998	0.9987	0.9999	0.9997	
Fumonisin B ₁	0.9995	0.9997	0.9997	0.9994	
Fumonisin B ₂	0.9978	0.9997	0.9988	0.9992	
Ochratoxin A	0.9998	0.9984	0.9998	0.9999	
T-2 toxin	0.9925	0.9998	0.9992	0.9997	
HT-2 toxin	0.9966	0.9989	0.9992	0.9999	
Zearalenone	0.9999	0.9995	0.9997	0.9999	

- Aflatoxin B₁: 0.0005, 0.002, 0.005, 0.01, 0.025 mg/L
- Aflatoxin B₂: 0.0005, 0.002, 0.005, 0.01, 0.025 mg/L
- Aflatoxin G₁: 0.0005, 0.002, 0.005, 0.01, 0.025 mg/L
- Aflatoxin G₂: 0.0005, 0.002, 0.005, 0.01, 0.025 mg/L
- Deoxynivalenol: 0.01, 0.04, 0.1, 0.2, 0.5 mg/L
- Fumonisin B₁: 0.01, 0.04, 0.1, 0.2, 0.5 mg/L
- Fumonisin B₂: 0.01, 0.04, 0.1, 0.2, 0.5 mg/L
- Ochratoxin A: 0.002, 0.008, 0.02, 0.04, 0.1 mg/L
- T-2 toxin: 0.01, 0.04, 0.1, 0.2, 0.5 mg/L
- HT-2 toxin: 0.01, 0.04, 0.1, 0.2, 0.5 mg/L
- Zearalenone: 0.0025, 0.01, 0.025, 0.05, 0.125 mg/L

- 검출한계 및 정량한계는 S/N비를 활용하여 산출하였으며 S/N > 3을 검출한계, S/N > 10을 정량한계로 선정하였다. 각 성분별 검출한계 및 정량한계는 다음 표 21과 같다.

표 21. 각 성분별 검출한계 및 정량한계

물 질 명	검출한계(mg/kg)	정량한계(mg/kg)
Aflatoxin B ₁	0.00075	0.0025
Aflatoxin B ₂	0.00075	0.0025
Aflatoxin G ₁	0.00075	0.0025
Aflatoxin G ₂	0.00075	0.0025
Deoxynivalenol	0.015	0.05
Fumonisin B ₁	0.015	0.05
Fumonisin B ₂	0.015	0.05
Ochratoxin A	0.003	0.01
T-2 toxin	0.015	0.05
HT-2 toxin	0.015	0.05
Zearalenone	0.00375	0.0125

- 단미사료(콩, 옥수수) 및 배합사료(양축용, 애완용)에 대하여 유효성 검증을 한 결과, 국제적으로 요구하는 유효성 검증 범위를 모두 만족하였으며, 실험실 내 회수율시험 결과는 표 22와 같고, 실험실 간 회수율시험 결과는 표 23과 같다.
- 곰팡이독소 동시분석 시험법 정책활용을 위한 검토자료는 첨부 1과 같다.

표 22. 실험실 내 회수율 시험 결과

n=5

연 번	대상물질 (Compound)	농도 (mg/kg)	단미사료(콩)			단미사료(옥수수)			배합사료(양축용)			배합사료(애완용)		
			회수율 (Rec.%)	변동 계수 (%CV)	정량 한계 (mg/kg)	회수율 (Rec.%)	변동 계수 (%CV)	정량 한계 (mg/kg)	회수율 (Rec.%)	변동 계수 (%CV)	정량 한계 (mg/kg)	회수율 (Rec.%)	변동 계수 (%CV)	정량 한계 (mg/kg)
1	Aflatoxin B1	0.005	83.7	3.8	0.0025	83.7	2.5	0.0025	83.8	7.0	0.0025	82.6	2.8	0.0025
		0.01	78.8	1.9		86.3	2.9		78.4	6.0		81.9	2.4	
		0.05	85.5	1.2		86.3	3.8		81.7	2.6		83.8	2.4	
2	Aflatoxin B2	0.005	85.3	3.9	0.0025	77.0	6.8	0.0025	85.6	7.0	0.0025	92.5	2.6	0.0025
		0.01	87.0	0.8		81.5	1.3		79.7	4.3		86.1	2.8	
		0.05	86.6	0.9		83.7	2.2		84.0	0.9		86.0	1.5	
3	Aflatoxin G1	0.005	77.8	2.5	0.0025	71.0	3.4	0.0025	88.7	9.7	0.0025	89.0	1.9	0.0025
		0.01	85.4	1.4		79.9	0.8		76.1	2.3		87.1	2.2	
		0.05	87.2	0.2		86.1	2.1		88.7	1.4		89.4	1.3	
4	Aflatoxin G2	0.005	82.8	1.3	0.0025	87.4	7.1	0.0025	103.0	7.9	0.0025	84.0	3.4	0.0025
		0.01	88.8	2.4		88.9	3.3		84.4	3.3		77.2	26.2	
		0.05	83.1	1.1		88.4	2.3		86.9	2.4		85.9	1.0	
5	Deoxynivalenol	0.1	100.5	2.1	0.05	89.0	11.3	0.05	77.4	7.1	0.05	80.1	1.9	0.05
		0.2	87.0	3.9		76.7	3.5		82.7	1.1		80.0	1.9	
		1.0	74.9	5.2		78.5	6.9		79.9	0.5		82.4	1.4	
6	Fumonisin B1	0.1	86.7	3.6	0.05	99.0	3.4	0.05	79.4	3.2	0.05	87.1	7.8	0.05
		0.2	78.1	2.8		73.9	1.8		86.7	1.4		77.7	3.7	
		1.0	72.1	1.5		75.0	1.4		83.0	1.1		83.2	4.4	

연 번	대상물질 (Compound)	농도 (mg/kg)	단미사료(콩)			단미사료(옥수수)			배합사료(양축용)			배합사료(애완용)		
			회수율 (Rec.%)	변동 계수 (%CV)	정량 한계 (mg/kg)	회수율 (Rec.%)	변동 계수 (%CV)	정량 한계 (mg/kg)	회수율 (Rec.%)	변동 계수 (%CV)	정량 한계 (mg/kg)	회수율 (Rec.%)	변동 계수 (%CV)	정량 한계 (mg/kg)
7	Fumonisin B2	0.1	115.6	3.5	0.05	112.3	2.6	0.05	83.8	3.6	0.05	92.8	11.0	0.05
		0.2	88.0	2.9		71.4	4.2		88.5	1.2		85.5	1.7	
		1.0	70.6	5.0		73.3	2.0		85.3	3.1		72.5	1.0	
8	Ochratoxin A	0.02	96.4	1.9	0.01	106.3	1.7	0.01	91.4	3.6	0.01	95.0	2.9	0.01
		0.04	89.3	1.8		76.6	1.7		95.9	3.4		90.0	2.0	
		0.2	82.5	1.2		88.1	0.7		84.9	1.5		86.1	1.0	
9	T-2 toxin	0.1	89.3	2.6	0.05	86.7	3.3	0.05	82.0	2.5	0.05	94.4	3.1	0.05
		0.2	94.7	1.3		90.0	1.3		85.5	2.1		92.8	1.3	
		1.0	93.7	2.0		88.7	1.8		92.2	1.1		92.2	1.0	
10	HT-2 toxin	0.1	86.5	3.1	0.05	72.8	4.4	0.05	103.3	8.1	0.05	113.9	3.1	0.05
		0.2	92.2	4.2		83.2	2.0		87.9	2.7		93.4	3.9	
		1.0	90.2	1.2		89.6	2.7		83.2	1.0		81.8	1.1	
11	Zearalenone	0.025	88.5	3.2	0.0125	70.1	5.9	0.0125	76.3	6.9	0.0125	87.2	9.3	0.0125
		0.05	84.1	4.3		83.3	3.8		83.6	8.6		87.4	8.0	
		0.25	80.5	2.4		89.4	2.1		88.4	1.1		85.8	2.0	

표 23. 실험실 간 회수율 시험 결과

n=3

연 번	대상물질 (Compound)	농도 (mg/kg)	단미사료(콩)				단미사료(옥수수)				배합사료(양축용)				배합사료(애완용)			
			회수율 (Recovery %)			변동 계수 (% CV)	회수율 (Recovery %)			변동 계수 (% CV)	회수율 (Recovery %)			변동 계수 (% CV)	회수율 (Recovery %)			변동 계수 (% CV)
			Lab1	Lab2	Lab3		Lab1	Lab2	Lab3		Lab1	Lab2	Lab3		Lab1	Lab2	Lab3	
1	Aflatoxin B1	0.005	83.7	85.1	84.0	0.9	83.7	99.5	74.0	15.0	83.8	99.5	78.0	12.8	82.6	85.1	72.8	8.1
		0.01	78.8	78.5	77.0	1.2	86.3	102.5	83.0	11.5	78.4	102.5	73.0	18.5	81.9	78.5	72.1	6.4
		0.05	85.5	77.9	77.0	5.8	86.3	90.1	80.6	56.0	81.7	90.1	76.2	8.5	83.8	77.9	72.0	7.6
2	Aflatoxin B2	0.005	85.3	80.3	82.0	3.1	77.0	90.1	72.0	11.7	85.6	90.1	80.0	5.9	92.5	80.3	74.7	11.0
		0.01	87.0	76.3	76.0	7.9	81.5	95.8	81.0	9.8	79.7	95.8	78.0	11.6	86.1	76.3	73.0	8.7
		0.05	86.6	81.7	77.2	5.7	83.7	80.9	82.4	1.7	84.0	80.9	76.8	4.5	86.0	81.7	73.3	8.0
3	Aflatoxin G1	0.005	77.8	83.8	88.0	6.2	71.0	100.8	70.0	21.7	88.7	100.8	82.0	10.5	89.0	88.8	73.4	9.7
		0.01	85.4	80.8	78.0	4.6	79.9	99.6	83.0	12.1	76.1	99.6	76.0	16.2	87.1	80.8	71.7	9.7
		0.05	87.2	78.3	79.2	6.0	86.1	91.2	82.6	5.0	88.7	91.2	76.4	9.3	89.4	78.3	74.4	9.6
4	Aflatoxin G2	0.005	82.8	84.5	70.0	10.0	87.4	90.8	70.0	13.5	103.0	90.8	80.0	12.6	84.0	84.5	73.0	8.1
		0.01	88.8	77.8	73.0	10.2	88.9	98.5	81.0	9.8	84.4	98.5	75.0	13.7	77.2	77.8	71.8	4.4
		0.05	83.1	79.5	77.2	3.7	88.4	85.6	84.0	2.6	86.9	85.6	75.0	7.9	85.9	79.5	73.2	8.0
5	Deoxynivalenol	0.1	100.5	73.7	84.0	15.7	89.0	81.1	73.2	9.7	77.4	81.1	83.0	3.6	80.1	73.7	77.9	4.2
		0.2	87.0	74.9	76.2	8.4	76.7	92.2	75.8	11.3	82.7	92.2	75.8	9.9	80.0	74.9	75.8	3.6
		1.0	74.9	79.5	72.7	4.6	78.5	76.4	78.7	1.7	79.9	76.4	73.8	4.0	82.4	79.5	71.7	7.1

연 번	대상물질 (Compound)	농도 (mg/kg)	단미사료(콩)				단미사료(옥수수)				배합사료(양축용)				배합사료(애완용)			
			회수율 (Recovery %)			변동 계수 (% CV)	회수율 (Recovery %)			변동 계수 (% CV)	회수율 (Recovery %)			변동 계수 (% CV)	회수율 (Recovery %)			변동 계수 (% CV)
			Lab1	Lab2	Lab3		Lab1	Lab2	Lab3		Lab1	Lab2	Lab3		Lab1	Lab2	Lab3	
6	Fumonisin B1	0.1	86.7	75.3	103.5	16.1	99.0	75.5	99.9	15.2	79.4	75.5	114.5	23.9	87.1	75.3	98.3	13.2
		0.2	78.1	72.0	88.2	10.3	73.9	89.7	89.5	10.7	86.7	89.7	96.6	5.6	77.7	72.0	84.7	8.1
		1.0	72.1	73.7	78.7	4.6	75.0	77.3	83.5	5.6	83.0	77.3	80.1	3.6	83.2	73.7	78.0	6.1
7	Fumonisin B2	0.1	115.6	89.5	106.7	12.8	112.3	89.7	86.7	14.5	83.8	89.7	111.9	15.6	92.8	89.5	100.1	5.8
		0.2	88.0	87.0	89.4	1.4	71.4	94.7	84.9	14.0	88.5	94.7	91.1	3.4	85.5	87.0	90.7	3.0
		1.0	70.6	71.1	80.1	7.2	73.3	84.4	80.6	7.1	85.3	84.4	77.0	5.5	72.5	71.1	86.7	11.2
8	Ochratoxin A	0.02	96.4	95.1	76.0	12.8	106.3	101.4	74.4	18.3	91.4	101.4	91.0	6.2	95.0	95.1	79.5	10.0
		0.04	89.3	87.1	76.1	8.4	76.6	113.2	80.7	22.2	95.9	113.2	85.8	14.1	90.0	87.1	73.5	10.5
		0.2	82.5	83.7	81.2	1.5	88.1	98.8	83.6	8.6	84.9	98.8	78.8	11.7	86.1	83.7	71.5	9.7
9	T-2 toxin	0.1	89.3	85.2	84.5	3.0	86.7	89.3	75.5	8.7	82.0	89.3	73.2	9.9	94.4	85.2	71.4	13.9
		0.2	94.7	82.8	77.3	10.5	90.0	101.1	82.0	10.5	85.5	101.1	77.5	13.6	92.8	82.8	70.9	85.3
		1.0	93.7	88.0	78.2	9.1	88.7	87.4	78.4	6.6	92.2	87.4	82.7	5.4	92.2	88.0	75.7	10.1
10	HT-2 toxin	0.1	86.5	97.4	80.8	9.6	72.8	88.6	76.5	10.4	103.3	88.6	96.4	7.7	113.9	97.4	72.7	21.9
		0.2	92.2	88.8	81.2	6.5	83.2	95.2	93.2	7.1	87.9	95.2	88.6	4.4	93.4	88.8	73.4	12.3
		1.0	90.2	89.9	89.1	0.6	89.6	92.5	88.4	4.4	83.2	82.5	78.1	3.4	81.8	89.9	77.9	7.4

n=3

연 번	대상물질 (Compound)	농도 (mg/kg)	단미사료(콩)				단미사료(옥수수)				배합사료(양축용)				배합사료(애완용)			
			회수율 (Recovery %)			변동 계수 (% CV)	회수율 (Recovery %)			변동 계수 (% CV)	회수율 (Recovery %)			변동 계수 (% CV)	회수율 (Recovery %)			변동 계수 (% CV)
			Lab1	Lab2	Lab3		Lab1	Lab2	Lab3		Lab1	Lab2	Lab3		Lab1	Lab2	Lab3	
11	Zearalenone	0.025	88.5	99.6	97.3	6.2	70.1	91.0	74.4	14.0	76.3	91.0	80.0	9.3	87.2	99.6	77.1	12.8
		0.05	84.1	92.8	80.1	7.5	83.3	112. 9	89.9	16.3	83.6	112. 9	80.0	19.6	87.4	92.8	75.5	10.4
		0.25	80.5	93.4	76.7	4.1	89.4	96.4	83.9	7.0	88.4	96.4	77.6	10.8	85.8	83.4	79.9	3.6

○ 개발된 분석법을 활용한 사료 중 곰팡이독소 모니터링

- 시료의 수거: 모니터링을 위한 사료 시료는 국립농산물품질관리원 시험연구소에 의뢰가 들어오는 시료들을 대상으로 실시하였으며, 총 641개 중 단미사료 180개, 배합사료 461개에 대하여 분석을 실시하였다.
- 시료의 구매: 시중에 판매 중인 애완용사료(개, 고양이) 95개를 구매하여 분석을 실시하였다.
- 검사결과를 요약하면 다음 표 24-29와 같으며, 검사결과는 첨부 2와 같다.
- 아플라톡신 분석 결과, 총 736건 중 1건이 기준을 초과하여 검출되었다

표 24. 총아플라톡신 모니터링 결과

단미사료					배합사료				
구분	오염도			허용 기준 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	구분	오염도			허용 기준 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
	최저	최고	평균			최저	최고	평균	
곡류	-	-	-	50	양계 사료	-	-	-	10
강피류	-	-	-	50	양돈 사료	-	-	-	10
동물성 단백질	-	-	-	50	낙농 사료	-	-	-	10
식물성 박류	159	159	159	50	비육 사료	-	-	-	10
무기물	-	-	-	50	기타 (애완용 사료 포함)	-	-	-	20, 10(어린 동물 이용 배합사료)
기타	-	-	-	50					

· 단미사료: 식물성박류 1건 검출

- 데옥시니발레놀 분석 결과, 총 736건 중 11건이 기준을 초과하여 검출되었다

표 25. 데옥시니발레놀 모니터링 결과

단미사료					배합사료				
구분	오염도			기준 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	구분	오염도			기준 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
	최저	최고	평균			최저	최고	평균	
곡류	575	18,785	9,680	5,000	양계사료	55	2,941	512	5,000
강피류	464	3,478	1,738	5,000	양돈사료	53	1,274	328	900
동물성 단백질	-	-	-	5,000	낙농사료	138	2,525	2,008	5,000, 2,000(어린반추동물)
식물성 박류	79	1,495	821	5,000	비육사료	74	13,181	1,884	2,000
무기물	-	-	-	5,000	기타 (애완용사료 포함)	51	19,529	472	5,000
기타	54	542	248	5,000					

· 단미사료: 곡류 2건, 강피류 7건, 식물성박류 7건, 기타 5건 검출

· 배합사료: 양계사료 28건, 양돈사료 42건, 낙농사료 10건, 비육사료 27건, 기타 108건 검출

- 푸모니신 분석 결과, 총 736건 중 기준을 초과 검출된 시료는 없었다.

