

연구과제 연차실적 · 계획서

과 제 명	농식품 안전사고 선제적 대응을 위한 신중유해물질 관리체계 마련					
총연구기간	2018년 9월 ~ 2019년 11월		당해연도 연구기간	2018년 9월 ~ 2018년 11월		
수행부서/ 세부수행부서	시험연구소 안전성분석과 (용역)	연구 책임자	구분	직위	성명	
			정	과장	김동호	
			부	팀장	문지영	
		참여 연구원	직위		성명	
			주무관		김성연	
			주무관		김종찬	
			주무관		김민주	
			연구원		서동연	
참여부서	서울과학기술대학교 산학협력단 (김영준 교수)					
사업구분	단년도 () 다년도 (√)		총 (2)개년 중 (1)차 연도			
연구결과 요약	<p>○ 신중유해물질(A형간염바이러스) 분석법 정립 및 모니터링</p> <ul style="list-style-type: none">- 농산물(과실류, 채소류, 버섯류 등) 총 100건: 불검출 <p>○ 신중유해물질(니코틴) 분석법 정립 및 모니터링</p> <ul style="list-style-type: none">- 농산물(버섯류) 총 103건: 국내산 생버섯(4/25건), 국내산 건조버섯(13/39건), 국외 건조버섯(20/35건), 국외 건조그물버섯(4/4건) 검출되었으나 모두 기준 이내로 적합- 대상시료에 대한 매트릭스 고려한 전처리방법 확립- HPLC, LC/MS/MS, GC/MS를 이용한 분석법 정립- 선택성, 검출한계, 정량한계, 직선성, 정밀성, 정확성, 회수율, 측정불확도 등 유효성 검증- 분석결과를 이용한 노출량 산출 및 위해평가: 버섯종류별 섭취량 적용 시 0.03% 수준으로 매우 안전함 <p>○ 신중유해물질 위해정보 근거 및 정보분석 카테고리 확립</p> <ul style="list-style-type: none">- 국가식품안전정보원, EU RASFF, US FDA, 일본, 중국, 대만, 독일, 해외 주요국가 사이트 등 위해정보 출처 확립- 정보일자, 정보출처, 농산물(대분류/소분류), 원산지, 위해성 분명(대분류/소분류), 검출량 등 위해정보 카테고리 확립 <p>○ 국내외 위해정보 수집 및 평가</p> <ul style="list-style-type: none">- 국내외 위해정보의 수집 및 다빈도 위해정보에 대한 우선순위 설정					

농식품 안전사고 선제적 대응을 위한 신중유해물질 관리체계 마련

1. 연구배경 및 목표

가. 연구배경

1) 채소류 농식품 시장의 확대

- 최근에는 1인 가구 증가로 인한 소포장 농산물 구매가 늘어나면서 다양한 농산물이 신선편이 형태로 상품화 되고 있으며 시장 규모는 2016년 현재 약 1조원 이상으로 추정되고 있음
- 신선편이 농산물과 더불어 냉동 농산물의 국내 시장규모는 연평균 5.3% 성장하고 있으며 (2014년 기준, 1조 5,821억 원/ 2017년 농식품 소비트렌드 분석), 우리나라와 식문화가 비슷한 일본의 경우 냉동과일류와 냉동채소류의 시장 비중이 12.8%를 차지할 정도로 시장의 규모가 증가하고 있어 국내의 냉동 농산물의 시장 또한 지속적인 성장 가능성이 매우 높다고 할 수 있음

2) 채소류 농식품의 식중독 발생 증가

- 채소류 및 과일류는 대부분 익히지 않고 직접 섭취하는 식품으로 미생물학적 안전성의 확보가 대단히 중요하며, 신선 농산물 시장이 비약적으로 증가하는 동시에 신선 농산물 중 유해 미생물 유발 식중독사고 또한 지속적인 증가추세를 보이고 있음
- 우리나라의 국민 1인당 연간 채소 소비량은 150 kg, 과일 소비량은 67.7 kg으로 과거 대비 37% 증가하였으며, 미국의 경우, 채소, 과일류에 관련된 식중독 비율이 1970년대 2%에서 1990년대 6%로 증가하였으며, 1998년부터 2012년까지 채소류 및 과일류에 의한 식중독 발생이 다른 식품류에 비해 압도적으로 높음
- 미국 공익과학센터의 발표에 의하면 지난 20년간 상추, 양상추 등의 샐러드용 녹색채소가 가장 빈번하게 식중독을 일으킨 것으로 보고되었으며, 감자(5위), 토마토 (8위), 새싹채소 (9위), 딸기류 (10위) 등 식중독 유발 상위 10개 식품 중에서 신선 농산물이 5가지가 포함되었으며, 주로 노로바이러스 (64%), 대장균 (10%), 살모넬라균 (10%)이 주원인 미생물로 밝혀지고 있음
- 또한, 유럽 및 북미에서 신선 농산물의 장내세균 오염으로 인하여 많은 인명피해를 일으켰으며 미국의 경우 농산물과 관련된 식중독이 1970년대 0.7%에서 1990년부터 2005년 사이에 13%로 발생빈도가 증가하고 있으며 1990년부터 2005년까지 농산물과 관련된 식중독은 713건에 34,000명의 환자가 발생하였음

- 특히 2006년에 미생물 종류에 따라 작물에 부착하여 일 년까지 생존이 가능함이 밝혀져 신선 농산물의 유해 미생물의 오염은 가열 등의 가공 없이 먹는 신선 농산물 안전성에 대한 불안감이 매우 고조되고 있는 실정임

3) 농산물 식품의 A형 간염바이러스 오염 사례

- A형 간염바이러스는 노로바이러스와 함께 바이러스성 구토 설사병의 주요 바이러스로 알려져 있으며, 분변에 오염된 과일류 및 채소류나 어패류, 식용얼음 및 음용수를 통해 A형 간염바이러스가 사람에게 감염되며 잠복기는 평균 3주정도로 발열, 전신권태감, 근육통 및 복통의 증상을 나타냄
- 국내의 경우, 실제 시중에서 유통 또는 재배된 농산물식품에서 A형 간염바이러스의 검출 및 섭취로 인한 식중독의 발생이 보고되어 있지 않지만, 해외에서는 실제 판매되는 식품에서 A형 간염바이러스의 검출 및 섭취로 인해 소비자가 사망하는 사고가 발생되고 있음
- 국내 신선 채소류와 과일류의 소비자의 수요와 관심이 급증하고 있고 국내에서 유통되는 대부분의 신선편이 농산물 식품류는 영세한 가공업체와 산지 농산물 가공업체에서 소규모로 처리 가공되고 있으므로 품질 및 안전성 제도가 매우 미흡한 현실임
- 특히, 채소류와 과일류의 세척과정에서 반복 재활용되는 세척용수를 통한 미생물의 오염 가능성은 매우 높으며, 이를 통해 A형 간염바이러스와 같은 바이러스의 오염도가 증가할 수 있을 것으로 우려됨

4) 식품안전의 중요성

- 과거의 식품안전 및 품질관리는 법적규격의 적합성을 평가하는 데 중점을 두어 왔다면, 현재는 리스크에 대한 정보를 인지하고, 잠재적인 이슈에 대해서 사전예방적인 관리로 문제가능성을 없애기 위해 노력하는 시스템이라고 할 수 있음
- 소비자가 구매시 고려하는 요인들로서 가장 중요한 부분은 식품안전 및 품질이 우선시 되고 있으며, 최근에는 기업의 사회적 책임 및 지속가능성, 식품보안, 신종유해물질의 관리, 공정무역 및 동물 복지 등 다양한 사항들이 고려되고 있음
- 최근에는 이러한 모든 리스크를 최소화하기 위해 식품안전정보를 수집, 평가, 검증하여 소비자에게 안전한 제품을 제공하려고 최선을 다하고 있지만, 발생가능한 오염물질에 대해서는 대상 성분의 검출량, 국민의 해당 식품의 섭취량, 독성평가 등을 통해 정확한 위해평가 및 체계적인 저감화 전략을 수립하여 관리할 필요가 있음

5) 국내·외 연구 현황

가) A형 간염바이러스

- 질병관리본부 국립보건연구원은 시·도 보건환경연구원 및 의료기관을 중심으로 바이러스 장염에 대한 전국적 실험실 감시체제 운영하고 있으면 노로바이러스 등 4종의 바이러스성 병원체가 2006년부터 지정 전염병 병원체로 승인되었으며, 2007년부터 식중독 바이러스 국가 실험실 운영사업 도입하였으며 집단 설사 사례에서 검출되는 노로바이러스의 실시간 신속 개별 분석체계를 확립하고 분석 자료를 데이터베이스화 해오고 있음
- 또한, CODEX에서는 미생물 위해평가를 위한 risk profile을 구축하여 위해관리를 위한 전반적인 정보 및 과정을 제시하고 있으며 국내에서도 고위험성 식품과 미생물에 대한 risk profile을 구축하여 안전관리 우선순위의 미생물의 관리방안을 구축하려 하고 있으나 세균의 profile이 대부분 이며, 식품에서 A형 간염바이러스의 신속 분리법 및 검출법 개발에 관한 연구가 일부 진행되었으나 대부분 노로바이러스 관련 분석에 관한 연구가 주를 이루고 있으며, 국내 농산물식품의 전반적인 모니터링은 전혀 연구되어 있지 않음
- 국내와 달리 해외에서는 A형 간염바이러스에 의해 오염된 농산물식품에 관한 연구가 1980년대부터 활발히 진행되고 있다. 특히 냉동 식품류 및 신선 채소류에 A형 간염바이러스의 검출 및 역학 조사가 많은 비중을 차지하고 있음