표 26. 총푸모니신 모니터링 결과

단미사료					배합사료				
구분	오염도			기준 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	구분	오염도			기준 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
	최저	최고	평균			최저	최고	평균	
곡류	67	7,958	2,054	60,000	양계사료	69	5,985	812	20,000
강피류	60	10,486	2,387	60,000	양돈사료	81	2,059	528	5,000
동물성 단백질	-	-	-	60,000	낙농사료	127	3,668	1,286	50,000, 20,000(어린반 추동물 및 어린반 추동물 용)
식물성 박류	74	2,808	1,234	60,000	비육사료	66	23,422	2,360	50,000, 20,000(어린반 추동물 및 어린반 추동물 용)
무기물	-	-	-	60,000	기타 (애완용 사료 포함)	50	3,397	593	30,000, 10,000(수산동 물용), 5,000(말, 토끼, 애완동 물용)
기타	195	1,462	757	60,000					

· 단미사료: 곡류 4건, 강피류 16건, 식물성박류 16건, 기타 7건 검출

· 배합사료: 양계사료 34건, 양돈사료 45건, 낙농사료 19건, 비육사료 42건, 기타 250건 검출

- 오크라톡신 A 분석 결과, 총 736건 중 기준을 초과 검출된 시료는 없었다.

표 27. 오크라톡신 A 모니터링 결과

단미사료					배합사료				
구분	오염도			기준 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	구분	오염도			기준 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
	최저	최고	평균			최저	최고	평균	
곡류	-	-	-	250	양계사료	18	18	18	200
강피류	61	61	61	250	양돈사료	-	-	-	200
동물성 단백질	-	-	-	250	낙농사료	-	-	-	200
식물성 박류	-	-	-	250	비육사료	-	-	-	200
무기물	-	-	-	250	기타 (애완용사료 포함)	11	11	11	200
기타	-	-	-	250					

- 단미사료: 강피류 1건 검출
- 배합사료: 양계사료 1건, 기타 1건 검출

- T-2 toxin 및 HT-2 toxin 분석 결과, 총 736건 중 기준을 초과 검출된 시료는 없었다.

표 28. T-2 toxin 및 HT-2 toxin 모니터링 결과

단미사료					배합사료				
구분	오염도			기준 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	구분	오염도			기준 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
	최저	최고	평균			최저	최고	평균	
곡류	-	-	-	500, 2,000 (귀리 및 귀리 가공품)	양계 사료	-	-	-	250
강피류	-	-	-	500, 2,000 (귀리 및 귀리 싸라기)	양돈 사료	-	-	-	250
동물성 단백질	-	-	-	500	낙농 사료	-	-	-	250
식물성 박류	40	40	40	500	비육 사료	-	-	-	250
무기물	-	-	-	500	기타 (애완용 사료 포함)	-	-	-	250
기타	-	-	-	500					

· 단미사료: 강피류 1건 검출

- 제랄레논 분석 결과, 총 736건 중 12건이 기준을 초과하여 검출되었다.

표 29. 제랄레논 모니터링 결과

단미사료					배합사료				
구분	오염도			기준 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	구분	오염도			기준 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
	최저	최고	평균			최저	최고	평균	
곡류	16	18,113	4,552	3,000	양계사료	15	1,370	128	500
강피류	15	1,709	523	3,000	양돈사료	14	143	44	250, 100(포유자돈, 이유돈, 번식용모돈, 임신모돈, 포유모돈, 대용유용)
동물성 단백질	-	-	-	3,000	낙농사료	24	2,212	286	500
식물성 박류	15	931	275	3,000	비육사료	20.8	18,645	1,026	500
무기물	-	-	-	3,000	기타 (애완용사료 포함)	13	17,268	192	1,000
기타	15	121	59	3,000					

· 단미사료: 곡류 4건, 강피류 12건, 식물성박류 9건, 기타 9건 검출

· 배합사료: 양계사료 25건, 양돈사료 36건, 낙농사료 18건, 비육사료 35건, 기타 130건 검출

○ 국가별 허용기준 조사

- 한국의 사료 중 곰팡이 독소 허용기준 및 권고기준

표 30. 사료 중 곰팡이독소 허용기준(관리 대상 곰팡이 독소)

유해물질명	사료의 종류		허용기준
아플라톡신 (B1+B2+ G1+G2)	배합사료	양축용(번식용·비육용어린송아지, 젖소용, 포유자돈·이유돈, 산란용·육용종계어린병아리, 육계전기, 육용오리전기, 종오리용 어린오리에 한함), 대용유용, 반추동물용섬유질(번식용·비육용어린송아지, 젖소용에 한함), 기타 어린동물 이용 배합사료	10ppb
		기타 배합사료(프리믹스용 제외)	20ppb
	단미사료	식물성(조류·섬유질류 일부·유지류·전분류·과실류·채소류·버섯류 제외), 혼합성(식물성이 혼합된 것에 한함), 남은음식물사료	50ppb
오크라톡신A	배합사료	전체 배합사료(프리믹스용 제외)	200ppb
	단미사료	식물성(조류·섬유질류 일부·유지류·전분류·과실류·채소류·버섯류 제외), 혼합성(식물성이 혼합된 것에 한함), 남은음식물사료	250ppb

표 31. 사료 중 곰팡이독소 권고기준(관리를 추천하는 곰팡이 독소)

유해물질명	사료의 종류		권고 기준
테옥시니발레놀 (보미톡신)	배합사료	양축용(돼지용에 한함), 대용유용(양돈용에 한함)	900ppb
		양축용(번식용·비육용어린송아지, 젖소어린송아지, 비유초기 젖소, 어린사슴, 어린면양, 어린염소 등 어린 반추동물에 한함), 반추동물용섬유질(어린 반추동물에 한함)	2,000ppb
		기타 배합사료(프리믹스용 제외)	5,000ppb
	단미사료	식물성, 혼합성(식물성이 혼합된 것에 한함), 남은음식물사료	10,000ppb
제랄레논	배합사료	양축용 돼지(포유자돈·이유돈, 번식용모돈, 임신모돈, 포유모돈에 한함), 대용유용(양돈용에 한함)	100ppb
		기타 양축용 돼지(육성돈, 비육돈, 번식용 옹돈 등에 한함)	250ppb
		반추동물용(양축용·반추동물용섬유질·사육하는 동물 등에 한함)	500ppb
		기타 배합사료(양축용 돼지, 양돈용 대용유, 반추동물용, 프리믹스용 제외)	1,000ppb
	단미사료	식물성, 혼합성(식물성이 혼합된 것에 한함), 남은음식물사료	3,000ppb
푸모니신	배합사료	양축용(돼지, 말, 토끼에 한함), 대용유용, 애완동물용	5,000ppb

유해물질명	사료의 종류		권고 기준
(B1+ B2)		수산동물용	10,000ppb
		가금용, 양축용(어린 반추동물에 한함), 반추동물용섭유질(어린 반추동물에 한함)	20,000ppb
		반추동물용(양축용·반추동물용섭유질의 어린 반추동물용 제외)	50,000ppb
		기타 배합사료(프리믹스용 제외)	30,000ppb
	단미사료	식물성, 혼합성(식물성이 혼합된 것에 한함), 남은음식물사료	60,000ppb
T-2/HT-2	배합사료	전체 배합사료	250ppb
	단미사료	귀리, 귀리 가공품 및 싸라기	2,000ppb
		기타 식물성, 혼합성(식물성이 혼합된 것에 한함), 남은음식물사료	500ppb

- 미국의 사료 중 곰팡이독소 허용기준

미국은 사료의 유해물질의 관리를 acetic level(aflatoxin), guidance level(fumosis), advisory level(deoxynivalenol)의 3등급으로 구분하여 관리하고 있다.

표 32. 미국의 사료 관리목록 및 허용기준

(Sum of) Mycotoxin(s)	Comodity	Limit (ug/kg)	Remark
Aflatoxins B ₁ ,B ₂ ,G ₁ ,G ₂	corn and peanut products intended for finishing (i.e., feedlot) beef cattle	300	
	cottonseed meal intended for beef cattle, swine, or poultry	300	
	corn or peanut products intended for finishing swine of 100 pounds or greater	200	
	corn and peanut products intended for breeding beef cattle, breeding swine, or mature poultry	100	
	corn, peanut products, and other animal feeds and feed ingredients, excluding cottonseed meal, intended for immature animals	20	
	corn, corn products, cottonseed meal, and other animal feeds and feed ingredients intended for dairy animals, for animal species or uses not specified above, or when the intended use is not known	20	

(Sum of) Mycotoxin(s)	Comodity	Limit (ug/kg)	Remark
Deoxynivalenol	grains and grain byproducts destined for ruminating beef and feedlot cattle older than 4 months and for chickens	10000	updated in 1993; not to exceed 50% of the diet
	grain and grain byproducts destined for swine	5000	updated in 1993; not to exceed 20% of the diet
	grain and grain byproducts for all other animals	5000	updated in 1993; not to exceed 40% of the diet
Fumonisin B ₁ ,B ₂ ,B ₃	corn and corn byproducts intended for equids and rabbits	5000	in force since 2001; guidance level for industry [no more than 20% of diet on dry weight basis]
	corn and corn byproducts intended for swine and catfish	20000	in force since 2001; guidance level for industry [no more than 50% of diet on dry weight basis]
	corn and corn byproducts intended for breeding ruminants, breeding poultry and breeding mink (includes lactating dairy cattle and hens laying eggs for human consumption)	30000	in force since 2001; guidance level for industry [no more than 50% of diet on dry weight basis]
	ruminants >3 months old being raised for slaughter and mink being raised for pelt production	60000	
	poultry being raised for slaughter	10000 0	
	all other species or classes of livestock and pet animals	10000	

- EU의 사료 중 곰팡이독소 허용기준 및 권고기준

EU는 1976년에 사료에 대한 aflatoxin B1의 규제기준을 설정하였으며, deoxynivalenol, zearalenone, ochratoxin A, T-2, HT-2 및 fumonisin에 대하여는 guide value를 설정하고 있다.

표 33. EU의 사료 중 곰팡이독소 허용기준

Mycotoxin	Comodity	Limit (ug/kg)	Remark
Aflatoxin B ₁	all feed materials	20	Maximum content relative to a feedingstuff with a moisture content of 12 %
	complete feedingstuffs for cattle, sheep and goats with the exception of: - complete feedingstuffs for dairy animals - complete feedingstuffs for calves and lambs	20	
	complete feedingstuffs for dairy animals	5	
	complete feedingstuffs for calves and lambs	10	Maximum content relative to a feedingstuff with a moisture content of 12 %
	complete feedingstuffs for pigs and poultry (except young animals)	20	
	other complete feedingstuffs	10	
	complementary feedingstuffs for cattle, sheep and goats (except complementary feedingstuffs for dairy animals, calves and lambs)	20	
	Complementary feedingstuffs for pigs and poultry (except young animals)	20	
	other complementary feedingstuffs	5	

표 34. EU의 사료 중 곰팡이독소 가이드

Mycotoxin	Products intended for animal feed	Guidance value in mg/kg (ppm) relative to a feedingstuff with a moisture content of 12 %
Deoxynivalenol	Feed materials (*)	
	Cereals and cereal products (**) with the exception of maize by-products 8	8
	Maize by-products 12	12
	Complementary and complete feedingstuffs with the exception of:	5
	Complementary and complete feedingstuffs for pigs	0.9
	Complementary and complete feedingstuffs for calves (< 4 months), lambs and kids	2
Zearalenone	Feed materials (*)	
	Cereals and cereal products (**) with the exception of maize by-products	2
	Maize by-products	3
	Complementary and complete feedingstuffs with the exception of:	
	Complementary and complete feedingstuffs for piglets and gilts (young sows)	0.1
	Complementary and complete feedingstuffs for sows and fattening pigs	0.25
	Complementary and complete feedingstuffs for calves, dairy cattle, sheep(including lamb) and goats (including kids)	0.5
Ochratoxin A	Feed materials (*)	
	Cereals and cereal products (**) 0,25	0.25
	Complementary and complete feedingstuffs:	5
	Complementary and complete feedingstuffs for pigs	0.05
	Complementary and complete feedingstuffs for poultry	0.1

Mycotoxin	Products intended for animal feed	Guidance value in mg/kg (ppm) relative to a feedingstuff with a moisture content of 12 %
Fumonisin B ₁ , B ₂	Feed materials (*)	
	Maize and maize products (***)	60
	Complementary and complete feedingstuffs for:	
	Pigs, horses (<i>Equidae</i>), rabbits and pet animals	5
	Fish	10
	Poultry, calves (< 4 months), lambs and kids	20
	Adult ruminants (> 4 months) and mink	50

(*) Particular attention has to be paid to cereals and cereals products fed directly to the animals that their use in a daily ration should not lead to the animal being exposed to a higher level of these mycotoxins than the corresponding levels of exposure where only the complete feedingstuffs are used in a daily ration.

(**) The term "Cereals and cereal products" includes not only the feed materials listed under heading 1 "Cereal grains, their products and by-products" of the non-exclusive list of main feed materials referred to in part B of the Annex to Council Directive 96/25/EC of 29 April 1996 on the circulation and use of feed materials (OJ L 125, 23.5.1996, p. 35) but also other feed materials derived from cereals in particular cereal forages and roughages.

(***) The term "Maize and maize products" includes not only the feed materials derived from maize listed under heading 1 "Cereal grains, their products and by-products" of the non-exclusive list of main feed materials referred to in the Annex, part B of Directive 96/25/EC but also other feed materials derived from maize in particular maize forages and roughages.

- 일본의 사료 중 곰팡이독소 규제 현황

일본의 경우 aflatoxin B1에 대하여 소와 어린가축은 10 ppb, 그 외의 가축에 대하여 20 ppb, deoxynivalenol은 3개월 령 이상의 소를 제외한 가축에 1 ppm, 3개월 령 이상의 소에는 4 ppm, zearalenone은 모든 가축에 대하여 1 ppm의 허용기준을 두고 있다.

표 35. 일본의 사료 중 곰팡이독소 허용기준

Mycotoxin	Comodity	Limit(ug/kg)
Aflatoxin B ₁	Compound feeds or mix feeds for adult animals (except cow feed)	20
	Compound feeds for cow and young animals	10
Deoxynivalenol	Feeds for livestock (except cattle aged older than three months)	1000
	Feeds for cattle aged older than three months	4000
Zearalenone	Feeds for livestock	1000

○ 곰팡이독소 오염사례 조사

- 국내 사료 중 곰팡이독소 오염사례

◇ 국내산 단미사료와 배합사료의 ochratoxin A 오염도 조사(Jang et al, J.Fd Hyg. Safety, 22(4): 353-358(207))

국내에서 생산된 사료(2006~2007) 중 253점(배합사료 194점, 단미사료 59점)의 사료에서 오크라톡신의 오염도를 조사한 결과, 단미사료 중 ochratoxin A의 오염도는 27%였고, 오염농도는 0.27 ~ 3.39 ppb 수준이었음. 배합사료에서 ochratoxin A의 오염도는 76%였고, 오염농도는 0.21 ~ 13.64 ppb 수준이었음.

◇ 국내 양돈장의 사료 내 아플라톡신 오염도 조사(Song et al, Kor. J. Vet. Publ. Hlth, 34(3):237-243(2010))

전국 12개 돼지 농장으로부터 사육단계를 구분하여 배합 사료를 수집하였으며, 총 449개의 시료에서 아플라톡신 20 ppb를 넘지 않은 낮은 수준의 오염 정도를 확인. 그러나 젓먹이, 젓펜돼지용 배합 사료의 경우 검사 사료 265개 중 11개(4%)에서 10 ppb를 넘는 아플라톡신 농도를 확인.

◇ 사료 중 nivalenol, deoxynivalenol, T-2 toxin과 zearalenone의 동시분석과 오염도 조사(Kim et al, J.Fd Hyg. Safety, 26(1): 1-11(2011))

2009년도에 생산된 국내 유통사료 239점(검정 의뢰한 시료 206점 및 배합사료 공장 에서 직접 수거한 다미 사료 33점)을 4종의 푸사리움 독소에 대하여 분석한 결과, 배합사료에서 nivalenol은 1.0 ~ 12.3 ppb, deoxynivalenol은 212.3 ~ 812.1 ppb, T-2 toxin은 1.6 ~ 8.3 ppb, zearalenone은 31.2 ~ 147.2 ppb의 평균 오염도를 나타냈으며, deoxynivalenol과 zearalenone은 모든 배합사료에서 검출됨.

◇ 2013년 5월 27일(사료 내 곰팡이독소, 백신효과 저해_한국축산신문 기사)

‘식품과 사료에서의 안전성 확보 방안’ 세미나 중 바이오민코리아에서 마이코톡신 서베이 2012 결과, 사료원료 샘플 중 55% 가량이 푸모니신에 오염되어 있고, 보미톡신, 제랄레논, 아플라톡신 등도 검출되었으며, 두 개 독소 이상 동시오염이 발생한다고 설명함.



그림 59. 곰팡이독소 오염사례 1

◇ 2017년 2월 23일(곰팡이독소 일부 양돈사료 권고기준 초과_한국축산신문)

한돈협회에 따르면 배합사료 영양성분과 곰팡이독소 실태과약을 위해 2016년 11월부터 12월까지 한달 간 전국의 양돈장에서 10개사 제품 79개의 양돈사료 샘플을 수거하여 국내와 해외 각각 한곳의 인증 사료검사기관에 의뢰한 결과, 검사대상 샘플 100%에서 두 개 이상의 곰팡이독소가 확인되었고 deoxynivalenol, fumonisin, zearalenone의 검출이 높게 나타났다. 특히 9개 샘플의 경우 사료관리법상 권고기준치를 초과한 것을 나타남



그림 60. 곰팡이독소 오염사례 2

◇ 2018년 4월 6일(양돈사료 곰팡이독소 관리 강화돼야_한국축산신문)

한돈협회에 따르면 배양돈사료 품질 모니터링 사업의 일환으로 2017년 7월부터 11월까지 전국 9개 농장에서 총 3차에 걸쳐 국내 10개사의 육성돈 및 임신돈 구간 샘플을 수거, 2개 사료검사기관을 통해 분석을 실시. 그 결과 1차로 사료 차량에서 수거한 66개 샘플에서 디옥시니발레놀, 푸모니신, 제랄레논의 검출이 높게 나타남. 디옥시니발레놀의 경우, 100% 양성률과 함께 평균 520 ppb 오염도를 보였고, 특히 5개 샘플은 국내 사료관리법상 권고기준을 초과함. 제랄레논은 88%의 양성률과 평균 63.4 ppb의 오염도를, 푸모니신은 100%의 양성률과 평균 899.1 ppb의 오염도를 기록함.



그림 61. 곰팡이독소 오염사례 3

- 국외 사료 중 곰팡이독소 오염사례

◇ 3년간 전세계의 발효사료 및 사료에서의 곰팡이독소 발생현황(Toxin 2012, 4, 663-675)

2009년 1월부터 2011년 12월까지 미국, 유럽 및 아시아의 aflatoxin, zearalenone, deoxynivalenol, fumonisins 및 ochratoxin A 대하여 7,409점(사료원료 및 사료)을 분석한 결과, aflatoxin 33%, zearalenone 45%, deoxynivalenol 59%, fumonisins 64% 및 ochratoxin A 28%의 오염도를 나타내었다.

◇ BIOMIN world mycotoxin survey

‘바이오민’사에서 2018년 1월부터 9월까지 77개국의 13,629점의 샘플을 곰팡이독소에 대한 조사결과 다음 그림 24.와 같으며, 한국의 경우 위험4등급 중 2등급으로 위험 기준에 속해있다.

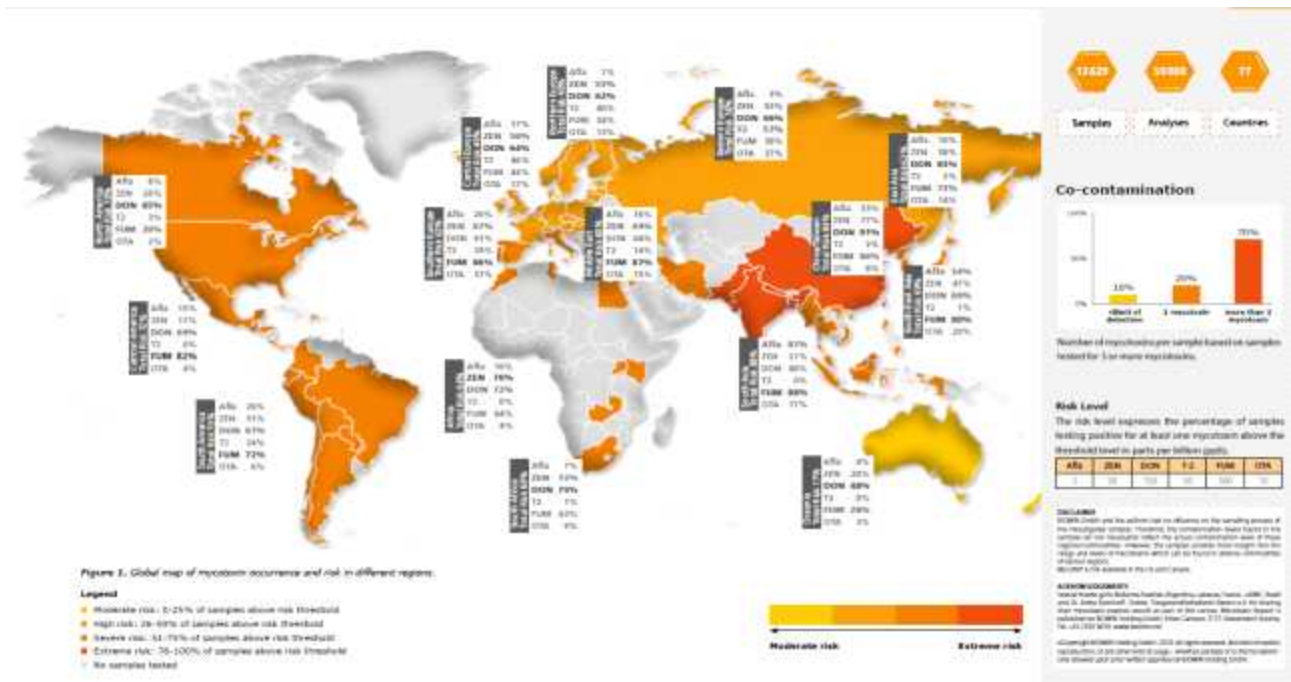


그림 62. 곰팡이독소 오염사례 4

3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

3-1. 목표

성과목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권		기술실시 (이전)		사업화					기술인증	학술성과			교육지도	인력양성	정책 활용·홍보		기타 (타연구활용등)	
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출		투자유치	논문				학술발표	정책활용		홍보전시
												SCI	비SCI						
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명				
가중치	30	10			10			10					10	10		10			
최종목표	2	1			1			1			2	3	3	1		1			
연7기간내 달성실적	2	0			1			1			1	0	3	1		0			
연7종료 후 성과창출 계획	2	1			0			0			1	3	0	1		1			

3-2. 목표 달성여부

- 4건의 논문 작성 중에 있음
- 특허 출원 1건에 대하여 진행 중에 있으며, 출원 후 등록신청 예정임
- '코로나19'로 인하여 교육이 연기되었으며, 시험법 개정(정책활용 1건)과 함께 2021년에 실시할 예정임

4. 연구결과의 활용 계획 등

- 사료 중 곰팡이독소 공전시험법 개정을 통한 분석시간 및 비용절감
- ‘코로나19’로 인하여 진행하지 못하였던 사료 중 곰팡이독소 동시분석 시험법에 대한 교육 진행
- 관리 중인 곰팡이독소 성분에 대한 상시 모니터링 가능

붙임. 참고문헌

1. 사료 등의 기준 및 규격(농림축산식품부 고시 제2019-58호, 2019.10.24.)
2. 식품의 기준 및 규격(식품의약품안전처 고시 제2020-128호, 2020.12.28.)
3. Fung F, Clark RF (2004) Health effects of mycotoxins: a toxicological overview. *J Toxicol Clin Toxicol* 42:217-234
4. Misihairabgwi JM, Ezekiel CN, Sulyok M, Shephard GS, Krska R (2019) Mycotoxin contamination of foods in Southern Africa: A 10-year review (2007-2016). *Crit Rev Food Sci Nutr* 59:43-58
5. Pitt JI, Miler JD (2017) A concise history of mycotoxin research. *J Agric Food Chem* 65:7021-7033
6. Stoev SD (2013) Food safety and increasing hazard of mycotoxin occurrence in foods and feeds. *Crit Rev Food Sci Nutr* 53:887-901
7. Roze LV, Laivenieks M, Hong SY, Wee J, Wong SS, Vanos B, Awad D, Ehrlich KC, Linz JE (2015) Aflatoxin biosynthesis is a novel source of reactive oxygen species-A potential redox signal to initiate resistance to oxidative stress? *Toxins* 7:1411-1430
8. Wang Y, Wang L, Liu F, Wang Q, Selvaraj JN, Xing F, Zhao Y, Liu Y (2016) Ochratoxin A producing fungi, biosynthetic pathway and regulatory mechanisms. *Toxins* 8:83
9. Calado T, Venâncio A, Abrunhosa L (2014) Irradiation for mold and mycotoxin control: A review. *Compr Rev Food Sci F* 13:1049-1061
10. Ghanem I, Orfi, M, Shamma M (2008) Effect of gamma radiation on the inactivation of aflatoxin B1 in food and feed crops. *Braz J Microbiol* 39:787-791
11. D'Mello JPF, Macdonald AMC, Postel D, Dijksma WTP, Dujardin A, Placinta CM (1998) Pesticide use and mycotoxin production in *Fusarium* and *Aspergillus* phytopathogens. *Eur J Plant Pathol* 104:741-751
12. Gonçalves A, Gkrillas A, Dorne JL, Dall'Asta C, Palumbo R, Lima N, Battilani P, Venâncio A, Giorni P (2019) Pre- and Postharvest strategies to minimize mycotoxin contamination in the rice food chain. *Compr Rev Food Sci F* 18:441-454
13. Moo YS, Lee HS, Lee SE (2018) Inhibitory effects of three monoterpenes from ginger essential oil on growth and aflatoxin production of *Aspergillus flavus* and their gene regulation in aflatoxin biosynthesis. *Appl Biol Chem* 61:243-250
14. Prakash B, Kedia A, Mishra PK, Dubey NK (2015) Plant essential oils as food preservatives to control moulds, mycotoxin contamination and oxidative deterioration of agri-food commodities-Potentials and challenges. *Food Control* 47:381-391
15. Choi H, Lee BH, Moon YS, Kim K, Lee HS, Lee SE (2017) Antifungal and antiaflatoxigenic effects of a fumigant, ethanedinitrile, on *Aspergillus flavus*. *Appl Biol Chem* 60:473-476
16. Kim HM, Kwon H, Kim K, Lee SE (2018) Antifungal and antiaflatoxigenic activities

of 1,8-cineole and t-cinnamaldehyde on *Aspergillus flavus*. *Appl Sci* 8:1655

17. Karlovsky P, Suman M, Berthiller F, De Meester J, Eisenbrand G, Perrin I, Oswald IP, Speijers G, Chiodini A, Recker T, Dussort P (2016) Impact of food processing and detoxification treatments on mycotoxin contamination. *Mycotoxin Res* 32:179–205
18. G Piva FP, F Galvano RD, A Pietri AP, A Piva RD (1995) Detoxification methods of aflatoxins: A review. *Nutr Res* 15:767–776
19. Gomaa MNE, Ayesh AM, Abdel Galil MM, Naguib K (1997) Effect of high pressure ammoniation procedure on the detoxification of aflatoxins. *Mycotoxin Res* 13:23–34
20. Agbetiameh D, Ortega-Beltran A, Awuah RT, Atehnkeng J, Islam M, Callicott KA, Cotty PJ, Bandyopadhyay R (2019) Potential of atoxigenic *Aspergillus flavus* vegetative compatibility groups associated with maize and groundnut in Ghana as biocontrol agents for aflatoxin management. *Front Microbiol* 10:2069
21. Tayel AA, El-Tras WF, Moussa SH, El-Agamy MA (2013) Antifungal action of *Pichia anomala* against aflatoxigenic *Aspergillus flavus* and its application as a feed supplement. *J Sci Food Agric* 93:3259–3263
22. Ji C, Fan Y, Zhao L (2016) Review on biological degradation of mycotoxins. *Anim Nutr* 2:127–133
23. Woo SY, Ryu SY, Tian F, Lee SY, Park SB, Chun HS (2019) Simultaneous determination of twenty mycotoxins in the Korean soybean paste Doenjang by LC-MS/MS with immunoaffinity cleanup. *Toxins* 11:594
24. Zhang B, Chen X, Han SY, Li M, Ma TZ, Sheng WJ, Zhu X (2018) Simultaneous analysis of 20 mycotoxins in grapes and wines from Hexi Corridor Region (China); based on a QuEChERS-UHPLC-MS/MS method. *Molecules* 23:1926
25. Sun J, Li X, Zhang Y, Hu X, Wu L, Wang B (2016) QuEChERS purification combined with ultrahigh-performance liquid chromatography tandem mass spectrometry for simultaneous quantification of 25 mycotoxins in cereals. *Toxins* 8:375
26. Anukul N, Vangnai K, Mahakarnchanakul W (2013) Significance of regulation limits in mycotoxin contamination in Asia and risk management programs at the national level. *J Food Drug Anal* 21:227–241
27. Agriopoulou S, Stamatelopoulou E, Varzakas T (2020) Advances in occurrence, importance, and mycotoxin control strategies: Prevention and detoxification in foods. *Foods* 9:137
28. Chen MT, Hsu YH, Wang TS, Chien SW (2016) Mycotoxin monitoring for commercial foodstuffs in Taiwan. *J Food Drug Anal* 24:147–156
29. Meyer H, Skhosana ZD, Motlanthe M, Louw W, Rohwer E (2019) Long term monitoring (2014–2018) of multi-mycotoxins in South African commercial maize and wheat with a locally developed and validated LC-MS/MS method. *Toxins* 11:271
30. Tolosa J, Barba FJ, Font G, Ferrer E (2019) Mycotoxin incidence in some fish

products: QuEChERS methodology and liquid chromatography linear ion trap tandem mass spectrometry approach. *Molecules* 24:527

31. Yang Y, Lee HH, Kim AG, Ryu KY, Choi SY, Seo DR, Seo KW, Cho BS (2019) Survey of mycotoxin contamination in grains and grain products. *J Food Hyg Saf* 34:205–211
32. Fakruddin M, Chowdhury A, Hossain MN, Ahmed MM (2015) Characterization of aflatoxin producing *Aspergillus flavus* from food and feed samples. *SpringerPlus*, 4:159
33. Casquete R, Benito MJ, de Guía Córdoba M, Ruiz-Moyano S, Martín A (2017) The growth and aflatoxin production of *Aspergillus flavus* strains on a cheese model system are influenced by physicochemical factors. *J Dairy Sci* 100:6987–6996
34. Wang RG, Su XO, Cheng FF, Wang PL, Fan X, Zhang W (2015) Determination of 26 mycotoxins in feedstuffs by multifunctional clean-up column and liquid chromatography–tandem mass spectrometry. *Chinese J Anal Chem* 43:264–270
35. Cotty P, Jaime R (2007) Influence of climate on aflatoxin producing fungi and aflatoxin contamination. *Int J Food Microbiol* 119:109–115
36. Joo Y, Ok HE, Lim J, Lee SY, Jang SK, Park KH, Chun HS (2019) A statistical model for determining zearalenone contamination in rice (*Oryza sativa* L.) at harvest and its prediction under different climate change scenarios in South Korea. *Appl Biol Chem* 62:38

첨부 1. 곰팡이독소 시험법 서면검토(안)

검토자료

2021년
곰팡이독소 시험법 서면검토(안)
-사료 중 곰팡이독소 시험법 제정(안) 검토-

2021. . . ~ ..



목 차

곰팡이독소 시험법 제정(안)

1. 곰팡이독소 동시분석법 시험법

곰팡이독소 시험법 참고자료

붙임 1. 곰팡이독소 동시분석법 참고자료

□ 곰팡이독소 시험법 제정(안)

<p style="text-align: center;">1. 곰팡이독소(Aflatoxin B₁, Aflatoxin B₂, Aflatoxin G₁, Aflatoxin G₂, Deoxynivalenol, Fumonisin B₁, Fumonisin B₂, Ochratoxin A, T-2 toxin, HT-2 toxin, Zearalenone) 동시분석 시험법</p>

가. 시험법 적용범위

단미사료, 배합사료의 사료에 적용한다.

나. 분석원리

검체 중 곰팡이독소(아플라톡신, 데옥시니발레놀, 푸모니신, 오크라톡신, T-2 toxin, HT-2 toxin, 제랄레논, α-제랄레놀, β-제랄레놀)를 아세토니트릴로 추출한 후 d-SPE(dispersive-solid phase extraction)로 정제하여 액체크로마토그래프-질량분석기로 분석한다.

다. 장치

- 1) 액체크로마토그래프-질량분석기(LC-MS/MS)

라. 시약 및 시액

- 1) 용매: 잔류농약 시험용 또는 특급
- 2) 물: 3차 증류수 또는 이와 동등한 것
- 3) 혼합표준원액: 푸모니신을 제외한 곰팡이독소 표준품을 아세토니트릴에, 푸모니신 표준품을 메탄올/물(5/5, v/v)에 녹여 500 mg/L가 되게 한 후, 아세토니트릴을 이용하여 적당한 농도로 혼합·희석한다.

4) 혼합표준용액: 혼합표준원액을 무처리 시료 추출물을 이용하여 적당한 농도로 혼합, 희석한다(무처리 시료 추출물 40% 이상 포함).

* 무처리 시료 추출물 : 분석대상 물질을 포함하지 않은 시료를 시험용액과 동일한 방법으로 추출, 정제한 것

5) d-SPE: 1차 2차 아민(PSA, Primary secondary amine), C₁₈(Octadecyl bonded silica)

7) 기타시약: 잔류농약 시험용 또는 특급

마. 시험용액의 조제

1) 추출

검체를 분쇄하여 균질화한 후 5 g(약 1 kg을 혼합하여 표준체 420 μm를 통과하도록 분쇄한 후 5 g,)을 정밀히 달아 50 mL 원심분리관에 넣고 10% 포름산이 첨가된 증류수 10 mL와 아세트니트릴 10 mL를 가한 뒤 30분간 진탕한다. 진탕 후 추출물에 무수황산마그네슘 4 g과 염화나트륨 1 g을 추가하여 1분간 흔들고 4℃, 4,000 G에서 10분간 원심분리하여 상층액 1 mL를 취한다.

2) 정제

d-SPE(1차 2차 아민 25 mg과 C₁₈ 25 mg)가 미리 담겨져 있는 2 mL 원심분리관에 '1)추출'로부터 얻은 상층액 1 mL를 가하고 1분간 와류 교반기 등을 이용하여 충분히 혼합한 후 이를 4℃, 4,000 G에서 10분간 원심분리한다. 정제된 상층액 0.4 mL, 3차증류수 0.5 mL 및 아세트니트릴 0.1 mL를 합하여 교반한 뒤 4℃에서 30분간 방치 후 멤브레인 필터(PTFE, 0.2 μm)로 여과한 후 시험용액으로 한다.

바. 시험조작

1) 액체크로마토그래프 분석조건

가) 컬럼: C₁₈계 역상 컬럼 또는 이와 동등한 것

나) 컬럼 온도: 40℃

다) 이동상

(1) 이동상 A: 5 mM 암모늄개미산 및 0.1% 포름산 함유 물

(2) 이동상 B: 5 mM 암모늄개미산 및 0.1% 포름산 함유 메탄올

(3) 농도구배조건

시간(분)	A(%)	B(%)
0.0	95	5
1.5	95	5
2.5	70	30
4.0	40	60
5.0	20	80
6.0	1	99
8.5	1	99
8.6	95	5
13.0	95	5

라) 이동상 유속: 0.35 mL/분

2) 자동주입기 프로그램(오토샘플러)

기능	설정	비고
Draw	시료 2 μl 주입	감도에 따라 주입량 조절
Wash	니들 세척 2초	
Draw	동위원소(내부표준물질) 3 μl 주입	감도에 따라 주입량 조절

3) 질량분석기 분석조건

가) 이온화 방법: ESI positive-ion and negative-ion mode

나) Capillary voltage: 3.5 kV

다) Collision gas: 질소(N_2)

표. 액체크로마토그래프-질량분석기 분석을 위한 특성이온

- 정량물질

분석성분 (Compound)	머무름 시간 (Retention time, min)	이온화 (Ionization)	선구이온 (Precursor ion, <i>m/z</i>)	생성이온 (Product ion, <i>m/z</i>)	충돌에너지 (Collision energy, eV)
Aflatoxin B ₁	4.53	[M+H] ⁺	313.0	285.0 ¹⁾	25
				241.0	40
Aflatoxin B ₂	4.42	[M+H] ⁺	315.0	259.0 ¹⁾	35
				287.0	35
Aflatoxin G ₁	4.29	[M+H] ⁺	329.0	243.0 ¹⁾	30
				311.0	20
Aflatoxin G ₂	4.16	[M+H] ⁺	330.9	313.0 ¹⁾	25
				245.0	35
Deoxynivalenol	3.04	[M+H] ⁺	297.3	249.1 ¹⁾	10
				191.0	58
Fumonisin B ₁	5.08	[M+H] ⁺	722.0	352.3 ¹⁾	45
				704.2	40
Fumonisin B ₂	5.53	[M+H] ⁺	706.4	335.9 ¹⁾	35
				354.3	30
Ochratoxin A	5.49	[M+H] ⁺	404.1	238.9 ¹⁾	25
				192.7	50
T-2 toxin	5.31	[M+NH ₄] ⁺	483.8	215.0 ¹⁾	20
				263.1	10
HT-2 toxin	5.05	[M+NH ₄] ⁺	442.5	263.1 ¹⁾	10
				215.1	10
Zearalenone	5.55	[M-H] ⁻	317.0	175.1 ¹⁾	25
				186.9	15

¹⁾ 정량이온이며, 그 외는 정성이온임.