나) 니코틴

- Nicotiana 속에서 주로 발견되는 알칼로이드 화합물인 니코틴(Nicotine)이 많은 식량 작물에서 검출되었고, 니코틴은 니코틴성 아세틸콜린 수용체에서 작용제로 작용하여 유기체에 대한 독성을 가지므로 살충제로 사용되고 있으며, 연구에 따르면 감자(*Solanum tuberosum*), 토마토(*S. lycopersicum*), 가지(*S. melongena*), 고추(*Capsicum annum*)뿐만 아니라 야생버섯과 꽃양배추(*Brassica oleracea*)에서도 니코틴의 존재가 밝혀졌는데, 이러한 결과는 니코틴이 식물과 곰팡이에 널리 분포되어 있음을 시사함
- The European Food Safety Authority (EFSA)이 발표한 설문조사에 따르면 니코틴 농도는 332개의 차 샘플(녹색87개, 검은색 239개, 흰색 6개) 중 274개 샘플에서 검출되었으며 53개 샘플의 함량은 0.01 mg/kg 건조중량(DW)의 기본 최대잔류허용치(MRL)를 초과하는 것으로 나타났는데, 다른 여러 연구에서는 차에서 0에서 28.01 mg/kg DW의 범위 농도의 니코틴이 검출되었고, 일본에서는 2001년부터 농약규제법에 니코틴 함유되지 않은 농약의 니코틴의 MRL은 0.01 mg/kg DW로 설정 되어있으며, EU에서는 버섯 등의 니코틴 규격이 설정이 보고된 바 있음

나. 연구목표

- 신중유해물질 모니터링, 신중유해물질 위해정보의 과학적 평가 및 효율적인 농식품 안전관리체계 마련을 통한 선제적인 안전사고 대응
- 국내외 농산물에 대한 안전정보 수집 및 평가를 통한 안전관리 집중 대상성분 선정과 분석법 개발계획 수립 등에 근거자료로 활용

2. 연구내용 및 방법

가. 연구내용

1) 신중유해물질 분석법 정립 및 모니터링

- 신중유해물질 분석법 정립
 - 수집된 위해정보로부터 모니터링을 위한 국내 규격 미설정 신중유해물질의 선정 : 니코틴, A형간염바이러스
 - 신중유해물질의 시험법 최신 동향 및 국내외 법규 조사
- 모니터링
 - 대상: 농산물 (과실류, 채소류, 버섯류, 견과류 등) 총 100건
 - 전처리: 유해물질별 대상시료에 대한 매트릭스 고려한 전처리방법 확립
 - 분석장비: HPLC, GC/MS, LC/MS/MS, RT-PCR 등의 기기 이용
 - 유효성 검증: 선택성, 검출한계, 정량한계, 직선성, 정밀성, 정확성, 회수율, 측정불확도 등 (화학분석 성분에 한함)
 - 분석결과를 이용한 노출량 산출 및 위해평가

2) 신중유해물질 위해정보 근거 및 정보분석 카테고리 확립

- 위해정보 출처 확립: 국가식품안전정보원, EU RASFF, US FDA, 일본, 중국, 대만, 독일, 해외 주요국가 사이트 등
- 위해정보 카테고리 확립: 정보일자, 정보출처, 농산물(대분류/ 소분류), 원산지, 위해성분명(대분류/소분류), 검출량 등

3) 국내외 위해정보 수집 및 평가

- 국내외 위해정보의 수집
- 다빈도 위해정보에 대한 우선순위 설정 및 평가방법 검토

나. 연구방법

1) A형 간염 바이러스

○ Real-time PCR을 이용한 A형 간염 바이러스 유전자 분석

- A형 간염 바이러스 탈리 시스템 확립을 위해 ‘2015년 식중독 원인조사 시험법’ (식품위해평가부 미생물과, 식약처)과 논문 ‘Detection of Noroviruses in Foods: A Study on Virus Extraction Procedures in Foods Implicated in Outbreaks of Human Gastroenteritis’ (Rutjes et al., 2006)을 참고하였다.

2) 니코틴

○ 니코틴 분석법 확립을 위해, HPLC, LC-MS/MS, GC-MS법을 검토하였으며, 각각의 기기분석에 대하여 분석법을 검증하고, 또한, 모니터링을 실시하여, 니코틴의 섭취량 평가를 실시하였다.

○ 분석법의 검증(Method Validation)

- 분석법의 검증은 직선성, 정밀성, 정확성, 회수율, 검출한계, 정량한계, 측정불확도 등을 검증하여, 분석결과의 신뢰성을 확보하였다.

Table 1. 분석법의 검증항목 및 내용

검증 항목	검증 내용
직선성(Linearity)	시료의 정량을 위하여 시료의 최소·최대농도를 포함하는 표준물질을 제조한 후, calibration curve를 이용하여 측정 범위 내에서의 직선성을 확인함. 각 표준물질의 농도는 blank 시료를 제외한 최소 5개 포인트(LOQ 포함), 3회 반복 측정하여 linearity를 구함.
정밀도(Precision)	일내정밀도(Intraday precision; repeatability): 동일한 조건하에 하루 동안 반복적인 작업 시행하여 일내정밀도를 구함. 일간정밀도(Interday precision; intermediate precision): 동일한 조건하에 동일한 장비를 사용하여 실험일을 달리하여 시행하여 일간정밀도를 구함. 시험기관 간 정밀도(Inter-laboratory precision; reproducibility): 실험실, 장비, 담당자, 시간대를 달리하여 시행하여 시험기관 간의 정밀도를 구함. 각 표준물질의 농도를 최소 3개 포인트, 최소 5회 반복 측정하여 precision을 구함.
정확도(Accuracy)	매트릭스 인증표준물질(Certified reference material, CRM)을 Food and Environment Research Agency (FAPAS, UK) 등에서 구입하여 분석 후 측정된 농도를 인증 값으로 나눈 비율로 분석회수율을 계산함. CRM이 없는 경우, 표준품을 3농도 level로 spiking하여 회수율을 계산함. 최소 5번 반복 결과의 회수율 %값을 사용함.
회수율(Recovery)	농도별 표준물질을 매트릭스에 첨가(매트릭스 spike) 하여 시료 내 첨가 후 정량값 대비 회수율 검증함. 각 표준물질의 농도를 최소 3개 포인트(~LOD, 중간, 최대농도), 최소 5회 반복 측정함.
검출한계(LOD) 및 정량한계(LOQ)	각 표준물질을 최소농도로 5회 반복 측정하여 구함. LOD는 signal to noise (S/N)의 3배 이하의 값(혹은 3.3SD)으로 계산하고, LOQ는 S/N의 10배(혹은 10SD) 이하의 값으로 계산함.

○ 위해평가 (Risk assessment)

- 농산물식품을 대상으로 수거된 시료에 대해 국민건강영양조사 자료로부터 도출된 식품소비량을 활용하여 섭취량 평가 (국민전체, 섭취자 집단
의 연령별, 성별 섭취량 평가 등)를 실시한다.

$$\text{일일추정노출량 (mg/kg bw/day)} = \frac{\left[\sum_i^n \frac{\text{식품}_i \text{의 식품첨가물 농도 (mg/kg)} \times \text{식품}_i \text{의 평균 일일섭취량 (g/day)}}{\text{개인별 체중 (kg)}} \right]}{\text{각인구집단의총수 (N)}}$$

3. 결과 및 고찰

가. 신중유해물질 분석법 정립 및 모니터링 (A형 간염 바이러스)

1) 농식품 시료 구매 현황

- 농식품의 원산지가 전국 총 6개 권역 (수도권, 경상도, 충청도, 강원도, 전라도, 제주도)을 대상으로 하여 직판점, 지역 농협, 마트 및 시장을 직접 방문하여 농식품 시료를 구매
- 과실류, 채소류, 버섯류 등 다양한 matrix를 가진 농식품 50종을 구매
- 농식품의 분류, 품목, 제품명, 구매처, 가공 상태, 원산지, 검체 사진을 상시 기록

Table 2. 농산물의 분류에 따른 시료 개수

대분류	소분류	개수
과실류	인과류	3
	감귤류	1
	핵과류	4
	장과류	5
	열대과일류	2
채소류	결구 엽채류	2
	엽채류	10
	엽경채류	3
	근채류	6
	박과 과채류	5
	박과 이외 과채류	4
버섯류	-	5
총계		50

Table 3-1. 시료군 1의 품목

번호	품목
1-1	포도
1-2	피망
1-3	케일
1-4	냉동 딸기
1-5	시금치
1-6	양파
1-7	고추
1-8	냉동 블루베리
1-9	양상추
1-10	가지
1-11	자두
1-12	대추
1-13	아로니아
1-14	머위대
1-15	복숭아
1-16	브로콜리
1-17	아스파라거스
1-18	당근
1-19	배
1-20	표고버섯
1-21	건취나물
1-22	상추
1-23	양배추
1-24	단감
1-25	사과

Table 3-2. 시료군 2의 품목

번호	품목
2-1	치커리
2-2	오이
2-3	무
2-4	청경채
2-5	냉동 아보카도
2-6	단호박
2-7	애호박
2-8	냉동 체리
2-9	토마토
2-10	냉동 애플망고
2-11	느타리버섯
2-12	메론
2-13	참외
2-14	대과
2-15	깻잎
2-16	비트
2-17	고들빼기
2-18	새송이버섯
2-19	무화과
2-20	부추
2-21	마늘
2-22	생강
2-23	팽이버섯
2-24	감귤
2-25	양송이버섯

2) Real-time PCR을 이용한 A형 간염 바이러스 유전자 분석 결과

품목	FAM	VIC	결과	품목	FAM	VIC	결과
	HAV	IC			HAV	IC	
포도	-	+	HAV 불검출	치커리	-	+	HAV 불검출
피망	-	+	HAV 불검출	오이	-	+	HAV 불검출
케일	-	+	HAV 불검출	무	-	+	HAV 불검출
냉동 딸기	-	+	HAV 불검출	청경채	-	+	HAV 불검출
시금치	-	+	HAV 불검출	냉동 아보카도	-	+	HAV 불검출
양파	-	+	HAV 불검출	단호박	-	+	HAV 불검출
고추	-	+	HAV 불검출	애호박	-	+	HAV 불검출
냉동 블루베리	-	+	HAV 불검출	냉동 체리	-	+	HAV 불검출
양상추	-	+	HAV 불검출	토마토	-	+	HAV 불검출
가지	-	+	HAV 불검출	냉동 애플망고	-	+	HAV 불검출
자두	-	+	HAV 불검출	느타리버섯	-	+	HAV 불검출
대추	-	+	HAV 불검출	메론	-	+	HAV 불검출
아로니아	-	+	HAV 불검출	참외	-	+	HAV 불검출
머위대	-	+	HAV 불검출	대파	-	+	HAV 불검출
복숭아	-	+	HAV 불검출	깻잎	-	+	HAV 불검출
브로콜리	-	+	HAV 불검출	비트	-	+	HAV 불검출
아스파라거스	-	+	HAV 불검출	고들빼기	-	+	HAV 불검출
당근	-	+	HAV 불검출	새송이버섯	-	+	HAV 불검출
배	-	+	HAV 불검출	무화과	-	+	HAV 불검출
표고버섯	-	+	HAV 불검출	부추	-	+	HAV 불검출
건취나물	-	+	HAV 불검출	마늘	-	+	HAV 불검출
상추	-	+	HAV 불검출	생강	-	+	HAV 불검출
양배추	-	+	HAV 불검출	팽이버섯	-	+	HAV 불검출
단감	-	+	HAV 불검출	감귤	-	+	HAV 불검출
사과	-	+	HAV 불검출	양송이버섯	-	+	HAV 불검출
양성대조군		+		음성대조군		-	

나. 신중유해물질 분석법 정립 및 모니터링 (니코틴)

1. 시험법 정립 및 검증

1.1. HPLC를 활용한 니코틴 시험법

니코틴은 가지과의 식물에서 발견되는 알칼로이드 물질이다. 주로 담배에 많이 들어있지만 토마토, 감자, 가지와 피망에도 적은 양 들어있다. 이는 오랫동안 농업에서 살충제로 사용되었다. 2009년에는 버섯에서 니코틴이 발견되었다. 과다 복용 심장 박동 증대, 어지러움, 두통을 일으킬 수 있어 유럽에서 규격이 설정되었다.

구 분		니코틴 (µg/kg)
버섯	야생 버섯	40
	건조 그물버섯, 건조 산새버섯	2300
	그 외 건조 버섯	1200
향신료	아니스, 셀러리 씨드, 코리안더씨드, 쿠민씨드, 월넛씨드, 페누그릭, 너트맥, 카르다뭉, 후추	300
	파슬리, 로즈마리, 타임, 바실, 월계수잎, 월넛 잎, 코리안더 잎	400
	감초, 생강, 강황, horseradish, 클로브, 케이퍼, 시나몬	4000
차류	건조 허브차	500
	침출차	600
과일	베리류, 타마린드	300

※ ADI of nicotine : 0.008 mg/kg bw/day

Figure 1. 농산물 및 식품의 니코틴 EU 규제 현황

1.1.1. 시험법

① 표준용액의 조제

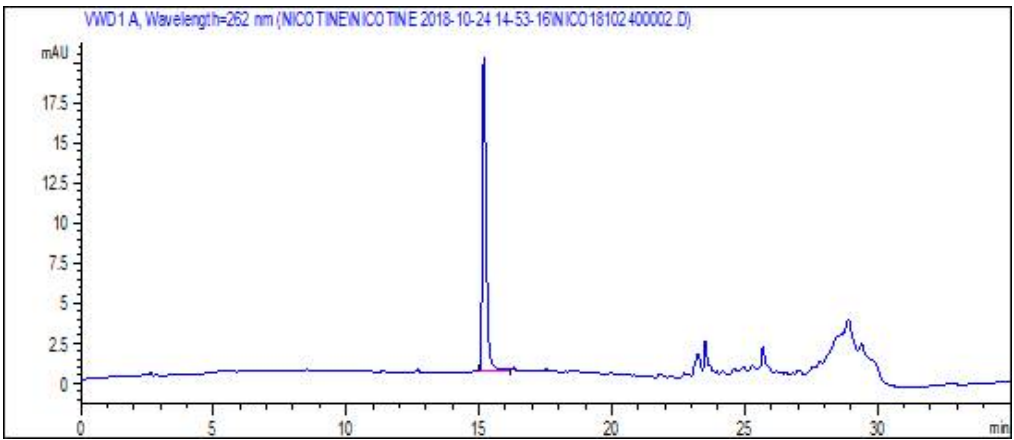
니코틴 표준물질 ((-)-Nicotine, Sigma-Aldrich 36733, 99.2%)을 20.2mg을 정밀히 달아 acetonitrile을 사용하여 20mL 용량 플라스크에 정용하여 1,000 mg/kg 표준 원액을 조제하며, 표준용액은 표준원액을 실험 전에 10% acetonitrile로 0.5 ~ 20 mg/kg의 농도로 희석하여 사용한다.

② 시험용액의 조제

1. 균질화된 버섯 생물 10g 또는 건조버섯 2 g을 50 mL 튜브에 취한다(건버섯은 증류수 10~20mL를 넣은 후 vortex하여 잘 혼합한다).
2. 여기에 5N NaOH 0.3mL 첨가하여 pH를 10-11이 되도록 잘 혼합한다(pH 0-14 indicator strip : Merck 1.09535.0001).

3. 여기에 acetonitrile 10mL를 가하여 1분간 vortex 후, MgSO₄ 4g, NaCl 1g을 가하여 1분 간 vortex 한다. 3500pm에서 5분간 원심분리 하고, 상층액을 5mL 취해 질소 농축한다.
4. 10% acetonitrile 1mL로 잔여물을 녹인 후 0.45 μ m membrane filter(Sartorius RC) 로 여과하여 시험용액으로 한다(희석배수 생물 0.2, 1).
 - 5N NaOH : sodium hydroxide 20g/물 100mL
 - MgSO₄ : magnesium sulfate (Sigma-Aldrich M7506, anhydrous, ReagentPlus®, $\geq 99.5\%$)
 - NaCl : sodium chloride (Sigma-Aldrich S7653, BioXtra , $\geq 99.5\%$)

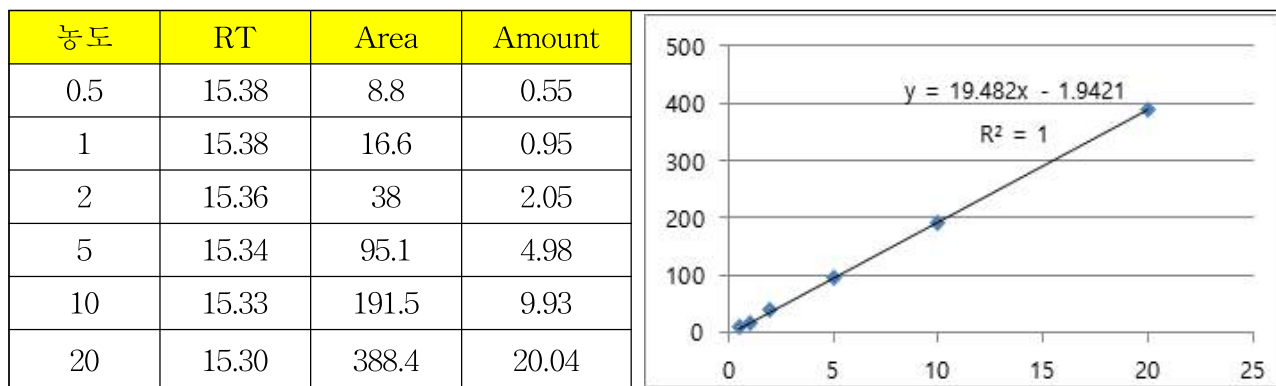
1.1.2. 분석조건

Column	Intack unison US-C18, 5 μ m, 4.6 * 250mm (40 °C)		
Detection	UV(262 nm)		
Mobile Phase	A: 20mM ammonium formate(10% acetonitrile) / B: acetonitrile		
Injection Vol.	20 μ L		
Gradient Cond.	Time(min)	A(%)	B(%)
	10	80	20
	25	10	90
	26	10	90
	30	100	0
	35	100	0
Flow rate	1 mL/min		
Chromatogram			

1.1.3. 검량선의 작성

각 표준용액 20 μ L를 상기의 조건에 따라 고속액체크로마토그래프에 주입하여 얻어진 피크의 면적(area)으로부터 검량선을 작성한다.

* Calibration(Thermo)



1.1.4. 정량

각 시험용액 20 μ L를 상기의 조건에 따라 고속액체크로마토그래프에 주입한다. 얻어진 피크의 머무름 시간(retention time)을 비교해서 정성을 하고, 얻어진 피크의 면적(area)을 검량선과 비교하여 검체 중의 니코틴의 농도(μ g/mL)를 구하고 다음 검체 중 니코틴의 함량(mg/kg)을 산출한다.

1.1.5. HPLC 분석방법의 검증 결과

시료의 분석에 이용된 식품 중 니코틴 분석법의 적용성 및 신뢰성 확보를 위하여 직선성, LOD, LOQ, 재현성, 정확성, 정밀성 등에 대한 검증을 실시하였다.

(1) 특이성

제시된 chromatogram에서와 같이 분리능과 선택성에 문제가 없음을 확인하였다.