※ 각 생성이온에 대한 질량분석기의 기기조건은 사용기기의 최적값으로 변경하여 사용할 수 있으며, 제시된 이외의 생성이온도 적용이 가능함.

- 내부표준물질

분석성분 (Compound)	머무름 시간 (Retention time, min)	이온화 (Ionization)	선구이온 (Precursor ion, <i>m/z</i>)	생성이온 (Product ion, <i>m/z</i>)	충돌에너지 (Collision energy, eV)
¹³ C ₁₇ Aflatoxin B ₁ (IS)	4.53	[M+H] ⁺	330.1	301.0 ¹⁾	25
				283.9	40
¹³ C ₁₇ Aflatoxin B ₂ (IS)	4.42	[M+H] ⁺	332.0	273.0 ¹⁾	30
				257.0	35
¹³ C ₁₇ Aflatoxin G ₁ (IS)	4.29	[M+H] ⁺	346.0	257.0 ¹⁾	30
				299.0	30
¹³ C ₁₇ Aflatoxin G ₂ (IS)	4.16	[M+H] ⁺	348.0	330.0 ¹⁾	30
				301.2	30
¹³ C ₁₅ Deoxynivalenol (IS)	3.04	[M+H] ⁺	312.0	215.8 ¹⁾	10
				198.0	15
¹³ C ₃₄ Fumonisin B ₁ (IS)	5.08	[M+H] ⁺	756.1	215.8 ¹⁾	40
				198.0	45
¹³ C ₃₄ Fumonisin B ₂ (IS)	5.53	[M+H] ⁺	740.0	374.3 ¹⁾	50
				356.33	40
Ochratoxin A-d5 (IS)	5.49	[M+H] ⁺	409.1	321.0 ¹⁾	36
				239.5	20
¹³ C ₂₄ T-2 toxin (IS)	5.31	[M+NH ₄] ⁺	508.0	322.1 ¹⁾	10
				260.07	10
¹³ C ₂₂ HT-2 toxin (IS)	5.05	[M+NH ₄] ⁺	464.2	278.1 ¹⁾	10
				229.1	15
¹³ C ₁₈ Zearalenone (IS)	5.55	[M-H] ⁻	335.1	185.0 ¹⁾	40
				140.0	40

¹⁾ 정량이온이며, 그 외는 정성이온임.

※ 각 생성이온에 대한 질량분석기의 기기조건은 사용기기의 최적값으로 변경하여 사용할 수 있으며, 제시된 이외의 생성이온도 적용이 가능함.

3) 검량선 작성

표준용액을 농도별로 일정량 취하여 액체크로마토그래프-질량분석기에 각각 주입하여 얻은 크로마토그램상의 각 피크 높이 또는 면적 값으로 검량선을 작성한다.

4) 표준품의 크로마토그램

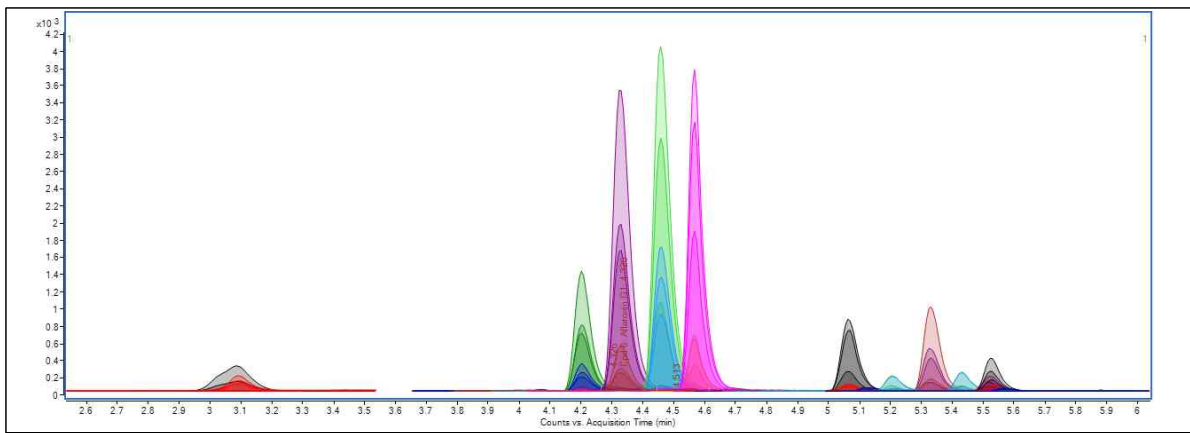


그림. 액체크로마토그래프-질량분석기에서 표준품의 크로마토그램

(Aflatoxins 0.5 $\mu\text{g/L}$, Deoxynivalenol 10 $\mu\text{g/L}$, Fumonisins 10 $\mu\text{g/L}$, T-2 toxin 10 $\mu\text{g/L}$, HT-2 toxin 10 $\mu\text{g/L}$, Ochratoxin A 2 $\mu\text{g/L}$, Zeralenone 2.5 $\mu\text{g/L}$, α -Zearalenol 10 $\mu\text{g/L}$, β -Zearalenol 10 $\mu\text{g/L}$, $^{13}\text{C}_{17}$ Aflatoxins 5 $\mu\text{g/L}$, $^{13}\text{C}_{15}$ Deoxynivalenol 100 $\mu\text{g/L}$, $^{13}\text{C}_{34}$ Fumonisins 50 $\mu\text{g/L}$, $^{13}\text{C}_{24}$ T-2 toxin 10 $\mu\text{g/L}$, $^{13}\text{C}_{22}$ HT-2 toxin 100 $\mu\text{g/L}$, Ochratoxin A-d5 5 $\mu\text{g/L}$, $^{13}\text{C}_{18}$ Zeralenone 30 $\mu\text{g/L}$)

* 분석기기: LC(Agilent 1290 Infinity II), MS/MS(Agilent 6470),

컬럼(Agilent Zorbax Eclipse Plus C₁₈, 2.1 mm I.D. × 50 mm L., 1.8 μm)

5) 정량한계

- (1) Aflatoxin B₁, B₂, G₁, G₂: 0.0025 mg/kg
- (2) Deoxynivalenol: 0.05 mg/kg
- (3) Fumonisin B₁, B₂: 0.05 mg/kg
- (4) Ochratoxin A: 0.01 mg/kg
- (5) T-2 toxin: 0.05 mg/kg
- (6) HT-2 toxin: 0.05 mg/kg
- (7) Zearalenone: 0.0125 mg/kg
- (8) α-Zearalenol: 0.05 mg/kg
- (9) β-Zearalenol: 0.05 mg/kg

사. 정량시험

위 조건으로 얻어진 크로마토그램상의 피크가 표준용액 피크의 머무름 시간과 일치할 때 피크 높이 또는 면적을 검량선에 대입하여 정량한다.

아. 확인시험

액체크로마토그래프-질량분석기상의 머무름 시간과 특성이온으로 곰팡이독소를 확인한다.

붙임1. 곰팡이독소 시험법 참고자료

1. 개요

- 곰팡이독소는 곡류 및 두류 등에서 곰팡이에 의해 2차대사산물로 발생되며, 국내 사료 중 허용기준 및 권고기준으로 관리되고 있으며, 이에 따른 동시다 성분 시험법 개발이 필요함.
- 현재 국내 사료 중 총아플라톡신 및 오크라톡신 A는 허용기준을 적용하여 관리하고 있으며, 데옥시니발레놀, 총 푸모니신, T-2 toxin, HT-2 toxin, 제랄레놀은 권고기준으로 관리되고 있음
- 분석의 정확성 및 선택성 확보와 모니터링을 위한 정량한계 수준을 확보하기 위해 LC-MS/MS를 분석기기로 선정 후 최적의 전처리 조건을 확립하였음.
- 시험법 검증을 위해 대표 단미사료(콩, 옥수수)와 배합사료(양축용, 애완용)에 정량한계 2배, 정량한계 5배 및 정량한계 20배 농도로 본 곰팡이독소를 처리하여 회수율 시험을 수행함.

- 곰팡이독소의 최저 허용기준 및 권고기준 현황

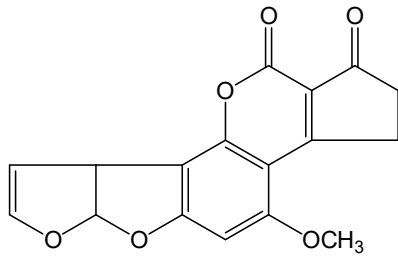
물질명	허용기준 및 권고기준(mg/kg)	오염물의 정의	비고
Aflatoxin B ₁	0.01	총 아플라톡신 (Aflatoxin B ₁ + Aflatoxin B ₂ + Aflatoxin G ₁ + Aflatoxin G ₂)	
Aflatoxin B ₂			
Aflatoxin G ₁			
Aflatoxin G ₂			
Deoxynivalenol	0.9		
Fumonisin B ₁	5.0	총 푸모니신 (Fumonisin B ₁ + Fumonisin B ₂)	
Fumonisin B ₂			

Ochratoxin A	0.2
T-2 toxin	0.25
HT-2 toxin	0.25
Zearalenone	0.1

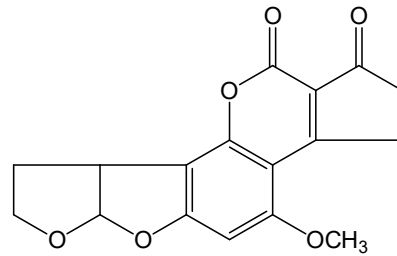
*2021년 1월 기준

2. 대상 곰팡이독소의 특성

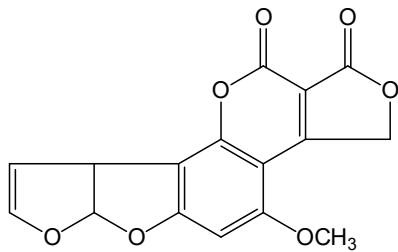
○ 분자구조



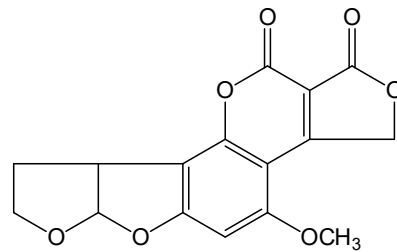
Aflatoxin B₁



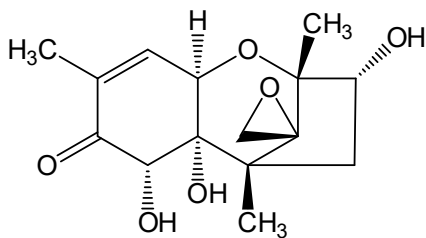
Aflatoxin B₂



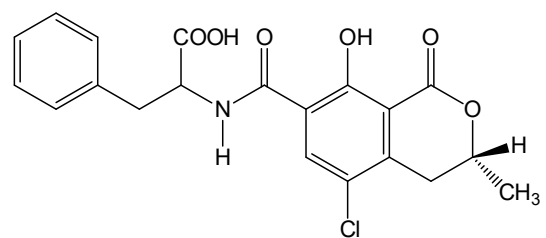
Aflatoxin G₁



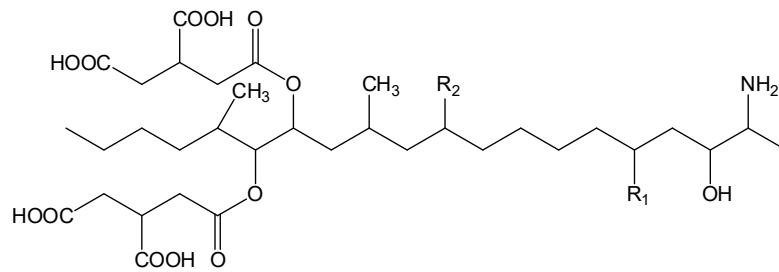
Aflatoxin G₂



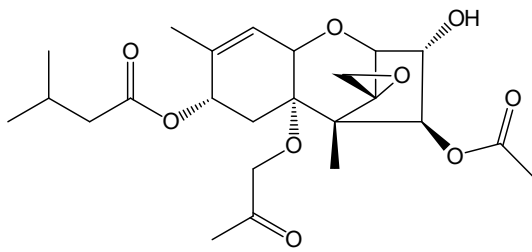
Deoxynivalenol



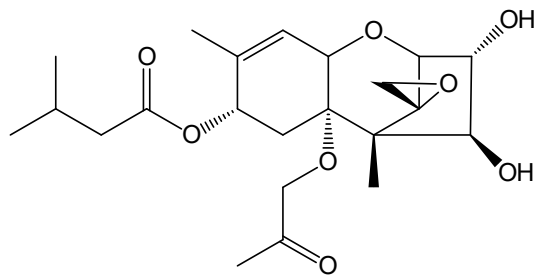
Ochratoxin A



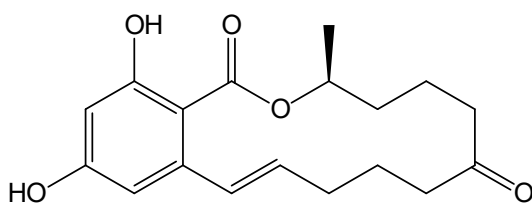
Fumonisin B₁, B₂ (B₁: R₁=OH, R₂=OH, B₂: R₁=OH, R₂=H)



T-2 toxin



HT-2 toxin



Zearalenone

○ 물리·화학적 특성

구분	모 화 합 물
일반명 (ISO)	Aflatoxin B ₁
화학명 (IUPAC)	(3S,7R)-11-methoxy-6,8,19-trioxapentacyclo[10.7.0.02,9.03,7.013,17]nonadeca-1,4,9,11,13(17)-pentaene-16,18-dione
분자식	C ₁₇ H ₁₂ O ₆
분자량	312.27
성상	Crystals
Log P _{ow}	1.23
증기압	2.65 × 10 ⁻¹⁰ mm Hg at 25°C

구분	모 화 합 물
일반명 (ISO)	Aflatoxin B ₂
화학명 (IUPAC)	(3S,7R)-11-methoxy-6,8,19-trioxapentacyclo[10.7.0.02,9.03,7.013,17]nonadeca-1,9,11,13(17)-tetraene-16,18-dione
분자식	C ₁₇ H ₁₄ O ₆
분자량	314.29
성상	Yellow crystals
Log P _{ow}	1.45
증기압	1.65 × 10 ⁻¹⁰ mm Hg at 25°C

구분	모 화 합 물
일반명 (ISO)	Aflatoxin G ₁
화학명 (IUPAC)	11-methoxy-6,8,16,20-tetraoxapentacyclo[10.8.0.02,9.03,7.013,18]icosa-1,4,9,11,13(18)-pentaene-17,19-dione
분자식	C ₁₇ H ₁₂ O ₇
분자량	328.27
성상	Crystals
Log P _{ow}	0.5
증기압	5.86 × 10 ⁻¹¹ mm Hg at 25°C

구분	모화합물
일반명 (ISO)	Aflatoxin G ₂
화학명 (IUPAC)	(3S,7R)-11-methoxy-6,8,16,20-tetraoxapentacyclo[10.8.0.02,9.03,7.013,18]icosa-1,9,11,13(18)-tetraene-17,19-dione
분자식	C ₁₇ H ₁₄ O ₇
분자량	330.29
성상	Crystals
Log P _{ow}	0.71
증기압	7.68 × 10 ⁻¹¹ mm Hg at 25°C

구분	모화합물
일반명 (ISO)	Deoxynivalenol
화학명 (IUPAC)	(1R,2R,3S,7R,9R,10R,12S)-3,10-dihydroxy-2-(hydroxymethyl)-1,5-dimethylspiro[8-oxatricyclo[7.2.1.02,7]dodec-5-ene-12,2'-oxirane]-4-one
분자식	C ₁₅ H ₂₀ O ₆
분자량	296.31
성상	Crystals
Log P _{ow}	-0.71
증기압	6.8 × 10 ⁻¹¹ mm Hg at 25°C

구분	모화합물
일반명 (ISO)	Fumonisin B ₁
화학명 (IUPAC)	(2R)-2-[2-[(5R,6R,7S,9S,11R,16R,18S,19S)-19-amino-6-[(3R)-3,4-dicarboxybutanoyl]oxy-11,16,18-trihydroxy-5,9-dimethylicosan-7-yl]oxy-2-oxoethyl]butanedioic acid
분자식	C ₃₄ H ₅₉ NO ₁₅
분자량	721.8
성상	Powder
Log P _{ow}	2.24

구분	모화합물
일반명 (ISO)	Fumonisin B ₂
화학명 (IUPAC)	2-[2-[19-amino-6-(3,4-dicarboxybutanoyloxy)-16,18-dihydroxy-5,9-dimethylicosan-7-yl]oxy-2-oxoethyl]butanedioic acid
분자식	C ₃₄ H ₅₉ NO ₁₄
분자량	705.8
성상	Powder
Log P _{ow}	4.3