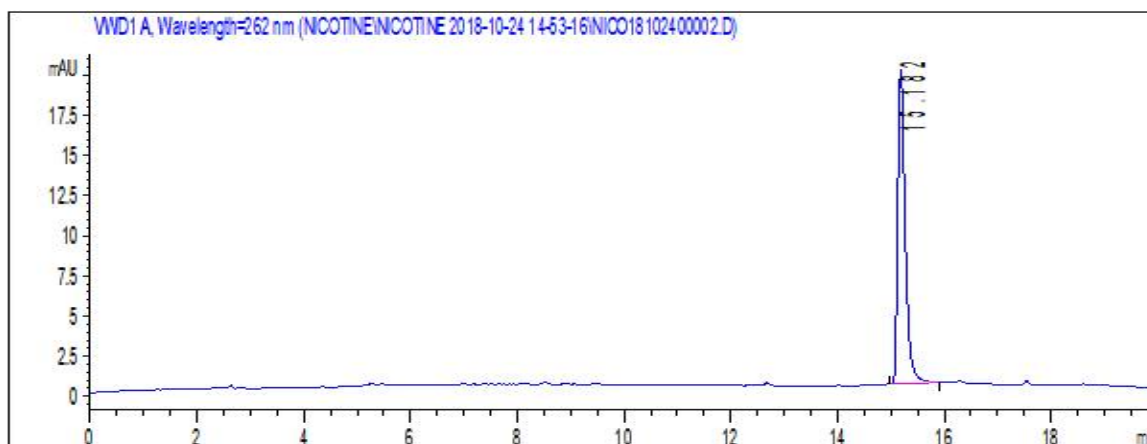


Figure 2. 니코틴(Nicotine) 표준용액(10mg/kg) 크로마토그램

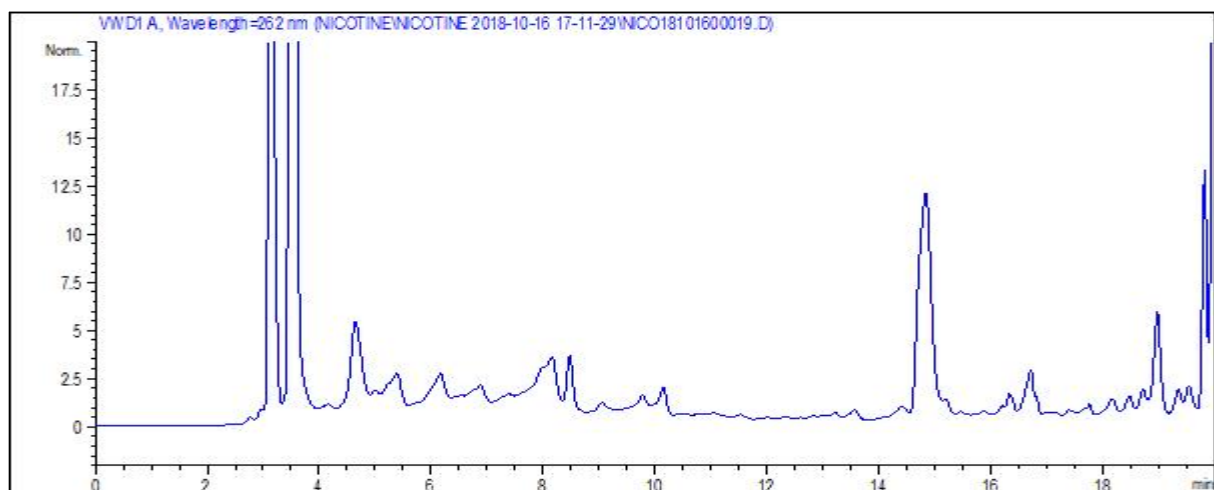


Figure 3. 건표고버섯(표준용액 10mg/kg 첨가) 크로마토그램

(2) 직선성, LOD, LOQ

표준용액 0.5, 1, 2, 5, 10, 20 mg/kg 농도에 대하여 검량선을 작성한 결과 상관계수(R^2)는 1이었고, 검출한계와 정량한계는 Signal/Noise 비율을 각각 3과 10으로 한 결과, 0.03 mg/kg과 0.10 mg/kg이었다.

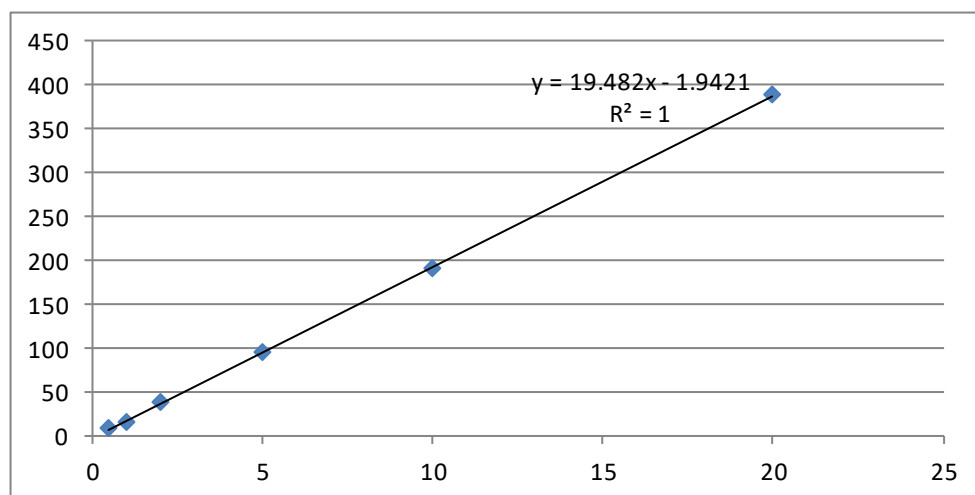


Figure 4. 니코틴 HPLC 검량선

(3) 재현성

표준용액(2 mg/kg)에 대해 10반복 분석을 실시한 결과 Retention time과 area의 반복 RSD가 각 0.1, 0.8%로 재현성에 문제가 없음을 확인하였다.

Table 4. 니코틴의 재현성(2ppm)

Analyte	Retention Time(min)	Area
2 mg/kg -1	15.218	35.0
2 mg/kg -2	15.207	35.6
2 mg/kg -3	15.180	35.6
2 mg/kg -4	15.190	35.8
2 mg/kg -5	15.198	35.8
2 mg/kg -6	15.188	35.3
2 mg/kg -7	15.201	35.4
2 mg/kg -8	15.210	35.5
2 mg/kg -9	15.218	35.4
2 mg/kg -10	15.228	35.0
Average	15.20	35.44
STDEV	0.02	0.28
RSD (%)	0.10	0.80

(4) 정확성, 정밀성

버섯에 대해 농도별(1, 10mg/kg)로 3반복 분석한 결과 회수율이 88.1 ~ 105%이고, 반복 RSD가 각 1.2, 0.6%로 양호한 결과를 얻을 수 있었다.

Table 5. 니코틴 농도별 회수율

	첨가된 농도 (mg/kg)	분석된 농도 (mg/kg)	회수율 (%)	RSD(%)
dried mushroom	1	1.03	104.1±1.2	1.2
		1.05		
		1.05		
	10	8.90	88.5±0.5	0.6
		8.84		
		8.81		

1.2. LC-MS/MS를 활용한 니코틴 분석방법

1.2.1. 시험법

① 표준용액의 조제

- 표준원액 : 니코틴 표준물질 ((-)-Nicotine, Sigma-Aldrich 36733, 99.2%)을 20ml 용량 플라스크에 20.2mg 달아 acetonitrile로 정용하여 1,000 mg/kg 표준원액을 조제한 후 냉동 보관한다.

2. 내부표준원액 : 니코틴 내부표준물질(rac-Nicotine-d3, Toronto Research Chemicals, N412425, 98%)을 10ml 용량 플라스크에 1mg 달아 acetonitrile로 정용하여 100 mg/kg 내부표준원액을 조제한 후 냉동 보관한다.
3. 표준용액 : 20ml 용량 플라스크에 acetonitrile을 사용하여 아래표와 같이 혼합하여 조제한다.

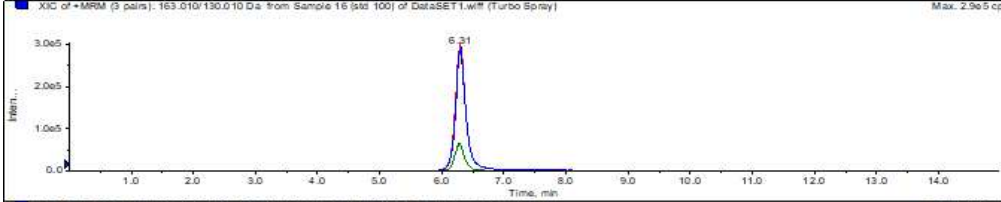
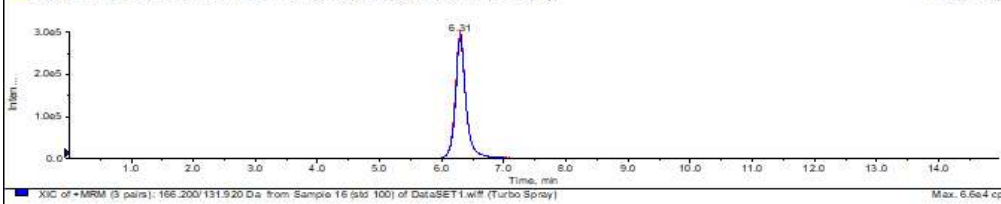
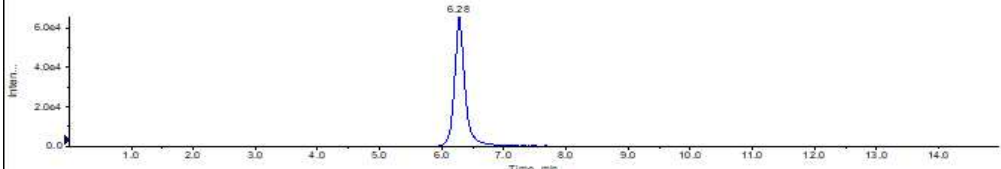
표준용액농도 ($\mu\text{g/kg}$)	nicotine 사용 농도 ($\mu\text{g/kg}$)	nicotine 사용 ml	nicotine - d3(1000 $\mu\text{g/kg}$) 사용 ml
1	100 $\mu\text{g/kg}$	0.2	1
5	100 $\mu\text{g/kg}$	1	1
10	100 $\mu\text{g/kg}$	2	1
25	1000 $\mu\text{g/kg}$	0.5	1
50	1000 $\mu\text{g/kg}$	1	1
100	1000 $\mu\text{g/kg}$	2	1