구분	모화합물
일반명 (ISO)	Ochratoxin A
화학명 (IUPAC)	(2S)-2-[[[(3R)-5-chloro-8-hydroxy-3-methyl-1-oxo-3,4-dihydroisochromene-7-carbonyl]amino]-3-phenylpropanoic acid
분자식	C ₂₀ H ₁₈ ClNO ₆
분자량	403.8
성상	White crytalline powder
Log P _{ow}	4.74
증기압	3.11 × 10 ⁻¹⁴ mm Hg at 25°C

구분	모화합물
일반명 (ISO)	T-2 toxin
화학명 (IUPAC)	[(1S,2R,4S,7R,9R,10R,11S,12S)-11-acetyloxy-2-(acetyloxymethyl)-10-hydroxy-1,5-dimethylspiro[8-oxatricyclo[7.2.1.0 ^{2,7}]dodec-5-ene-12,2'-oxirane]-4-yl] 3-methylbutanoate
분자식	C ₂₄ H ₃₄ O ₉
분자량	466.5
성상	Crystals
Log P _{ow}	2.27
증기압	3.06 × 10 ⁻¹¹ mm Hg at 25°C

구분	모화합물
일반명 (ISO)	HT-2 toxin
화학명 (IUPAC)	[(1S,2R,4S,7R,9R,10R,11S,12S)-2-(acetyloxymethyl)-10,11-dihydroxy-1,5-dimethylspiro[8-oxatricyclo[7.2.1.0 ^{2,7}]dodec-5-ene-12,2'-oxirane]-4-yl] 3-methylbutanoate
분자식	C ₂₂ H ₃₂ O ₈
분자량	424.5
성상	Crystals
Log P _{ow}	1.57
증기압	2.65 × 10 ⁻¹⁰ mm Hg at 25°C

구분	모화합물
일반명 (ISO)	Zearalenone
화학명 (IUPAC)	(4S,12E)-16,18-dihydroxy-4-methyl-3-oxabicyclo[12.4.0]octadeca-1(14),12,15,17-tetraene-2,8-dione
분자식	C ₁₈ H ₂₂ O ₅
분자량	318.4
성상	White microcrystals or White powder
Log P _{ow}	3.6
증기압	0 mm Hg at 68°F

구분	모화합물
일반명 (ISO)	α-Zearalenol
화학명 (IUPAC)	(4S,8R,12E)-8,16,18-trihydroxy-4-methyl-3-oxabicyclo[12.4.0]octadeca-1(14),12,15,17-tetraen-2-one
분자식	C ₁₈ H ₂₄ O ₅
분자량	320.4

구분	모화합물
일반명 (ISO)	β -Zearalenol
화학명 (IUPAC)	(4S,8S,12E)-8,16,18-trihydroxy-4-methyl-3-oxabicyclo[12.4.0]octadec a-1(14),12,15,17-tetraen-2-one
분자식	C ₁₈ H ₂₄ O ₅
분자량	320.4

3. 유효성검증

가. 직선성(Linearity) 확인

<직선성 요약>

물 질 명	r^2				Codex에서 요구하는 r^2 의 범위
	단미사료 (콩)	단미사료 (옥수수)	배합사료 (양축용)	배합사료 (애완용)	
Aflatoxin B ₁	0.9995	0.9923	0.9992	0.9999	
Aflatoxin B ₂	0.9999	0.9994	0.9994	0.9996	
Aflatoxin G ₁	0.9999	0.9996	0.9995	0.9992	
Aflatoxin G ₂	0.9999	0.9976	0.9988	0.9967	
Deoxynivalenol	0.9998	0.9987	0.9999	0.9997	
Fumonisin B ₁	0.9995	0.9997	0.9997	0.9994	≥ 0.98
Fumonisin B ₂	0.9978	0.9997	0.9988	0.9992	
Ochratoxin A	0.9998	0.9984	0.9998	0.9999	
T-2 toxin	0.9925	0.9998	0.9992	0.9997	
HT-2 toxin	0.9966	0.9989	0.9992	0.9999	
Zearalenone	0.9999	0.9995	0.9997	0.9999	

- (1) Aflatoxin B₁: 0.0005, 0.002, 0.005, 0.01, 0.025 mg/L
- (2) Aflatoxin B₂: 0.0005, 0.002, 0.005, 0.01, 0.025 mg/L
- (3) Aflatoxin G₁: 0.0005, 0.002, 0.005, 0.01, 0.025 mg/L
- (4) Aflatoxin G₂: 0.0005, 0.002, 0.005, 0.01, 0.025 mg/L
- (5) Deoxynivalenol: 0.01, 0.04, 0.1, 0.2, 0.5 mg/L
- (6) Fumonisin B₁: 0.01, 0.04, 0.1, 0.2, 0.5 mg/L
- (7) Fumonisin B₂: 0.01, 0.04, 0.1, 0.2, 0.5 mg/L
- (8) Ochratoxin A: 0.002, 0.008, 0.02, 0.04, 0.1 mg/L
- (9) T-2 toxin: 0.01, 0.04, 0.1, 0.2, 0.5 mg/L
- (10) HT-2 toxin: 0.01, 0.04, 0.1, 0.2, 0.5 mg/L
- (11) Zearalenone: 0.0025, 0.01, 0.025, 0.05, 0.125 mg/L

나. 검출한계(Detection limit) : signal-to-noise ratio > 3

다. 정량한계(Quantitation limit) : signal-to-noise ratio > 10

라. 정확도 및 정밀도

- Codex에서 요구하는 validation 수준(CAC/GL 40-2003)

농도(μg/kg, ppb)	Recovery range(%)	변동계수 CV range(%)	
		Intra-Lab	Inter-Lab
≤ 1	50 ~ 120	≤ 35	≤ 53
>1 ~ ≤ 10	60 ~ 120	≤ 30	≤ 45
>10 ~ ≤ 100	70 ~ 120	≤ 20	≤ 32
>100 ~ ≤ 1000	70 ~ 110	≤ 15	≤ 23
>1000	70 ~ 110	≤ 10	≤ 16

<Intra-Lab>

n=5

연 번	대상물질 (Compound)	농도 (mg/ kg)	단미사료(콩)			단미사료(옥수수)			배합사료(양축용)			배합사료(애완용)		
			회수율 (Rec. %)	변동계수 (% CV)	정량한계 (mg/kg)	회수율 (Rec. %)	변동계수 (% CV)	정량한계 (mg/kg)	회수율 (Rec. %)	변동계수 (% CV)	정량한계 (mg/kg)	회수율 (Rec. %)	변동계수 (% CV)	정량한계 (mg/kg)
1	Aflatoxin B ₁	0.005	83.7	3.8	0.0025	83.7	2.5	0.0025	83.8	7.0	0.0025	82.6	2.8	0.0025
		0.01	78.8	1.9		86.3	2.9		78.4	6.0		81.9	2.4	
		0.05	85.5	1.2		86.3	3.8		81.7	2.6		83.8	2.4	
2	Aflatoxin B ₂	0.005	85.3	3.9	0.0025	77.0	6.8	0.0025	85.6	7.0	0.0025	92.5	2.6	0.0025
		0.01	87.0	0.8		81.5	1.3		79.7	4.3		86.1	2.8	
		0.05	86.6	0.9		83.7	2.2		84.0	0.9		86.0	1.5	
3	Aflatoxin G ₁	0.005	77.8	2.5	0.0025	71.0	3.4	0.0025	88.7	9.7	0.0025	89.0	1.9	0.0025
		0.01	85.4	1.4		79.9	0.8		76.1	2.3		87.1	2.2	
		0.05	87.2	0.2		86.1	2.1		88.7	1.4		89.4	1.3	
4	Aflatoxin G ₂	0.005	82.8	1.3	0.0025	87.4	7.1	0.0025	103.0	7.9	0.0025	84.0	3.4	0.0025
		0.01	88.8	2.4		88.9	3.3		84.4	3.3		77.2	26.2	
		0.05	83.1	1.1		88.4	2.3		86.9	2.4		85.9	1.0	
5	Deoxynivalenol	0.1	100.5	2.1	0.05	89.0	11.3	0.05	77.4	7.1	0.05	80.1	1.9	0.05
		0.2	87.0	3.9		76.7	3.5		82.7	1.1		80.0	1.9	
		1.0	74.9	5.2		78.5	6.9		79.9	0.5		82.4	1.4	

연 번	대상물질 (Compound)	농도 (mg/ kg)	단미사료(콩)			단미사료(옥수수)			배합사료(양축용)			배합사료(애완용)		
			회수율 (Rec. %)	변동계수 (% CV)	정량한계 (mg/kg)	회수율 (Rec. %)	변동계수 (% CV)	정량한계 (mg/kg)	회수율 (Rec. %)	변동계수 (% CV)	정량한계 (mg/kg)	회수율 (Rec. %)	변동계수 (% CV)	정량한계 (mg/kg)
6	Fumonisin B ₁	0.1	86.7	3.6	0.05	99.0	3.4	0.05	79.4	3.2	0.05	87.1	7.8	0.05
		0.2	78.1	2.8		73.9	1.8		86.7	1.4		77.7	3.7	
		1.0	72.1	1.5		75.0	1.4		83.0	1.1		83.2	4.4	
7	Fumonisin B ₂	0.1	115.6	3.5	0.05	112.3	2.6	0.05	83.8	3.6	0.05	92.8	11.0	0.05
		0.2	88.0	2.9		71.4	4.2		88.5	1.2		85.5	1.7	
		1.0	70.6	5.0		73.3	2.0		85.3	3.1		72.5	1.0	
8	Ochratoxin A	0.02	96.4	1.9	0.01	106.3	1.7	0.01	91.4	3.6	0.01	95.0	2.9	0.01
		0.04	89.3	1.8		76.6	1.7		95.9	3.4		90.0	2.0	
		0.2	82.5	1.2		88.1	0.7		84.9	1.5		86.1	1.0	
9	T-2 toxin	0.1	89.3	2.6	0.05	86.7	3.3	0.05	82.0	2.5	0.05	94.4	3.1	0.05
		0.2	94.7	1.3		90.0	1.3		85.5	2.1		92.8	1.3	
		1.0	93.7	2.0		88.7	1.8		92.2	1.1		92.2	1.0	
10	HT-2 toxin	0.1	86.5	3.1	0.05	72.8	4.4	0.05	103.3	8.1	0.05	113.9	3.1	0.05
		0.2	92.2	4.2		83.2	2.0		87.9	2.7		93.4	3.9	
		1.0	90.2	1.2		89.6	2.7		83.2	1.0		81.8	1.1	
11	Zearalenone	0.025	88.5	3.2	0.0125	70.1	5.9	0.0125	76.3	6.9	0.0125	87.2	9.3	0.0125
		0.05	84.1	4.3		83.3	3.8		83.6	8.6		87.4	8.0	
		0.25	80.5	2.4		89.4	2.1		88.4	1.1		85.8	2.0	

<Inter-Lab>

n=3

연 번	대상물질 (Compound)	농도 (mg/ kg)	단미사료(콩)				단미사료(옥수수)				배합사료(양축용)				배합사료(애완용)			
			회수율 (Recovery %)			변동 계수 (% CV)	회수율 (Recovery %)			변동 계수 (% CV)	회수율 (Recovery %)			변동 계수 (% CV)	회수율 (Recovery %)			변동 계수 (% CV)
			Lab1	Lab2	Lab3		Lab1	Lab2	Lab3		Lab1	Lab2	Lab3		Lab1	Lab2	Lab3	
1	Aflatoxin B ₁	0.005	83.7	85.1	84.0	0.9	83.7	99.5	74.0	15.0	83.8	99.5	78.0	12.8	82.6	85.1	72.8	8.1
		0.01	78.8	78.5	77.0	1.2	86.3	102.5	83.0	11.5	78.4	102.5	73.0	18.5	81.9	78.5	72.1	6.4
		0.05	85.5	77.9	77.0	5.8	86.3	90.1	80.6	5.6	81.7	90.1	76.2	8.5	83.8	77.9	72.0	7.6
2	Aflatoxin B ₂	0.005	85.3	80.3	82.0	3.1	77.0	90.1	72.0	11.7	85.6	90.1	80.0	5.9	92.5	80.3	74.7	11.0
		0.01	87.0	76.3	76.0	7.9	81.5	95.8	81.0	9.8	79.7	95.8	78.0	11.6	86.1	76.3	73.0	8.7
		0.05	86.6	81.7	77.2	5.7	83.7	80.9	82.4	1.7	84.0	80.9	76.8	4.5	86.0	81.7	73.3	8.0
3	Aflatoxin G ₁	0.005	77.8	83.8	88.0	6.2	71.0	100.8	70.0	21.7	88.7	100.8	82.0	10.5	89.0	88.8	73.4	9.7
		0.01	85.4	80.8	78.0	4.6	79.9	99.6	83.0	12.1	76.1	99.6	76.0	16.2	87.1	80.8	71.7	9.7
		0.05	87.2	78.3	79.2	6.0	86.1	91.2	82.6	5.0	88.7	91.2	76.4	9.3	89.4	78.3	74.4	9.6
4	Aflatoxin G ₂	0.005	82.8	84.5	70.0	10.0	87.4	90.8	70.0	13.5	103.0	90.8	80.0	12.6	84.0	84.5	73.0	8.1
		0.01	88.8	77.8	73.0	10.2	88.9	98.5	81.0	9.8	84.4	98.5	75.0	13.7	77.2	77.8	71.8	4.4
		0.05	83.1	79.5	77.2	3.7	88.4	85.6	84.0	2.6	86.9	85.6	75.0	7.9	85.9	79.5	73.2	8.0
5	Deoxynivalenol	0.1	100.5	73.7	84.0	15.7	89.0	81.1	73.2	9.7	77.4	81.1	83.0	3.6	80.1	73.7	77.9	4.2
		0.2	87.0	74.9	76.2	8.4	76.7	92.2	75.8	11.3	82.7	92.2	75.8	9.9	80.0	74.9	75.8	3.6
		1.0	74.9	79.5	72.7	4.6	78.5	76.4	78.7	1.7	79.9	76.4	73.8	4.0	82.4	79.5	71.7	7.1

연 번	대상물질 (Compound)	농도 (mg/ kg)	단미사료(콩)				단미사료(옥수수)				배합사료(양축용)				배합사료(애완용)			
			회수율 (Recovery %)			변동 계수 (% CV)	회수율 (Recovery %)			변동 계수 (% CV)	회수율 (Recovery %)			변동 계수 (% CV)	회수율 (Recovery %)			변동 계수 (% CV)
			Lab1	Lab2	Lab3		Lab1	Lab2	Lab3		Lab1	Lab2	Lab3		Lab1	Lab2	Lab3	
6	Fumonisin B ₁	0.1	86.7	75.3	103.5	16.1	99.0	75.5	99.9	15.2	79.4	75.5	114.5	23.9	87.1	75.3	98.3	13.2
		0.2	78.1	72.0	88.2	10.3	73.9	89.7	89.5	10.7	86.7	89.7	96.6	5.6	77.7	72.0	84.7	8.1
		1.0	72.1	73.7	78.7	4.6	75.0	77.3	83.5	5.6	83.0	77.3	80.1	3.6	83.2	73.7	78.0	6.1
7	Fumonisin B ₂	0.1	115.6	89.5	106.7	12.8	112.3	89.7	86.7	14.5	83.8	89.7	111.9	15.6	92.8	89.5	100.1	5.8
		0.2	88.0	87.0	89.4	1.4	71.4	94.7	84.9	14.0	88.5	94.7	91.1	3.4	85.5	87.0	90.7	3.0
		1.0	70.6	71.1	80.1	7.2	73.3	84.4	80.6	7.1	85.3	84.4	77.0	5.5	72.5	71.1	86.7	11.2
8	Ochratoxin A	0.02	96.4	95.1	76.0	12.8	106.3	101.4	74.4	18.3	91.4	101.4	91.0	6.2	95.0	95.1	79.5	10.0
		0.04	89.3	87.1	76.1	8.4	76.6	113.2	80.7	22.2	95.9	113.2	85.8	14.1	90.0	87.1	73.5	10.5
		0.2	82.5	83.7	81.2	1.5	88.1	98.8	83.6	8.6	84.9	98.8	78.8	11.7	86.1	83.7	71.5	9.7
9	T-2 toxin	0.1	89.3	85.2	84.5	3.0	86.7	89.3	75.5	8.7	82.0	89.3	73.2	9.9	94.4	85.2	71.4	13.9
		0.2	94.7	82.8	77.3	10.5	90.0	101.1	82.0	10.5	85.5	101.1	77.5	13.6	92.8	82.8	70.9	13.4
		1.0	93.7	88.0	78.2	9.1	88.7	87.4	78.4	6.6	92.2	87.4	82.7	5.4	92.2	88.0	75.7	10.1
10	HT-2 toxin	0.1	86.5	97.4	80.8	9.6	72.8	88.6	76.5	10.4	103.3	88.6	96.4	7.7	113.9	97.4	72.7	21.9
		0.2	92.2	88.8	81.2	6.5	83.2	95.2	93.2	7.1	87.9	95.2	88.6	4.4	93.4	88.8	73.4	12.3
		1.0	90.2	89.9	89.1	0.6	89.6	92.5	88.4	4.4	83.2	82.5	78.1	3.4	81.8	89.9	77.9	7.4
11	Zearalenone	0.025	88.5	99.6	97.3	6.2	70.1	91.0	74.4	14.0	76.3	91.0	80.0	9.3	87.2	99.6	77.1	12.8
		0.05	84.1	92.8	80.1	7.5	83.3	112.9	89.9	16.3	83.6	112.9	80.0	19.6	87.4	92.8	75.5	10.4
		0.25	80.5	93.4	76.7	4.1	89.4	96.4	83.9	7.0	88.4	96.4	77.6	10.8	85.8	83.4	79.9	3.6

마. 크로마토그램

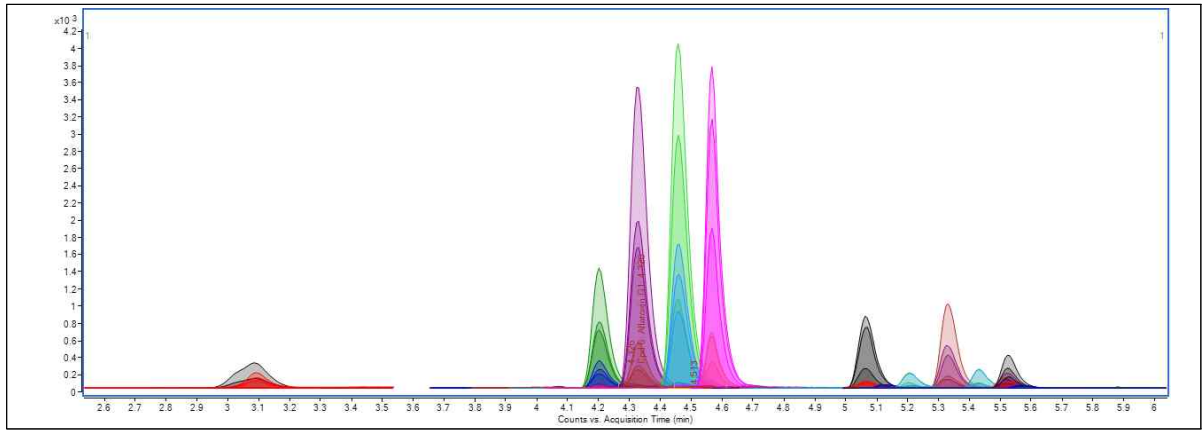


그림. 액체크로마토그래프-질량분석기에서 표준품의 크로마토그램

첨부 2. 사료 중 곰팡이독소 모니터링 결과

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
1	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)개			0.095			
2	배합사료	비육사료	양축용 큰소비육후기		0.457	2.326			0.137
3	배합사료	비육사료	양축용 비육용중송아지		0.663	2.155			0.144
4	배합사료	낙농사료	양축용 건유기젖소		1.126	2.047			0.153
5	단미사료	동물성단백질	동물성-단백질류 어즙흡착사료						
6	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성고양이						
7	단미사료	기타	혼합성-혼합체 혼합성단미사료						
8	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완고양이			0.248			0.020
9	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)개			0.434			
10	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖이 동물 어류용 애완개		0.282	0.515			0.025
11	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	양축용 큰개		0.236	0.626			0.031
12	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성고양이						
13	단미사료	기타	혼합체 혼합성보조사료						

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
14	단미사료	기타	미생물체 바실러스서브틸리스		0.542				
15	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)개						
16	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개			0.647			
17	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)개						
18	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완어린개						
19	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)고양이						
20	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성고양이		0.118	0.091			
21	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)고양이		0.080				
22	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완어린개		0.128	0.142			
23	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성고양이						
24	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완어린개		0.067	1.132			
25	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)고양이			0.164			
26	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완고양이						

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
27	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)개						
28	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)개						
29	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개						
30	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)개						
31	배합사료	양돈사료	양축용 육성돈전기		0.053				
32	배합사료	양계사료	양축용 산란용중병아리		0.293	0.660			0.037
33	단미사료	강피류	식물성-강피류 대두피			0.060			
34	배합사료	양계사료	양축용 산란계산란중기		0.162	0.272			
35	배합사료	양계사료	양축용 육계전기			0.140			
36	단미사료	기타	혼합제 혼합성보조사료		0.054	0.364			0.024
37	배합사료	양계사료	양축용 산란계산란초기		0.228	0.349			0.023
38	배합사료	양계사료	양축용 산란용어린병아리		0.212	0.396			0.099
39	단미사료	식물성박류	식물성-박류 옥수수글루텐			0.043		0.040	

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
40	배합사료	비육사료	양축용 큰소비육전기		0.201	0.289			
41	배합사료	양돈사료	양축용 육성돈전기		0.061	0.340			
42	단미사료	무기물	광물성-식염류 가공소금						
43	배합사료	양돈사료	양축용 육성돈전기		0.071	0.179			
44	배합사료	양계사료	양축용 닭 육용종계어린병아리		0.141	0.111			
45	배합사료	비육사료	반추동물용 배합사료 큰소비육중기		2.311	6.390			2.079
46	배합사료	비육사료	반추동물용 배합사료 섬유질큰소비육전기		4.807	23.422			4.562
47	단미사료	식물성박류	식물성(박류) 채종박(카놀라박)		0.079				
48	단미사료	강피류	식물성(강피류) 단백피(옥수수글루텐피드)		3.478	10.486			1.416
49	단미사료	강피류	식물성(강피류) 단백피(옥수수글루텐피드)		0.695	0.850			0.099
50	단미사료	식물성박류	식물성(박류) 옥수수글루텐		0.118	2.808			0.667
51	단미사료	식물성박류	식물성(박류) 전분박						

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
52	단미사료	곡류	식물성(건과종실류 면실)						0.051
53	단미사료	식물성박류	식물성(박류) 주정박		0.803	1.695			0.142
54	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의동물 어류용 애완육성개						
55	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의동물 어류용 애완육성개		0.078	0.243			0.082
56	배합사료	양돈사료	양축용 / 이유돈전기			0.421			0.026
57	배합사료	양돈사료	양축용 / 이유돈후기		0.474	0.716			0.089
58	배합사료	양돈사료	양축용 / 육성돈후기		0.173	0.243			0.026
59	배합사료	양돈사료	양축용 / 임신모돈		0.214	0.733			
60	배합사료	양돈사료	양축용 / 포유모돈		0.103				
61	배합사료	양돈사료	양축용 / 이유돈전기		0.142	0.795			
62	배합사료	양돈사료	양축용 / 육성돈전기		0.446	1.345			0.025
63	배합사료	양돈사료	양축용 / 육용오리후기		0.288	0.344			0.014
64	배합사료	양계사료	양축용 / 산란계란초기		0.311	0.644			
65	배합사료	양돈사료	양축용 / 임신모돈		1.069	0.498			0.078
66	배합사료	양돈사료	양축용 / 포유모돈		0.701	0.204			0.064
67	배합사료	양돈사료	양축용 / 육성돈전기		0.547	0.867			0.055
68	단미사료	기타	미생물제 / 유익균합제		0.317	0.808			0.015
69	배합사료	양계사료	양축용 / 산란계산란증기			0.173			
70	배합사료	비육사료	양축용 / 고기소임신우		1.198	0.317			0.088

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
71	배합사료	낙농사료	양축용 / 젓소큰송아지		1.072	0.807			0.068
72	단미사료	기타	보존제 / 구연산						
73	단미사료	기타	향미제 / 포도당(글루코오스)						
74	단미사료	기타	향미제 / 포도당(글루코오스)						
75	단미사료	기타	추출제 / 키토산						
76	단미사료	기타	추출제 / 글루칸						
77	단미사료	기타	추출제 / DL-사과산						
78	단미사료	기타	미생물제 / 미생물제 합제						
79	단미사료	무기물	규산염제 / 맥반석						
80	단미사료	기타	혼합성-혼합제 / 혼합성 단미사료						
81	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개						
82	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완(큰)어른개		0.232	1.228			0.097
83	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개		0.306	1.205			0.125
84	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개			0.190			0.061
85	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개			0.314			

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
86	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개						
87	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개			0.176			
88	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개		0.072	0.243			0.019
89	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완(큰)어른고양이			0.175			0.051
90	단미사료	기타	혼합성-혼합제 / 혼합성 단미사료						
91	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개			0.072			
92	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완(어른)개			0.852			
93	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완(어린)개			0.686			
94	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개			0.268			
95	단미사료	기타	혼합성-혼합제 / 혼합성 단미사료						
96	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개			0.142			0.311
97	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완애완개			0.948			
98	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개			0.749			0.073

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
99	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완(큰)어른개			2.073			0.109
100	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완(큰)어른개			0.656			0.095
101	단미사료	동물성단백질	동물성 / 단백질류 육골포						
102	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개			0.066			
103	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개		0.297	0.150			
104	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	양축용 / 어린개			0.500			
105	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	양축용 / 육성개		0.355	0.268			
106	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	양축용 / 육성개						
107	단미사료	동물성단백질	동물성-단백질류 육포						
108	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완고양이						
109	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완(어린)고양이						
110	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개						
111	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개			0.389			
112	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완고양이			0.484			
113	배합사료	양계사료	산란계산란초기		0.976	0.501			0.099

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
114	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개						
115	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개			0.428			
116	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완어린개			0.683			
117	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완어린개		0.181	1.054			
118	단미사료	동물성단백질	동물성 단백질류 / 육포						
119	단미사료	동물성단백질	동물성 - 단백질류 / 육골포						
120	단미사료	기타	혼합성- 혼합제 / 혼합성 단미사료						
121	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완고양이						
122	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완어린개						
123	단미사료	식물성박류	식물성 - 섬유질류 / 감귤박						
124	단미사료	식물성박류	식물성 - 섬유질류 / 감귤박						
125	단미사료	동물성단백질	동물성 - 단백질류 / 어분						
126	단미사료	동물성단백질	동물성 - 단백질류 / 새우분						
127	배합사료	비육사료	양축용 / 큰소비육전기			2.071			0.430

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
128	배합사료	낙농사료	양축용 / 젓소큰송아지			1.843			0.468
129	배합사료	양돈사료	양축용 / 이유돈후기		0.301	0.383			0.065
130	단미사료	강피류	식물성 - 섬유질류(섬유질 가공사료)			0.119			0.038
131	단미사료	강피류	식물성 - 섬유질류(섬유질 가공사료)						
132	단미사료	강피류	식물성 - 강피류			0.122			0.023
133	단미사료	강피류	식물성 - 강피류 대두피			0.122			
134	단미사료	강피류	식물성 - 강피류 옥수수단백피 옥수수글루텐피드			1.886			
135	단미사료	식물성박류	식물성 - 박류 / 옥수수 글루텐			1.044			0.015
136	단미사료	무기물	규산염제 / 제올라이트						
137	배합사료	양돈사료	육성돈 후기			1.362			0.081
138	배합사료	비육사료	양축용 / 번식용큰송아지			0.669			0.051
139	배합사료	비육사료	양축용 / 큰소비육전기			1.452			0.057
140	단미사료	강피류	식물성 - 강피류 / 혼합강피류						
141	단미사료	강피류	식물성 - 강피류 / 대두피			0.242			0.033

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
142	단미사료	식물성박류	식물성 - 박류 / 옥수수 글루텐			0.074			
143	단미사료	강피류	식물성 - 섬유질류 / 섬유질 발효사료						0.130
144	단미사료	무기물	광물성 - 인산염류 및 칼슘 염류 석리석분만						
145	단미사료	기타	아미노산제 / L-트립토판						
146	배합사료	비육사료	반추동물섬유질 고기소입신우			0.786			0.313
147	배합사료	비육사료	반추동물섬유질 큰소비육증기			0.506			0.069
148	단미사료	기타	양축용 농가자가 배합사료원료			1.345			0.121
149	단미사료	기타	식물성 - 식품가공 부산물류 제과/제빵/제면부산물						
150	단미사료	기타	프리믹스용 농가자가 배합사료원료						
151	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	반추동물용 섬유질 비육용(중)송아지			0.842			0.107
152	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	반추동물용 섬유질 비육용(중)송아지			1.071			0.178
153	배합사료	비육사료	반추동물용 섬유질 고기소입신우			1.007			0.213

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
154	배합사료	비육사료	양축용 큰소비육전기		1.169	2.663			0.463
155	단미사료	강피류	식물성 - 강피류 옥수수단백피(옥수수글루 텐피드)			2.067			
156	배합사료	비육사료	양축용 고기소임신우			3.036			0.085
157	배합사료	낙농사료	양축용 젖소어린송아지		0.848	2.993			0.905
158	배합사료	양돈사료	양축용 포유모돈			2.059			
159	배합사료	양계사료	양축용 산란계산란증기		0.294	0.756			0.035
160	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	양축용 육성염소(산양)			2.503			0.154
161	단미사료	기타	식물성 - 식품가공 부산물류 제과/제빵/제면부산물						0.054
162	단미사료	식물성박류	식물성 - 박류 / 옥수수 글루텐			1.475			0.028
163	단미사료	식물성박류	식물성 - 박류 / 주정박		1.290	1.966			0.390
164	단미사료	곡류	식물성 콩류 대두			0.067			0.028
165	배합사료	양계사료	산란계산란말기						
166	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개						

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
167	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개		0.757	3.282			0.048
168	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	양축용 큰개		1.026				
169	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완(큰)어른개		1.936	1.003			0.482
170	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완(큰)어른개						
171	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완(어린)고양이		0.851	2.898			0.139
172	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완(큰)어른개		0.824	2.992			0.142
173	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완(어린)개			0.211			
174	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개						
175	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개						
176	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개		19.529	2.564			17.268
177	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개						
178	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개						
179	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완고양이		0.053	0.084			0.017

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
180	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개			0.218			
181	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완(어린)개			0.905			
182	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)개			0.531			0.064
183	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완고양이			0.822			
184	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)개			0.249			
185	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)고양이			0.781			
186	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개			0.822			0.024
187	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완(큰)어른개			2.214			
188	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개			1.778			
189	단미사료	곡류	식물성 - 곡류 / 옥수수						
190	단미사료	곡류	식물성 - 곡류 / 밀(소맥)			0.101			
191	단미사료	곡류	식물성 - 곡류 / 옥수수						0.016
192	단미사료	곡류	식물성 - 곡류 / 보리(대맥)		18.785	7.958			18.113
193	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완고양이						

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
194	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)개						
195	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)개			0.160			0.022
196	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)개			0.440			
197	단미사료	기타	아미노산제 / L-라이신염산염			0.195			
198	단미사료	기타	비타민염산염						
199	단미사료	기타	아미노산제 / L-라이신황산염						
200	단미사료	강피류	식물성 - 강피류 / 밀기울(소맥피)		0.464	0.410			0.060
201	단미사료	식물성박류	식물성 - 박류 / 주정박			0.301			
202	단미사료	기타	아미노산제 / L-발린						
203	단미사료	식물성박류	식물성 - 박류 / 주정박			0.174			
204	단미사료	식물성박류	식물성 - 박류 / 주정박			1.944			
205	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)개						
206	단미사료	기타	비타민제 / 비타민D 분말(칼시페롤분말)			0.635			0.079
207	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)고양이						
208	배합사료	비육사료	반추동물용 섬유질 큰소비육전기			1.593			0.046

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
209	단미사료	기타	향미제 / 사카린 나트륨						
210	단미사료	식물성박류	식물성 - 견과 / 종실류 면실		0.584	1.608			0.055
211	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개			0.139			
212	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완어린개			0.417			
213	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개			0.306			0.032
214	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개			0.403			0.026
215	배합사료	양계사료	양축용 산란용큰병아리			0.455			0.032
216	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	양축용 큰개			0.113			0.028
217	배합사료	양계사료	양축용 산란계산란중기						
218	배합사료	비육사료	양축용 고기소임신우		0.986	3.184			0.216
219	배합사료	비육사료	양축용 큰소비육전기			2.697			0.186
220	배합사료	낙농사료	양축용 비유초기젖소			2.648			0.355
221	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완어린개						

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
222	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완어린개			0.569			0.016
223	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성고양이			0.610			0.022
224	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완고양이			0.310			0.017
225	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)개						
226	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완어린고양이						
227	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개			1.208			0.026
228	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완어린개			0.104			
229	단미사료	강피류	식물성-강피류 옥수수단백피(옥수수글루 텐피드)			5.847			1.709
230	단미사료	식물성박류	식물성-박류 팜유박(팜박)						
231	단미사료	식물성박류	식물성-박류 야자박(코코넛박)	0.159					
232	단미사료	식물성박류	식물성-박류 해바라기씨박						
233	단미사료	식물성박류	식물성-박류 옥수수글루텐		1.379	0.609			0.931
234	단미사료	강피류	식물성-강피류 혼합강피류				0.061		

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
235	배합사료	비육사료	반추동물용 섬유질 큰소비육전기		11.383	10.117			6.636
236	단미사료	강피류	식물성-강피류 옥수수단백피(옥수수글루 텐피드)		2.038	2.794			1.556
237	단미사료	곡류	식물성-곡류 옥수수			0.090			
238	배합사료	비육사료	반추동물용 섬유질 큰소비육전기		13.181	7.350			18.645
239	단미사료	식물성박류	식물성-박류 팜유박(팜박)						
240	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개			0.944			0.087
241	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개			0.396			0.055
242	단미사료	식물성박류	식물성-박류 맥주박		1.495	2.005			0.210
243	단미사료	식물성박류	식물성-박류 아몬드박						
244	단미사료	곡류	식물성-곡류 밀(소맥)						
245	단미사료	강피류	연맥건초						
246	단미사료	강피류	식물성-섬유질류 알팔파(베일, 펠릿, 큐브포 합)						

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
247	단미사료	식물성박류	식물성-박류 참깨박(호마박)						
248	단미사료	곡류	식물성-콩류/루핀						
249	단미사료	강피류	식물성-섬유질류 에뉴얼라이그라스						
250	단미사료	곡류	식물성-콩류 완두						
251	단미사료	식물성박류	식물성-박류 채종박(카놀라박)			0.307			
252	배합사료	비육사료	반추동물용섬유질 기타반추동물			0.595			
253	배합사료	낙농사료	반추동물용섬유질 비유초기젖소			0.835			0.130
254	배합사료	양돈사료	양축용 이유돈후기			0.157			0.015
255	배합사료	양돈사료	양축용 육성돈전기		0.118	0.177			0.020
256	배합사료	양계사료	양축용 산란계산란초기			0.226			0.057
257	배합사료	양계사료	양축용 산란용어린병아리						
258	배합사료	낙농사료	양축용 젖소어린송아지			0.635			0.030
259	배합사료	양돈사료	양축용 번식용모돈			0.232			

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
260	배합사료	양계사료	양축용 산란계산란중기			0.251			0.017
261	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	양축용 육성말			0.323			
262	배합사료	낙농사료	양축용 젖소중송아지			1.857			0.238
263	배합사료	낙농사료	양축용 건유기젖소			1.968			0.206
264	배합사료	비육사료	양축용 고기소임신우			1.651			0.215
265	배합사료	비육사료	고기소임신우			0.376			0.023
266	배합사료	낙농사료	양축용 젖소중송아지			1.000			0.045
267	배합사료	낙농사료	양축용 젖소임신우			0.401			0.036
268	배합사료	비육사료	양축용 비육용어린송아지			0.581			0.034
269	배합사료	양계사료	양축용 육계전기			0.116			
270	배합사료	양돈사료	양축용 포유자돈			0.126			
271	배합사료	양돈사료	양축용 이유돈후기			0.217			
272	배합사료	비육사료	반추동물용섬유질 비육용중송아지			0.405			0.055