② 시험용액의 조제

1. 균질화된 버섯 생물 10g 또는 건조버섯 2 g을 50mL 튜브에 취한다(건버섯은 증류수 10 ~ 20mL를 넣은 후 vortex하여 잘 혼합한다).
2. 여기에 5N NaOH 0.3mL 첨가하여 pH를 10-11이 되도록 잘 혼합한다(pH 0-14 indicator strip : Merck 1.09535.0001).
3. 내부표준용액(nicotine-d3, 1000 $\mu\text{g/kg}$ 1ml를 첨가한다.
4. 여기에 acetonitrile 20mL를 가하여 1분간 vortex 후, MgSO₄ 4g, NaCl 1g을 가하여 1분 간 vortex 한다.
5. 3500rpm에서 5분간 원심분리 하고, 상층액 1ml를 취하여 MgSO₄ 150mg, PSA 50mg이 들어있는 1.5ml e-tube에 넣고, 30초간 vortex 한다.
6. 3500rpm에서 5분간 원심분리 하고, 상층액을 0.2 μm membrane filter(Sartorius RC) 로 여과하여 시험용액으로 한다(희석배수 생물 2, 건조 10).
 - 5N NaOH : sodium hydroxide 20g/물 100mL
 - MgSO₄ : magnesium sulfate (Sigma-Aldrich M7506, anhydrous, ReagentPlus®, $\geq 99.5\%$)
 - NaCl : sodium chloride (Sigma-Aldrich S7653, BioXtra , $\geq 99.5\%$)

1.2.2. 분석조건

1.2.2.1. HPLC 조건

Instrument	Agilent 1200 series		
Column	Intack Intrada amino acid, 3um, 3 * 50mm (35 °C)		
Mobile Phase	A: 0.5% formic acid/acetonitrile, B: 100mM ammonium formate/DW		
Injection Vol.	20 µL		
Gradient Cond.	Time(min)	A(%)	B(%)
	0	86	14
	3	86	14
	10	0	100
	12	0	100
	12.1	86	14
	15	86	14
Flow rate	0.6 mL/min		
Chromatogram			
			
			

1.2.2.2. 질량분석기 조건

-Instrument : API 4000

-Ionization : ESI positive MRM

-source/gas parameter

CUR	GS1	GS2	TEM	CAD	EP
20	40	60	250	5	10

-compound parameter

compounds	분류	Q1 mass	Q3 mass	Dwell time	DP	CE	CXP
nicotine 1	정량이온	163.01	130.01	150	66	27	8
nicotine 2	정성이온	163.01	131.9	150	66	21	8
nicotine d3	ISTD	166.2	131.92	150	56	21	8

1.2.3. 검량선의 작성

각 표준용액 20 μL 를 상기의 조건에 따라 액체크로마토그래프/질량분석기에 주입하여 얻어진 피크의 면적(area)으로부터 검량선을 작성한다.

1.2.4. 정량

각 시험용액 20 μL 를 상기의 조건에 따라 액체크로마토그래프/질량분석기에 주입한다. 얻어진 피크의 머무름 시간(retention time)을 비교해서 정성을 하고, 얻어진 피크의 면적(area)을 검량선과 비교하여 검체 중의 니코틴의 농도($\mu\text{g/mL}$)를 구하고 다음 검체 중 니코틴의 함량($\mu\text{g/kg}$)을 산출한다.

1.2.5. LC-MS/MS 분석방법의 검증 결과

시료의 분석에 이용된 식품 중 니코틴 분석법의 적용성 및 신뢰성 확보를 위하여 직선성, LOD, LOQ, 재현성, 정확성, 정밀성 등에 대한 검증을 실시하였다.

(1) 특이성

제시된 chromatogram에서와 같이 분리능과 선택성에 문제가 없음을 확인하였다.

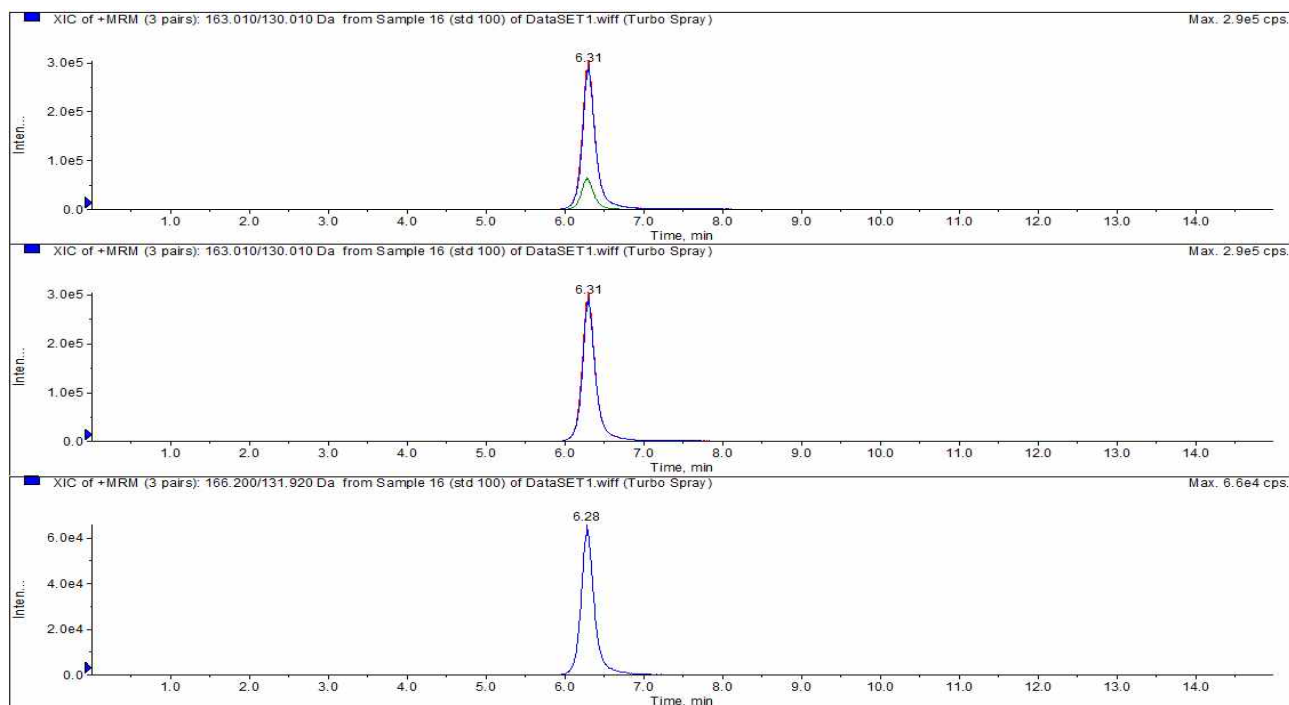


Figure 5. 니코틴(Nicotine) 표준용액(100 $\mu\text{g/kg}$) 크로마토그램

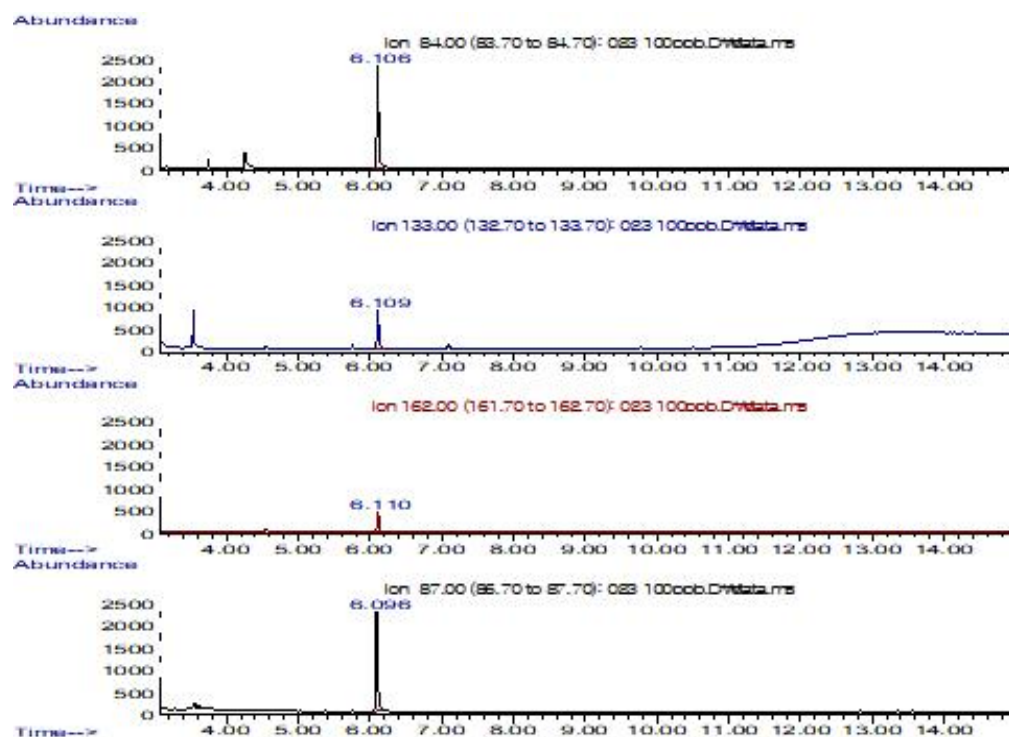
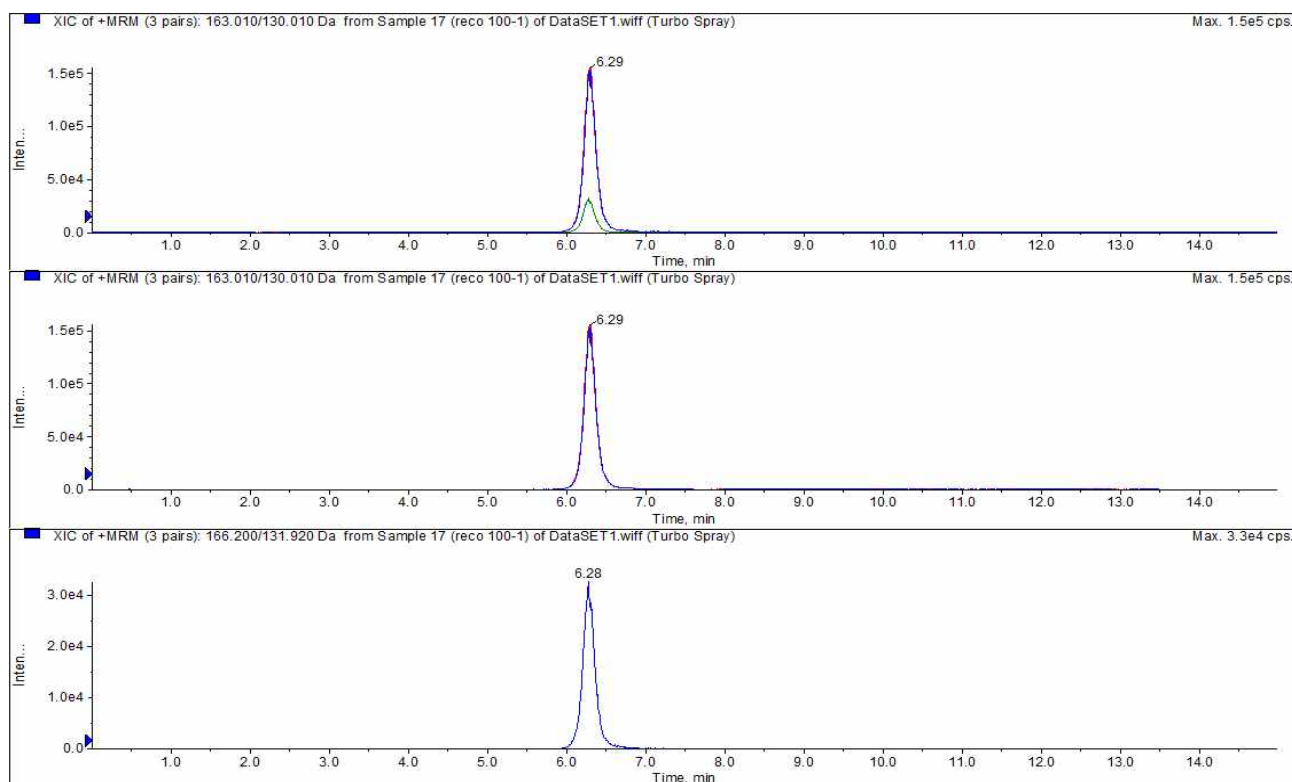


Figure 6. 건표고버섯(표준용액 100 $\mu\text{g/kg}$ 첨가) 크로마토그램

(2) 직선성, LOD, LOQ

표준용액 1, 5, 10, 25, 50, 100 $\mu\text{g/kg}$ 농도에 대하여 검량선을 작성한 결과, 상관계수(R^2)는 0.9999이었고, 검출한계와 정량한계는 Signal/Noise 비율을 각각 3과 10으로 한 결과, 0.13 $\mu\text{g/kg}$ 과 0.43 $\mu\text{g/kg}$ 이었다.

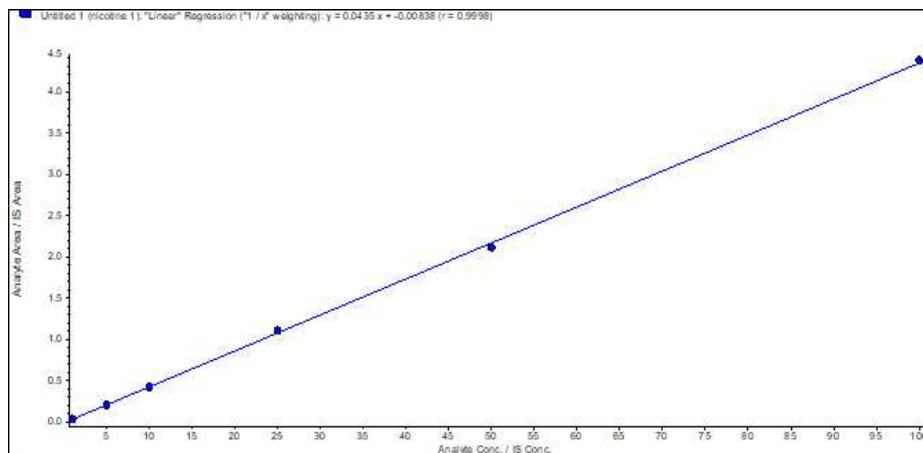


Figure 7. 니코틴 LC-MS/MS 검량선

(3) 재현성

표준용액(25 $\mu\text{g/kg}$)에 대해 7반복 분석을 실시한 결과, Retention time과 분석 결과의 반복 RSD가 각 0.08, 2.2%로 재현성에 문제가 없음을 확인하였다.

Table 6. 니코틴의 재현성(25 $\mu\text{g/kg}$)

Analyte 농도	Retention Time(min)	Reference Standard area	Internal Standard area	결과($\mu\text{g/kg}$)
25 $\mu\text{g/kg}$ -1	6.30	665000	605000	25.4
25 $\mu\text{g/kg}$ -2	6.30	643000	586000	25.4
25 $\mu\text{g/kg}$ -3	6.30	631000	554000	26.4
25 $\mu\text{g/kg}$ -4	6.31	593000	551000	24.9
25 $\mu\text{g/kg}$ -5	6.30	563000	515000	25.3
25 $\mu\text{g/kg}$ -6	6.31	574000	509000	26.1
25 $\mu\text{g/kg}$ -7	6.31	573000	531000	25.0
Average	6.30			25.5
STDEV	0.01			0.6
RSD (%)	0.08			2.2

(4) 정확성, 정밀성

버섯에 대해 농도별(4, 20, 100 $\mu\text{g/kg}$)로 6반복 분석한 결과, 회수율과 반복 RSD가 양호한 결과를 얻을 수 있었다.

Table 7. 니코틴 농도별 회수율

	첨가된 농도 ($\mu\text{g/kg}$)	분석된 농도 ($\mu\text{g/kg}$)	회수율 (%)	RSD (%)
dried mushroom	4	4.24	108.5 \pm 1.5	1.4
		4.35		
		4.38		
		4.29		
		4.39		
		4.39		
	20	21.7	107.6 \pm 0.8	0.7
		21.4		
		21.5		
		21.7		
		21.3		
		21.5		
	100	107	107.7 \pm 1.5	1.4
		108		
		109		
		108		
		109		
		105		

1.3. GC-MS 활용한 니코틴 분석방법

1.3.1. 시험법

① 표준용액의 조제

1. 표준원액 : 니코틴 표준물질 ((-)-Nicotine, Sigma-Aldrich 36733, 99.2%)을 20.2mg을 정밀히 달아 Ethyl acetate을 사용하여 20mL 용량 플라스크에 정용한 후, 1,000 mg/kg 표준원액을 조제한 후 냉동 보관한다.
2. 내부표준원액 : 니코틴 내부표준물질 (rac-Nicotine - d3, Toronto Research Chemicals, N412425, 98%) 1mg을 Ethyl acetate을 사용하여 10mL 용량 플라스크에 정용한 후, 100 mg/kg 내부표준원액을 조제한 후 냉동 보관한다.
3. 표준용액 : 20ml volumetric flask에 Ethyl acetate을 사용하여 아래 표와 같이 혼합하여 조제한다.

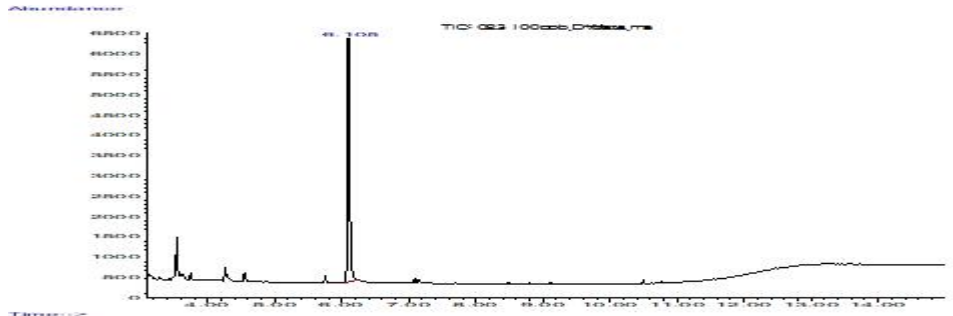
표준용액농도 ($\mu\text{g/kg}$)	nicotine 사용 농도 ($\mu\text{g/kg}$)	nicotine 사용 mL	nicotine - d3(1000 $\mu\text{g/kg}$) 사용 mL
1	100 $\mu\text{g/kg}$	0.2	1
5	100 $\mu\text{g/kg}$	1	1
10	100 $\mu\text{g/kg}$	2	1
25	1000 $\mu\text{g/kg}$	0.5	1
50	1000 $\mu\text{g/kg}$	1	1
100	1000 $\mu\text{g/kg}$	2	1

② 시험용액의 조제

1. 건조버섯 중 표고버섯, 그물버섯, 영지버섯은 2 g을 50 mL 튜브에 취한 후 증류수 10mL를 넣어 vortex하여 잘 혼합한다. 여기에 5N NaOH 0.3mL 첨가하여 pH를 10-11이 되도록 잘 혼합한다(pH 0-14 indicator strip : Merck 1.09535.0001). 여기에 Ethyl acetate 10mL를 가하여 1분간 vortex 후, $\text{MgSO}_4 6\text{g}$, $\text{NaCl} 1.5\text{g}$ 을 가하여 15분 shaking 한다. 3500pm에서 5분간 원심분리 하고, 상층액을 0.45 μm membrane filter(Sartorius RC) 로 여과하여 시험용액으로 한다(희석배수 5).
2. 건조버섯 중 목이버섯, 흰목이버섯, 차가버섯, 상황버섯은 1 g을 50 mL 튜브에 취한 후 증류수 20mL를 넣어 vortex하여 잘 혼합한다. 여기에 5N NaOH 0.3mL 첨가하여 pH를 10-11이 되도록 잘 혼합한다(pH 0-14 indicator strip : Merck 1.09535.0001). 여기에 Ethyl acetate 10mL를 가하여 1분간 vortex 후, $\text{MgSO}_4 6\text{g}$, $\text{NaCl} 1.5\text{g}$ 을 가하여 15분 shaking 한다. 3500pm에서 5분간 원심분리 하고, 상층액을 0.45 μm membrane filter(Sartorius RC) 로 여과하여 시험용액으로 한다(희석배수 10).
3. 생버섯은 균질화 하여 10 g을 50 mL 튜브에 취한 후 5N NaOH 0.3mL 첨가하여 pH를 10-11이 되도록 잘 혼합한다(pH 0-14 indicator strip : Merck 1.09535.0001). 여기에 Ethyl acetate 10mL를 가하여 1분간 vortex 후, $\text{MgSO}_4 6\text{g}$, $\text{NaCl} 1.5\text{g}$ 을 가하여 15분 shaking 한다. 3500pm에서 5분간 원심분리 하고, 상층액을 0.45 μm membrane filter(Sartorius RC) 로 여과하여 시험용액으로 한다(희석배수 1).