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
273	배합사료	비육사료	반추동물용섬유질 큰소비육전기		0.273	0.475			0.063
274	배합사료	비육사료	양축용 큰소비육전기		0.635	0.977			0.148
275	배합사료	낙농사료	양축용 고능력젖소		0.326	0.588			0.069
276	배합사료	비육사료	양축용 비육용중송아지		1.010	1.077			0.177
277	배합사료	비육사료	양축용 큰소비육전기		0.814	1.242			0.182
278	배합사료	양돈사료	양축용 비육돈전기		0.142				
279	배합사료	양돈사료	양축용 이유돈후기		0.423	0.170			0.095
280	배합사료	낙농사료	반추동물용섬유질 비유초기젖소		0.138	0.127			
281	배합사료	비육사료	반추동물용섬유질 비육용중송아지		1.034	2.146			0.299
282	배합사료	비육사료	반추동물용섬유질 기타반추동물		0.801	0.428			0.029
283	배합사료	비육사료	양축용 고기소임신우		0.493	0.370			
284	배합사료	낙농사료	양축용 젖소큰송아지		0.799	0.206			0.024
285	배합사료	양돈사료	양축용 이유돈후기		0.344	0.873			0.014

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
286	단미사료	식물성박류	식물성-박류 대두박						
287	단미사료	식물성박류	식물성-박류 대두박						
288	단미사료	동물성단백질	동물성-단백질류 계란분말						
289	단미사료	강피류	식물성-섬유질류 섬유질발효사료			0.159			0.025
290	단미사료	기타	혼합성 보조사료						
291	단미사료	기타	혼합성-혼합제 혼합성단미사료						
292	단미사료	강피류	식물성-강피류 밀기울(소맥피)						
293	단미사료	기타	혼합성-혼합제 혼합성단미사료						
294	단미사료	기타	추출제 유카추출물						
295	단미사료	기타	식물성-식품가공부산물 류 제과/제빵/제면부산물						
296	단미사료	무기물	규산염제 견운모						
297	단미사료	기타	식물성-식품가공부산물 류 조미료부산물						

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
298	단미사료	기타	식물성-식품가공부산물류 비타민류가공부산물			1.462			0.097
299	단미사료	동물성단백질	동물성-단백질류 어분						
300	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완고양이			0.544			0.017
301	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완어린개						
302	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개			0.099			
303	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개			0.068			
304	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개						
305	단미사료	기타	혼합성-혼합제 혼합성단미사료						
306	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)개		0.138	0.461			0.024
307	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)개		0.650	0.323			0.021
308	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성고양이						0.013
309	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개		0.089				
310	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개						

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
311	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성고양이		0.138	0.952			0.033
312	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개			0.499			0.013
313	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완어린개		0.176	0.938			0.017
314	단미사료	동물성단백질	동물성-단백질류 건어포						
315	단미사료	기타	혼합성-혼합제 혼합성단미사료						
316	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개		0.104				0.014
317	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)고양이			0.408			0.016
318	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)고양이			0.281			
319	단미사료	기타	혼합성-혼합제 혼합성단미사료						
320	단미사료	기타	혼합성-혼합제 혼합성단미사료						
321	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)개						
322	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개						
323	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개						

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
324	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개						
325	단미사료	무기물	광물성-인산염류및칼슘 염류 석회석분말						
326	배합사료	양돈사료	양축용 포유모돈		0.157	0.122			
327	배합사료	양돈사료	양축용 육성돈후기		0.258	0.135			0.019
328	배합사료	양돈사료	양축용 육성돈전기		0.311	0.130			0.014
329	단미사료	기타	미생물제 바실러스서브틸리스						
330	단미사료	무기물	광물성-인산염류및칼슘 염류 석회석분말						
331	단미사료	식물성박류	식물성-박류 대두박						
332	배합사료	양계사료	양축용 산란계산란초기		0.091	0.145			
333	단미사료	무기물	광물성-인산염류및칼슘 염류 석회석분말						
334	단미사료	식물성박류	식물성-박류 옥수수글루텐			0.758			0.041

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
335	단미사료	곡류	식물성-곡류 밀1차가공품						
336	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	양축용 큰개			1.348			
337	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	양축용 큰개		0.142	0.343			0.076
338	단미사료	동물성단백질	동물성-단백질류 육포						
339	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완고양이			0.948			0.067
340	단미사료	동물성단백질	동물성-단백질류 육포						
341	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완고양이		0.129	0.506			0.036
342	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완어린개		0.264	0.295			0.032
343	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완고양이		0.094	0.230			
344	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완고양이		0.076	0.330			0.039
345	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완어린개			0.257			
346	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완어린개			0.244			
347	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)개			0.427			0.015

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
348	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개						
349	단미사료	동물성단백질	동물성-단백질류 육포						
350	단미사료	동물성단백질	동물성-단백질류 육포						
351	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완고양이		0.123	0.331			0.024
352	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개						0.017
353	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완고양이						0.020
354	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개						0.030
355	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개		0.518	0.276			0.030
356	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)고양이						
357	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개			0.922			0.034
358	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개			0.322			0.024
359	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개						
360	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개		0.184	0.402			0.049

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
361	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성고양이						
362	단미사료	동물성단백질	동물성-단백질류 육어포						
363	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	양축용 큰개		0.586	1.979			0.138
364	배합사료	양돈사료	양축용 포유모돈		0.348	0.493			0.036
365	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개		0.194	0.348			0.021
366	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개			0.276			0.030
367	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완어린고양이			1.829			0.022
368	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완고양이			0.140			0.020
369	배합사료	양계사료	양축용 육계전기		0.182	0.409			0.034
370	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)개						
371	배합사료	양계사료	양축용 육계후기		0.374	0.496			0.042
372	배합사료	양계사료	양축용 산란계산란초기		0.318	0.550			0.028
373	단미사료	동물성단백질	동물성-단백질류 어분						

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
374	배합사료	비육사료	반추동물용섭유질 비육용중송아지			0.066			
375	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개						
376	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	양축용 어린개						
377	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개						
378	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)개			0.613			
379	단미사료	기타	기타-남은음식물 남은음식물사료						
380	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개			0.050			
381	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개			0.482			
382	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개			0.109			
383	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개		0.133	0.658			0.086
384	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완고양이		0.071	0.574			
385	단미사료	동물성단백질	동물성-단백질류 육분						
386	배합사료	양돈사료	양축용 포유자돈			0.080			

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
387	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완고슴도치			0.059			
388	단미사료	기타	혼합성-혼합제 혼합성단미사료						
389	배합사료	양돈사료	양축용 육성돈전기			0.233			
390	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성고양이			0.434			
391	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개		0.279	0.380			0.047
392	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	양축용 큰개						
393	배합사료	양돈사료	양축용 이유돈후기		0.388	0.337			0.022
394	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)개						
395	단미사료	식물성박류	식물성-박류 옥수수글루텐			1.740			
396	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완어린개						
397	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완어린개						
398	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개						
399	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)개						

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
400	배합사료	양돈사료	양축용 이유돈후기		0.212	0.340			0.018
401	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	양축용 큰개			0.051			
402	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)개			1.159			0.019
403	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)개						
404	배합사료	양돈사료	양축용 육성돈후기		0.692	0.331			0.027
405	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)개			0.717			
406	단미사료	강피류	식물성-강피류 옥수수단백피(옥수수글루 텐피드)		0.941	7.408			
407	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성고양이						
408	단미사료	강피류	식물성-강피류 옥수수단백피(옥수수글루 텐피드)		2.392	1.097			0.015
409	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성고양이			0.262			
410	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	양축용 어린개		0.375	0.246			0.020
411	배합사료	양계사료	양축용 육계후기		0.607	0.771			0.026

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
412	배합사료	양계사료	양축용 육계전기		0.380	0.248			
413	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개		0.325	1.520			0.133
414	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	양축용 어린개		0.336	0.497			
415	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개		0.065	0.427			
416	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개		0.081	0.228			0.043
417	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	양축용 큰개			0.062			
418	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개			0.427			
419	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)개			0.129			
420	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개						
421	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개		0.743	0.832			0.023
422	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개		0.281	1.400			0.047
423	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개		0.566	0.321			
424	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개			0.152			

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
425	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)개						
426	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)개			0.375			
427	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성고양이		0.174	0.872			0.078
428	배합사료	양돈사료	양축용 임신모돈		0.416	0.314			0.050
429	단미사료	기타	혼합성-혼합제 혼합성단미사료						
430	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)고양이			0.074			
431	단미사료	기타	아미노산제 L-트레오닌						
432	단미사료	동물성단백질	동물성-단백질류 육포						
433	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)개			1.627			0.031
434	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개		0.692	1.392			0.143
435	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개		0.450	1.279			0.020
436	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완어린고양이		0.173	0.931			0.039
437	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완어린개		0.455	2.075			0.091

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
438	단미사료	기타	혼합성-혼합제 혼합성단미사료						
439	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개			1.934			0.014
440	단미사료	무기물	보존제 실리카(이산화규소)						
441	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개		0.454	3.273			0.057
442	단미사료	식물성박류	식물성-박류 대두박						
443	배합사료	양돈사료	양축용 이유돈후기		0.273	0.429			0.034
444	단미사료	기타	혼합성-혼합제 혼합성단미사료						
445	배합사료	양돈사료	양축용 번식용모돈		1.274	1.154			0.143
446	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)고양이		0.229	0.690			0.112
447	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성고양이			0.376			0.013
448	단미사료	식물성박류	식물성-박류 팜유박(팜박)						
449	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	양축용 육성개						
450	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)개		1.195	0.756			0.139

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
451	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개			0.385			
452	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개		0.260	0.679			0.058
453	배합사료	양돈사료	프리믹스용 돼지		0.156	0.272			0.028
454	단미사료	식물성박류	식물성-박류 채종박(카놀라박)						
455	단미사료	기타	기타-동물성플랑크톤류 기타-동물성플랑크톤류						
456	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)고양이		0.187	0.802			0.028
457	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완어린개		0.199	1.072			0.018
458	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)개			2.266			0.155
459	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개		0.563	0.611			0.033
460	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개			0.424			
461	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)개			0.226			
462	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)개		0.214	0.690			0.032
463	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개		0.227	0.496			0.019

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
464	단미사료	동물성단백질	동물성-단백질류 육포						
465	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개			0.560			0.060
466	단미사료	기타	혼합성-혼합제 혼합성단미사료		0.234	0.487			
467	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)개			1.858			0.098
468	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	양축용 육성개		0.484	0.853			0.081
469	단미사료	기타	향미제 포도당(글루코오스)						
470	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완고양이		0.226	0.612			
471	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개						
472	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개						
473	배합사료	양돈사료	양축용 임신모돈		0.435	0.287			0.036
474	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개			0.316			
475	단미사료	동물성단백질	동물성-단백질류 어분						
476	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완어린개		0.162	0.375			

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
477	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개		0.163				
478	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개			0.747			0.057
479	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완고양이			0.478			
480	배합사료	양돈사료	프리믹스용 돼지		0.097	0.383			
481	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)개						
482	배합사료	양계사료	프리믹스용 닭		0.055	0.086			0.020
483	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개/고양이						
484	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개						0.019
485	배합사료	양계사료	프리믹스용 닭						
486	단미사료	동물성단백질	동물성-단백질류 육포						
487	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개			0.101			
488	단미사료	기타	혼합성-혼합제 혼합성단미사료						
489	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 관상조류			0.466	0.011		

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
490	배합사료	비육사료	프리믹스용 고기소		0.074	0.482			0.033
491	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개			0.325			
492	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완어린고양이			0.350			
493	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)개		0.241	0.329			0.024
494	배합사료	낙농사료	프리믹스용 젖소						
495	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완고양이						
496	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	양축용 큰개		0.258	0.215			0.035
497	배합사료	양계사료	양축용 산란용큰병아리		1.583	4.578			0.352
498	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완어린개			0.687			
499	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완어린개			1.478			
500	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)고양이						
501	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완어린고양이						
502	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)고양이						

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
503	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)고양이						
504	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성고양이						
505	단미사료	무기물	광물성-미량광물질류 황산구리(황산동)						
506	단미사료	기타	혼합성-혼합제 혼합성단미사료						
507	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성고양이			0.276			
508	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	양축용 큰개			0.265			0.106
509	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	양축용 어린개		0.286	2.004			0.322
510	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)개		0.755	3.397			0.032
511	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)고양이			0.157			0.026
512	단미사료	무기물	광물성-인산염류및칼슘 염류 석회석분말						
513	단미사료	동물성단백질	동물성-단백질류 육포						
514	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	양축용 육성개		0.705	1.290			0.121
515	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)개			0.365			

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
516	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	양축용 큰개						
517	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완고양이						
518	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완어린개						
519	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개		0.342	0.505			
520	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성고양이		0.856	1.097			0.014
521	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개		0.228	0.303			0.033
522	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개		0.258	0.172			
523	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	양축용 육성개		0.602	1.133			0.097
524	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완어린개						
525	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개						0.034
526	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개		0.244				0.100
527	단미사료	곡류	식물성-곡류 옥수수		0.575				
528	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개		0.222	0.293			0.034

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
529	단미사료	식물성박류	식물성-박류 농축단백질						
530	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개			0.088			0.025
531	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)고양이			0.557			
532	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)고양이			0.464			
533	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개			0.085			0.028
534	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)고양이			0.661			0.075
535	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개			0.095			0.038
536	배합사료	비육사료	반추동물용섬유질 큰소비육전기		1.669	1.986			0.494
537	단미사료	식물성박류	식물성-박류 대두박						
538	단미사료	식물성박류	식물성-박류 농축단백질						
539	배합사료	양돈사료	양축용 비육돈전기		0.704	0.513			0.068
540	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	양축용 큰개		0.386	0.604			0.054
541	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)고양이			0.560			0.082

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
542	배합사료	비육사료	양축용 고기소임신우		1.040	2.008			0.204
543	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개			0.289			0.020
544	배합사료	양계사료	양축용 산란용어린병아리		0.566	0.787			0.092
545	배합사료	양계사료	양축용 육계전기		0.157	0.474			0.015
546	배합사료	비육사료	양축용 고기소임신우		0.466	0.537			0.053
547	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)개			0.423			
548	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개			1.520			0.315
549	배합사료	양돈사료	양축용 이유돈후기		0.264	0.291			0.027
550	배합사료	낙농사료	양축용 젖소큰송아지		1.668	1.058			0.111
551	단미사료	기타	보존제 보존제합제						
552	배합사료	양계사료	양축용 산란계산란중기		0.372	0.623			0.057
553	단미사료	기타	혼합성-혼합제 혼합성단미사료		0.091				
554	배합사료	비육사료	양축용 번식용큰송아지		1.152	1.755			0.354

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
555	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완개/고양이			0.116			
556	배합사료	양계사료	양축용 산란용중병아리		1.239	3.334			0.352
557	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)개		0.385	1.048			0.115
558	배합사료	낙농사료	양축용 젖소어린송아지		2.525	3.668			2.212
559	배합사료	비육사료	양축용 비육용중송아지		2.075	4.790			0.669
560	배합사료	양돈사료	대용유용 양돈용						
561	배합사료	양돈사료	양축용 이유돈전기		0.241	0.402			0.029
562	단미사료	기타	혼합제 혼합성보조사료						0.075
563	배합사료	양계사료	양축용 육용오리후기		0.479	0.646			0.061
564	배합사료	양계사료	양축용 산란계산란초기		0.409	1.355			0.107
565	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개			0.425			0.042
566	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성햄스터			0.371			
567	배합사료	비육사료	양축용 번식용큰송아지		1.281	3.456			0.394

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
568	배합사료	비육사료	양축용 고기소입신우		0.767	0.965			0.087
569	배합사료	양돈사료	양축용 이유돈전기		0.397	1.214			0.143
570	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	양축용 큰개						
571	단미사료	기타	완충제 완충제합제						
572	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성고양이			0.153			
573	단미사료	기타	완충제 완충제합제						
574	배합사료	양돈사료	양축용 포유자돈		0.061	0.345			0.020
575	배합사료	낙농사료	양축용 건유기젖소		0.770	0.834			0.033
576	배합사료	낙농사료	양축용 젖소큰송아지		0.802	0.642			0.038
577	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성고양이		0.071	0.593			
578	배합사료	양계사료	양축용 번식용큰송아지		2.941	5.985			1.370
579	배합사료	양계사료	양축용 산란계산란초기		0.225	0.222	0.018		
580	배합사료	양돈사료	양축용 이유돈후기		0.411	0.835			0.059

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
581	배합사료	낙농사료	양축용 고능력젖소			0.288			0.027
582	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완어린개		0.154	0.782			0.061
583	배합사료	양돈사료	양축용 이유돈후기		0.091	1.513			0.021
584	배합사료	양돈사료	양축용 육성돈전기		0.153	0.891			0.014
585	배합사료	양돈사료	양축용 포유모돈		0.239	0.606			0.031
586	배합사료	양계사료	양축용 산란용중병아리		0.379	1.007			0.051
587	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	양축용 어린개		0.210	0.067			0.022
588	배합사료	양돈사료	양축용 육성돈전기						
589	단미사료	기타	혼합성-혼합제 혼합성단미사료						
590	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)고양이			0.387			
591	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성고양이			0.316			
592	배합사료	양계사료	양축용 산란용어린병아리		0.243	0.550			0.036
593	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완고양이						

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
594	단미사료	기타	혼합성-혼합제 혼합성단미사료						
595	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개		0.055				
596	배합사료	양돈사료	양축용 육성돈전기		0.274	0.445			0.015
597	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)고양이			0.704			0.017
598	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완어린고양이			0.370			
599	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완어린개		0.149	0.334			0.042
600	단미사료	식물성박류	식물성-박류 참깨박(호마박)						
601	단미사료	동물성단백질	동물성-단백질류 육분						
602	단미사료	기타	향미제 향미제합제						
603	단미사료	식물성박류	식물성-박류 팜유박(팜박)						
604	단미사료	동물성단백질	동물성-단백질류 육분						
605	단미사료	동물성단백질	동물성-단백질류 육골분						
606	단미사료	식물성박류	식물성-박류 해바라기씨박						