- 5N NaOH : sodium hydroxide 20g/물 100mL
- MgSO_4 : magnesium sulfate (Sigma-Aldrich M7506, anhydrous, ReagentPlus®, $\geq 99.5\%$)
- NaCl : sodium chloride (Sigma-Aldrich S7653, BioXtra , $\geq 99.5\%$)

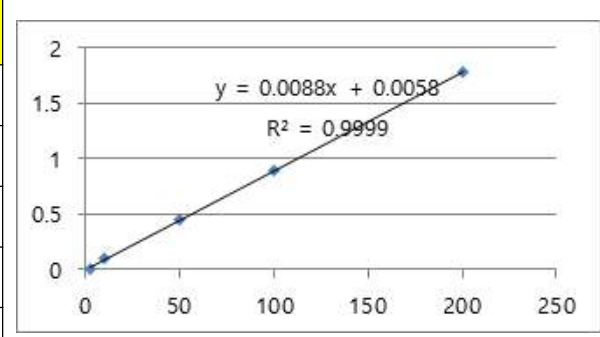
1.3.2. 분석조건

Instrument	GC - Agilent Technologies 7890B GC System		
Detector	MS - Agilent Technologies 5977B MSD		
Column	Agilent DB-5MS (30m × 0.25mm × 0.25μm)		
Detector Temp	280°C		
Ionization energy	70eV		
Carrier gas	Helium		
Injector Temp	235°C		
Injection Vol.	2μL		
Split mode	Splitless Purge Flow to Split Vent - 65mL/min at 1 min		
Oven Temp		Rate (°C/min)	Value (°C)
	Initial		70
	Ramp1	25	150
	Ramp2	12	210
	Ramp3	25	280
	Post Run		310
Gas flow rate	1.0 mL/min		
Chromatogram			

1.3.3. 검량선의 작성

각 표준용액 1 μL를 상기의 조건에 따라 기체크로마토그래프/질량분석기에 주입하여 얻어진 피크의 면적(area)으로부터 검량선을 작성한다.

농도	RT	84m/z	87m/z (ISTD)	84/87
2	6.018	194	4956	0.0137
10	6.018	469	4534	0.1034
50	6.018	2350	5200	0.4519
100	6.018	4530	5113	0.8860
200	6.018	96822	5454	1.7752



1.3.4. 정량

각 시험용액 1 μL 를 상기의 조건에 따라 기체크로마토그래프/질량분석기에 주입한다. 얻어진 피크의 머무름 시간(retention time)을 비교해서 정성을 하고, 얻어진 피크의 면적(area)을 검량선과 비교하여 검체 중의 니코틴의 농도($\mu\text{g/mL}$)를 구하고 다음 검체 중 니코틴의 함량($\mu\text{g/kg}$)을 산출한다.

1.3.5. GC-MS 분석방법의 검증 결과

(1) 특이성

제시된 chromatogram에서와 같이 분리능과 선택성에 문제가 없음을 확인하였다.

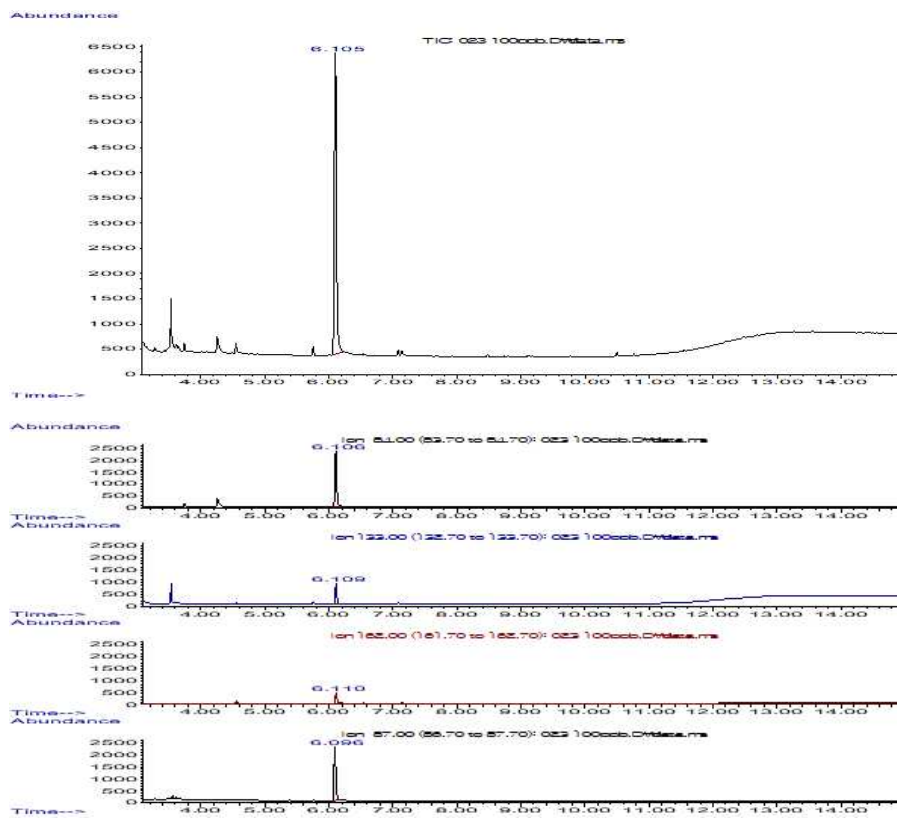


Figure 8. 니코틴(Nicotine) 표준용액(100 $\mu\text{g/kg}$) 크로마토그램

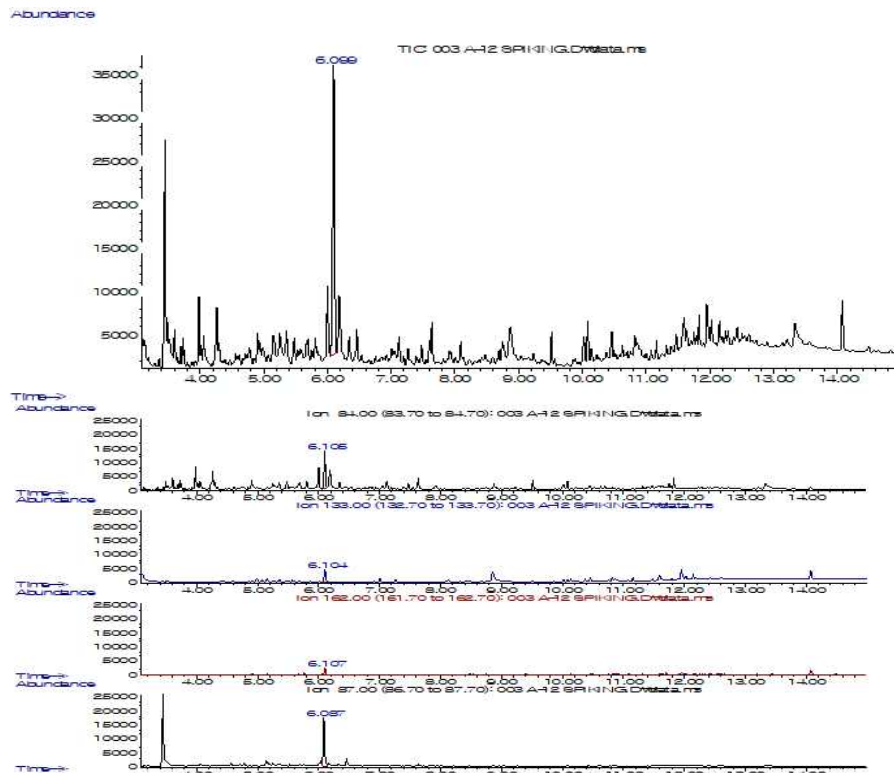
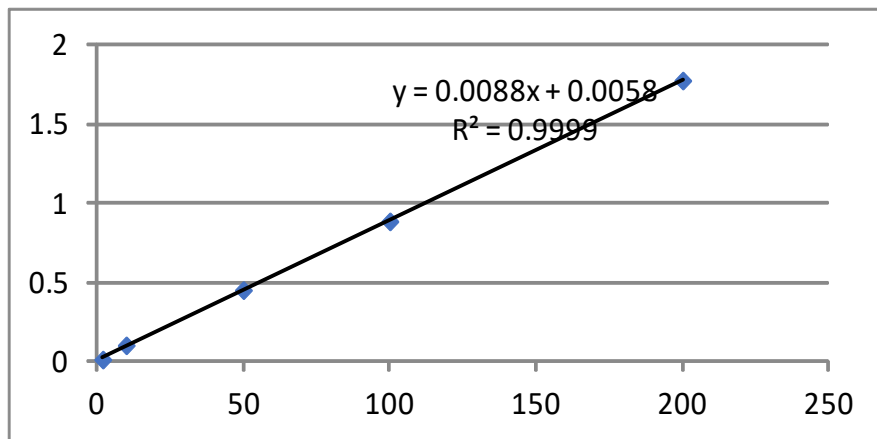


Figure 9. 건표고버섯(표준용액 100 $\mu\text{g/kg}$ 첨가) 크로마토그램

(2) 직선성

표준용액 2, 10, 50, 100, 200 $\mu\text{g/kg}$ 농도와 내부표준용액 100 $\mu\text{g/kg}$ 의 비율에 대하여 검량선을 작성한 결과 상관계수(R^2)는 0.9999로 양호하였다.