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
607	단미사료	동물성단백질	동물성-단백질류 육골분						
608	단미사료	기타	혼합성-혼합제 혼합성단미사료						
609	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성고양이			0.090			0.027
610	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	양축용 육성개			0.290			0.031
611	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성고양이			0.057			
612	단미사료	강피류	식물성-강피류 옥수수단백피(옥수수글루 텐피드)		2.160	4.530			1.170
613	배합사료	양계사료	양축용 산란계산란초기		0.583	0.069			0.102
614	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완고양이		0.156	0.733			0.127
615	배합사료	양돈사료	양축용 포유모돈		0.255	0.176			0.081
616	배합사료	양계사료	양축용 산란계산란중기		0.526	0.213			0.063
617	배합사료	비육사료	양축용 고기소포유우		0.556	0.335			0.021
618	단미사료	기타	아미노산제 아미노초산(글라이신)						
619	단미사료	식물성박류	식물성-견과/종실류 면실						

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
620	단미사료	무기물	광물성-인산염류및칼슘염류 혼합인산칼슘(MDCP)						
621	단미사료	기타	혼합성-혼합제 혼합성단미사료						0.041
622	단미사료	강피류	식물성-강피류 면실피						
623	단미사료	무기물	광물성-인산염류및칼슘염류 석회석분말						
624	단미사료	기타	아미노산제 L-라이신황산염						
625	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완어린개						
626	단미사료	식물성박류	식물성-박류 대두박						
627	단미사료	동물성단백질	동물성-단백질류 육포						
628	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)개			0.703			
629	단미사료	기타	식물성-식품가공부산물 류 과실류가공부산물						
630	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개						

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
631	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개						
632	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완큰(어른)개			0.671			
633	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완어린고양이			0.055			0.017
634	배합사료	비육사료	양축용 고기소입신우		0.364	0.394			
635	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개						
636	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개						
637	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성고양이						
638	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개						
639	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개						
640	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개						
641	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	그밖의 동물 어류용 애완육성개						
642	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	폴무원 아미오 슬림업 오리		0.058	0.283			
643	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	폴무원 아미오 스킨엔뷰티 연어		0.155				

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
644	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	폴무원 아미오 홀리스틱 어덜트		0.242	0.171			
645	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	폴무원 아미오 오리진 올라이프						
646	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	폴무원 아미오 홀리스틱 퍼피		0.280	0.117			
647	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	폴무원 아미오 홀리스틱 시니어		0.125	0.399			
648	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	ANF 6프리켓 인도어키텐			0.087			
649	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	ANF 6프리플러스 양고기&쌀		0.058	0.719			0.036
650	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	ANF 6프리 인도어 어덜트켓			0.367			
651	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	ANF 6프리 웨이트케어 켓			0.366			
652	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	ANF 6프리플러스 오리&연어			0.400			0.024
653	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	ANF 6프리플러스 연어&흰살생선			0.472			0.023
654	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	ANF 6프리플러스 소고기&연어			0.456			0.029
655	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	하루애 수제사료 황태&양고기						
656	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	하루애 수제사료 황태오리고기						

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
657	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	하루애 수제사료 황태소고기						
658	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	하루애 수제사료 황태연어						
659	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	트루라인 Meat&fish						
660	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	트루라인 fish						
661	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	네추럴코어 소프트델리 피부&면역기능		0.309	0.102			
662	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	네추럴코어 소프트델리 칠면조			0.187			
663	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	네추럴코어 소프트델리 연어		0.310	0.132			
664	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	네추럴코어 소프트델리 치킨		0.366	0.162			
665	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	페로 하이미트						
666	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	페로 슈퍼센시티브			0.092			
667	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	빈티지 오븐프레쉬 칠면조&청어						
668	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	보나시보켓 라이트&중성화			0.750			
669	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	보나시보켓 어덜트양고기쌀			0.437			
670	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	보나시보켓 키튼			0.366			
671	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	네추럴코어 에코 9a 시니어 오리		0.059	0.070			

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
672	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	네추럴코어 에코 9b 시니어 연어		0.207	0.067			
673	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	네추럴코어 M50 멀티프로테인			0.214			
674	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	네추럴코어 에코 1 양고기			0.267			
675	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	네추럴코어 에코 2 오리고기			0.217			
676	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	네추럴코어 M32 멀티프로테인		0.087				0.017
677	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	네추럴코어 에코7 센시티브 양고기		0.311	0.170			
678	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	네추럴코어 에코5b 피피연어			0.108			
679	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	네추럴코어 베네 3012		0.133	0.279			
680	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	네추럴코어 베네 M70 멀티프로테인		0.154	0.178			
681	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	네추럴코어 슬립다운			0.788			
682	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	피니키 독 그레이프리 살몬						
683	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	피니키 독 그레이프리 램						
684	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	피니키 연어		0.070	0.167			
685	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	피니키 양고기			0.174			
686	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	피니키 가수분해 오리		0.093	0.799			
687	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	피니키 소고기		0.208	0.138			

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
688	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	피니키 독 그레이프리 비프						
689	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	피니키 그레이프리 치킨앤살몬						
690	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	피니키 그레이프리 비프앤살몬						
691	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	네추럴코어 허브2 홀리스틱연어			0.156			
692	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	네추럴코어 허브3 홀리스틱칠면조			0.253			
693	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	빈티지 캣 칠면조&청어						
694	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	빈티지 칠면조&청어						
695	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	빈티지 연어&청어						
696	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	네추럴코어 멀티프로테인 오가닉95		0.134	0.185			
697	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	네추럴코어 에코10 베지테리언		0.051	0.486			0.014
698	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	네추럴코어 에코6 센시티브 연어			0.212			
699	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	네추럴코어 에코4 슬립다운 오리			0.231			
700	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	네추럴코어 에코8 노그레이인			0.190			
701	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	네추럴코어 에코5 펄퍼		0.055	0.207			
702	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	네추럴코어 허브1 양고기		0.067	0.101			

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
703	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	맘블레스 연어+ 무곡물(소프트 타입)						
704	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	맘블레스 양고기+ 무곡물						
705	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	맘블레스 연어+ 무곡물						
706	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	맘블레스 오리고기+ 무곡물						
707	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	빈티지 치킨&칠면조						
708	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	피니키 소프트볼 치킨						
709	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	피니키 소프트볼 치킨야채						
710	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	하림 그레인프리 크런치 닭고기 어덜트						
711	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	나우 어덜트 피쉬						
712	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	고우 고 센서티비티+ 샤인 엘아이디 볼락 레시피 DF						
713	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	질캐나다 칠면조						
714	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	질캐나다 연어						
715	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	질캐나다 연어+ 칠면조						
716	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	펠리쿠치나 연어						
717	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	펠리쿠치나 오리고기						
718	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	펠리쿠치나 소고기						

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
719	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	원데이케어 건강한 관절						
720	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	원데이케어 건강한 피부						
721	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	네추럴밸런스 L.I.D 완두& 오리고기 캣 포물라						
722	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	네추럴밸런스 오리지널 울트라 W.B.H 캣 포물라		0.060	0.057			
723	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	네추럴밸런스 인도어 울트라 캣 포물라						
724	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	네추럴밸런스 인도어 연어&병아리콩 캣 포물라						
725	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	네추럴밸런스 L.I.D 완두& 연어 캣 포물라						
726	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	네추럴밸런스 펫 캣 다이어트 포물라						
727	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	네추럴밸런스 닭고기 시니어 포물라(노견,저활동견)						
728	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	네추럴밸런스 L.I.D 고구마&연어						
729	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	네추럴밸런스 L.I.D 감자&오리고기						
730	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	네추럴밸런스 닭고기 포물라						

No.	대분류	중분류	명칭	결과(mg/kg)					
				Aflatoxin sum	Deoxynivalenol	Fumonisin sum	Ochratoxin A	T-2 toxin sum	Zearalenone
731	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	네추럴밸런스 닭고기 피피 포물라						
732	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	네추럴밸런스 L.I.D 닭고기&고구마 포물라						
733	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	트루라인 FISH						
734	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	트루라인 MEAT&FISH(보통입자)						
735	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	트루라인 MEAT&FISH(작은입자)						
736	배합사료	기타사료(애완용사료 포함)	지그니처 송어&연어 포물라						

[별첨 1]

연구개발보고서 초록

과 제 명	(국문) 안전한 사료관리를 위한 곰팡이 독소 동시분석법 개발					
	(영문) Development of multi-analytical method of fungus toxin for feed safety management					
주관연구기관	한경대학교 산학협력단		주 관 연 구	(소속) 한경대학교		
참 여 기 업	(주)피캡코리아		책 임 자	(성명) 문 준 관		
총연구개발비 (1,000,000천원)	계	1,000,000천원	총 연구 기간	2018.7.31. ~ 2020.12.31.(2년5월)		
	정부출연 연구개발비	750,000천원		총 인 원	21명	
	기업부담금	250,000천원	총 참 여 수 연 구 원	내부인원	21명	
	연구기관부담금			외부인원		

○ 연구개발 목표 및 성과

- 사료 내 곰팡이 독소 동시분석법 개발을 통한 사료 품질관리에 소요되는 시간과 비용부담 최소화
- 곰팡이독소 동시분석법을 활용하여 사료의 신뢰성을 높여 안전한 공급을 위한 기반 마련

○ 연구내용 및 결과

- 국내 사료의 허용기준 및 권고기준을 설정되어 있는 아플라톡신(B₁, B₂, G₁, G₂), 데옥시니발레놀, 푸모니신(B₁, B₂), 오크라톡신 A, T-2 toxin, HT-2 toxin 및 제랄레논 등 6종 11성분에 대한 곰팡이독소 동시분석법 개발
- 기존 공전분석방법에서는 유리컬럼, 효소면역친화컬럼 등 비용과 시간이 많이 소모되는 전처리방법을 사용하고 있으며, 이를 비용과 시간을 최소화할 수 있는 QuEChERS방식을 도입하고 개선하여 전처리방법으로 개발
- 각 곰팡이독소를 동시분석할 수 있는 분석기기로 액체크로마토그래피 질량 분석기를 사용하였으며, 실제 현장에서 분석할 경우 모든 시료에 대하여 매질보정을 할 수 없기 때문에 매질효과 감소를 위하여 isotope를 이용
- Isotope의 가격이 바싸기 때문에 pre-treatment injection 방식을 사용하여 내부표준물질을 이용한 분석방법을 선택
- 3개 기관에서 6종 11성분에 대하여 유효성검정한 결과, 유효성 검증 범위를 모두 만족하였음
- 2020년 단미사료 및 배합사료 641개에 대하여 모니터링을 실시하였으며, 오염도 발생 현황과 기준사이의 적정성을 검토하였음

○ 연구성과 활용실적 및 계획

- 사료 공전시험법 내 곰팡이 독소 동시분석법 개정을 통한 사료 품질관리에 소요되는 시간과 비용 부담 최소화
- 곰팡이독소 동시분석법을 활용하여 사료의 신뢰성을 높여 안전한 공급을 위한 기반 마련

[별첨 2]

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호		318071-3	
사업구분	농축산물안전유통관리기술개발사업				
연구분야				과제구분	단위
사업명	농축산물안전생산·유통관리기술개발사업				주관
총괄과제	기재하지 않음			총괄책임자	기재하지 않음
과제명	안전한 사료관리를 위한 고품광이 독소 동시분석법 개발			과제유형	(개발)
연구기관	환경대학교 산학협력단			연구책임자	문준관
연구기간 연구비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차연도	2018.07.31.- 2018.12.31.	150,000	50,000	200,000
	2차연도	2019.01.01.- 2019.12.31.	300,000	100,000	400,000
	3차연도	2020.01.01.- 2020.12.31.	300,000	100,000	400,000
	4차연도				
	5차연도				
	계		750,000	250,000	1,000,000
참여기업	(주)피캡코리아				
상대국		상대국연구기관			

※ 총 연구기간이 5차연도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2021. 01. 28.

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
환경대학교	교수	문준관

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

본인은 평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

확약	
-----------	--

I. 연구개발실적

※ 다음 각 평가항목에 따라 자체평가한 등급 및 실적을 간략하게 기술(200자 이내)

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : (우수)

기존에 없는 동시분석법 개발 및 현장 적용성 검토로 인하여 분석법 검증 완료

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : (우수)

- 동시 전처리에 의한 분석 시간 감소
 - 아플라톡신, 오크라톡신A, 제랄레논 50% 감소
 - 데옥시니발레놀, T-2 toxin 66.66% 감소
 - 푸모니신 50% 감소
 - 전체 성분을 검사할 시, 85.71% 감소
- 표준분석법에 없는 HT-2 toxin 분석법 개발
- 분석 전처리에 필요한 시약 및 재료의 감소로 인한 분석수수료 감소
 - 전체 검사수수료 62.55% 감소
 - 제랄레논, 데옥시니발레놀, T-2 toxin, HT-2 toxin, 푸모니신의 경우, 오크라톡신의 검사수수료로 산정

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : (우수)

- 사료표준분석법 개정으로 인한 분석 시간 및 수수료 감소
- 신속한 곰팡이독소 분석 가능
- 안전한 사료관리

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : (우수)

연구개발 목표를 달성하기 위하여 성실하게 과제 수행

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : (보통)

- 현재 SCI급 1건 비SCI급 3건에 대하여 논문 작성 중에 있음

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
곰팡이 독소 동시분석법 개발	50	100	개발 완료함
사료 중 곰팡이독소 모니터링	20	20	모니터링 완료함
개발된 곰팡이독소 동시분석법 교육	10	0	'코로나19'로 인하여 교육 연기
곰팡이독소 기준의 적정성 검토	20	100	모니터링 결과를 토대로 적정성 검토함
합계	100		

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

- 사료 중 곰팡이독소 동시분석법 개발을 완료하였으며, 적정성 검토 및 실제 시료 검증을 위하여 모니터링을 실시함
- 3개관에서 동일한 방법으로 서로 다른 분석기기를 사용하여 유효성검증을 실시한 결과, 국제적 수준에 적합한 결과를 도출함
- 시험법 개정을 통하여 현장에서 즉시 적용한 분석법 개발이 완료됨

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

- 없음

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

- 사료 중 공전시험법 개정을 통한 공인분석법으로 사용 가능
- 사료검정인정기관 등 사료 공인분석기관의 분석법 교육
- 더

IV. 보안성 검토

○ 모니터링 결과수록에 따라 보고서 보안이 필요하다고 판단됨

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

1. 연구책임자의 의견

○ 국가연구개발혁신법 시행령 제35조 1항에 따라 1년 공개유보(학술지 게재 필요) 및 같은 령 제35조 2항 3호에 따라 3년 공개유보 요청(사료표준분석법 개정 검토 및 모니터링 자료)

2. 연구기관 자체의 검토결과

○ 학술성과(논문) 부분에서 다소 미흡하나 최종적으로 목표했던 동시분석법 개발은 완료함

[별첨 3]

연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input type="checkbox"/> 자유응모과제 <input checked="" type="checkbox"/> 지정공모과제	분 야		
연구과제명	안전한 사료관리를 위한 곰팡이 독소 동시분석법 개발			
주관연구기관	환경대학교 산학협력단	주관연구책임자	문 준 관	
연구개발비	정부출연 연구개발비	기업부담금	연구기관부담금	총연구개발비
	750,000,000원	250,000,000원		1,000,000,000원
연구개발기간	2018.07.31. - 2020.12.31.			
주요활용유형	<input type="checkbox"/> 산업체이전 <input checked="" type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input checked="" type="checkbox"/> 정책자료 <input type="checkbox"/> 기타() <input type="checkbox"/> 미활용 (사유:)			

2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
① 곰팡이독소 동시분석법 개발	개발 완료
② 모니터링을 통한 분석법 검증	검증 완료
③ 허용기준 및 권고기준의 적정성 검토	검토 완료

* 결과에 대한 의견 첨부 가능

3. 연구목표 대비 성과

성과 목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과				교 육 지 도	인 력 양 성	정책 활용·홍보		기 타 (타 연 구 활 용 등)
	특 허 출 원	특 허 등 록	품 종 등 록	건 수	기 술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논문		학 술 발 표	정 책 활 용			홍 보 전 시		
												SC I	비 SC I						논 문 평 균 IF	
단위	건	건	건	건	백 만 원	백 만 원	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	건	명	건	건			
가중치	30	10				10			10				10	10		10				
최종목표	2	1				1			1			2	3		3	1		1		
연구기간내 달성실적	2	0				1			1			1			3	1		0		
달성율(%)	100	0				100			100			50	0		100	100		0		

4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	사료 중 곰팡이독소 동시분석을 위한 QuEChERS 전처리법
②	매질효과 감소를 위한 pre-treatment injection mode의 사용

5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복	외국기술 제	외국기술 소화흡수 개선개량	특허 출원	산업제이전 (상품화)	현장애로 해	정 책 자 료	기 타
①의 기술		√								
②의 기술		√								

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	사료 공전시험법의 적용, 사료 중 곰팡이독소 분석 비용 및 소요시간 절감
②의 기술	사료 공전시험법의 적용, 매질효과 감소에 따른 매질보정 불필요

7. 연구종료 후 성과창출 계획

성과목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권			기술실시 (이전)		사업화					기술인증	학술성과			교육지도	인력양성	정책 활용-홍보		기타 (타연구활용등)
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		논문		학술발표			정책활용	홍보전시	
												SCI	비SCI						
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명				
가중치	30	10				10			10				10	10			10		
최종목표	2	1				1			1			2	3		3	1		1	
연구기간내 달성실적	2	0				1			1			1	0		3	1		0	
연구종료후 성과창출 계획	2	1				0			0			1	3		0	1		1	

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명 ¹⁾			
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	천원
이전방식 ²⁾	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타()		
이전소요기간		실용화예상시기 ³⁾	
기술이전시 선행조건 ⁴⁾			

- 1) 핵심기술이 2개 이상일 경우에는 각 핵심기술별로 위의 표를 별도로 작성
- 2) 전용실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 다른 1인에게 독점적으로 허락한 권리
통상실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 제3자에게 중복적으로 허락한 권리
- 3) 실용화예상시기 : 상품화인 경우 상품의 최초 출시 시기, 공정개선인 경우 공정개선 완료시기 등
- 4) 기술 이전 시 선행요건 : 기술실시계약을 체결하기 위한 제반 사전협의사항(기술지도, 설비 및 장비 등 기술이전 전에 실시기업에서 갖추어야 할 조건을 기재)

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 농축산물안전유통관리기술 개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 농축산물 안전유통관리기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.