(3) LOD, LOQ

검출한계와 정량한계는 2, 10, 50 $\mu\text{g/kg}$ 의 농도를 분석한 후, ICH Guideline Q2(R1)에 따라 계산한 결과, LOD, LOQ는 0.38 $\mu\text{g/kg}$ 과 1.15 $\mu\text{g/kg}$ 이었다.

Table 8. 10 $\mu\text{g/kg}$ 7반복 분석의 RSD(%)

Analyte 농도	Retention Time(min)	Reference Standard (84m/z)	Internal Standard (87m/z)	Reference Standard/ Internal Standard	결 과($\mu\text{g/kg}$)
10 $\mu\text{g/kg}$ -1	6.108	639	6019	0.106	11.4
10 $\mu\text{g/kg}$ -2	6.108	661	5924	0.112	12.0
10 $\mu\text{g/kg}$ -3	6.108	624	5756	0.108	11.7
10 $\mu\text{g/kg}$ -4	6.108	564	5485	0.103	11.0
10 $\mu\text{g/kg}$ -5	6.108	596	5425	0.110	11.8
10 $\mu\text{g/kg}$ -6	6.108	501	4921	0.102	10.9
10 $\mu\text{g/kg}$ -7	6.108	496	4827	0.103	11.0
Average				0.106	11.4
STDEV				0.004	0.44
RSD (%)				3.642	3.85

Table 9. ICH Guideline Q2(R1)에 따른 LOD, LOQ 계산

RSD(%)	3.85
2, 10, 50 $\mu\text{g/kg}$ 검량선의 a값	33.538
LOD($\mu\text{g/kg}$)	0.38
LOQ($\mu\text{g/kg}$)	1.15

(4) 재현성

표준용액(50 $\mu\text{g/kg}$)에 대해 10반복 분석을 실시한 결과 재현성에 문제가 없음을 확인하였다.

Table 10. 니코틴의 재현성(50 $\mu\text{g/kg}$)

Analyte 농도	Retention Time(min)	Reference Standard (84m/z)	Internal Standard (87m/z)	Reference Standard/ Internal Standard	결 과($\mu\text{g/kg}$)
50 $\mu\text{g/kg}$ -1	6.108	4807	10565	0.455	51.0
50 $\mu\text{g/kg}$ -2	6.108	4312	9712	0.444	49.8
50 $\mu\text{g/kg}$ -3	6.108	4100	9261	0.443	49.6
50 $\mu\text{g/kg}$ -4	6.108	3904	8757	0.446	50.0
50 $\mu\text{g/kg}$ -5	6.108	3650	8262	0.442	49.5
50 $\mu\text{g/kg}$ -6	6.108	3573	8040	0.444	49.8
50 $\mu\text{g/kg}$ -7	6.108	3485	7701	0.453	50.8
50 $\mu\text{g/kg}$ -8	6.108	3324	7480	0.444	49.8
50 $\mu\text{g/kg}$ -9	6.108	3181	7164	0.444	49.8
50 $\mu\text{g/kg}$ -10	6.108	3031	6772	0.448	50.2
Average				0.446	50.0
STDEV				0.004	0.49
RSD (%)				0.966	0.98

(5) 정확성

건조버섯에 대해 농도별(20, 100, 400 $\mu\text{g/kg}$)로 3반복 분석한 결과, 회수율과 반복 RSD%가 양호한 결과값을 얻을 수 있었다.

Table 11. 니코틴 회수율 시험

	농도 ($\mu\text{g/kg}$)	회수율 (%)	RSD (%)
mushroom	20	91.9 \pm 1.54	1.68
	100	90.6 \pm 0.81	0.89
	400	89.8 \pm 0.20	0.23

(6) 정밀성

건조버섯에 대해 농도별(20, 100, 400 $\mu\text{g/kg}$)로 Intra-day(1일내 6반복 실험)와 Inter-day(3반복씩 3일간 실험)를 분석한 결과, 회수율과 반복 RSD%가 양호한 결과값을 얻을 수 있었다.

① Intra-day

Table 12. 니코틴 Intra-day 실험 (20, 100, 400 $\mu\text{g/kg}$ 6반복 실험)

	농도 ($\mu\text{g/kg}$)	회수율 (%)	RSD (%)
mushroom	20	92.5 \pm 0.79	0.85
	100	90.4 \pm 0.29	0.32
	400	90.2 \pm 0.38	0.42

② Inter-day

Table 13. 니코틴 Inter-day (20, 100, 400 $\mu\text{g/kg}$ 3반복씩 3일간 총 9반복 실험)

	농도 ($\mu\text{g/kg}$)	회수율 (%)	RSD (%)
mushroom	20	90.8 \pm 2.14	2.36
	100	90.7 \pm 0.66	0.73
	400	89.5 \pm 0.94	1.05

1.4. 시료에 대한 모니터링 결과

1.4.1. 시료 수집 현황

- (1) 국내 총 5개 권역(수도권, 경상도, 충청도, 강원도, 전라도)을 대상으로 지역 농협, 대형마트, 전자상거래를 통해 시료를 구매하였다.

- (2) 국외 5개국(중국, 러시아, 이탈리아, 프랑스, 베트남)을 대상으로 대형마트, 전자상거래를 통해 시료를 구매하였다.
- (3) 버섯 품목별 식품섭취량을 고려하여 섭취량이 높은 품목 순으로 시료를 구매하였으며, 아래 그림과 같이 버섯의 종류, 제품명, 원산지, 생산원, 판매원, 가공 상태, 검체 사진을 기록 하였다.
- (4) 시료 수집 결과, 총 103개를 수집하였으며, 종류별로는 표고버섯 40개, 목이버섯 14개, 상황버섯 7개, 차가버섯 7개, 팽이버섯 6개, 느타리버섯 6개, 영지버섯 6개, 새송이버섯 5개, 그물버섯 4개, 양송이버섯 3개, 아귀버섯 2개, 만가닥버섯 2개, 잎새버섯 1개였다.

1.4.2. GC-MS를 이용한 버섯의 니코틴 분석 결과

국내외 버섯 103개 품목을 국내산 생버섯(25개), 국내산 건조버섯(39개), 국외 건조버섯 및 통조림(35개), 국외 건조그물버섯(4개)으로 시료군을 분류하였다.

(1) 국내산 생버섯

국내산 생버섯 25개 품목을 실험한 결과, 4개에서 검출되었고, 가장 높게 검출된 품목은 팽이버섯 15.6 $\mu\text{g/kg}$ 로 확인되었으며, 검출 범위는 N.D-15.6 $\mu\text{g/kg}$ 로 모두 EU 야생버섯의 니코틴 규격인 40 $\mu\text{g/kg}$ 에 적합한 수준이었다.

Table 14. 국내산 생버섯의 니코틴 분석 결과

품목	분석건수	검출건수	검출률 (%)	최소 ($\mu\text{g/kg}$)	최대 ($\mu\text{g/kg}$)	평균 ($\mu\text{g/kg}$)	검출평균 ($\mu\text{g/kg}$)
표고버섯	4	0	0.0	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
팽이버섯	3	1	33.3	N.D.	15.6	5.2	15.6
양송이버섯	2	1	50.0	N.D.	12.4	6.2	12.4
목이버섯	1	1	100.0	3.9	3.9	3.9	3.9
느타리버섯	5	1	20.0	N.D.	6.4	1.3	6.4
새송이버섯	5	0	0.0	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
아귀버섯	2	0	0.0	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
잎새버섯	1	0	0.0	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
만가닥버섯	2	0	0.0	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

Table 15. 시료 수집 현황

원산지	가공상태	품목	수량
국내	건조버섯	표고버섯	24
		팽이버섯	3
		느타리버섯	1
		목이버섯	3
		상황버섯	3
		차가버섯	2
		영지버섯	3
	생버섯	표고버섯	4
		팽이버섯	3
		양송이버섯	2
		목이버섯	1
		느타리버섯	5
		새송이버섯	5
		아귀버섯	2
		잎새버섯	1
		만가닥버섯	2
중국	건조버섯	표고버섯	11
		목이버섯	9
		영지버섯	3
		상황버섯	4
		흰목이버섯	1
	통조림	양송이버섯	1
러시아	건조버섯	차가버섯	5
이탈리아	건조버섯	그물버섯	3
프랑스	건조버섯	그물버섯	1
베트남	건조버섯	표고버섯	1
총계			103

(2) 국내산 건조버섯

국내산 건조버섯 총 39개 품목을 분석한 결과, 13개에서 검출되었고, 목이버섯과 표고버섯이 103.5 및 100.0 $\mu\text{g/kg}$ 로 가장 높았으며, 평균 함량은 차가버섯이 62.2 $\mu\text{g/kg}$ 로 가장 높았다. 또한, 검출 범위는 N.D-103.5 $\mu\text{g/kg}$ 로 모두 EU의 건조버섯의 니코틴 규격(건조그물버섯, 건조산새버섯 제외)인 1,200 $\mu\text{g/kg}$ 에 적합한 수준이었다.

Table 16. 국내산 건조버섯의 니코틴 분석 결과

품목	분석건수	검출건수	검출률 (%)	최소 (µg/kg)	최대 (µg/kg)	평균 (µg/kg)	검출평균 (µg/kg)
표고버섯	24	8	33.3	N.D	100.0	20.0	60.1
팽이버섯	3	0	0.0	N.D	N.D	N.D	N.D
느타리버섯	1	0	0.0	N.D	N.D	N.D	N.D
목이버섯	3	1	33.3	N.D	103.5	34.5	103.5
상황버섯	3	0	0.0	N.D	N.D	N.D	N.D
차가버섯	2	2	100.0	43.4	81.0	62.2	62.2
영지버섯	3	2	66.7	N.D	36.3	17.1	25.6

(3) 국외 건조버섯 및 통조림 버섯(중국, 러시아, 베트남)

중국, 러시아, 베트남의 건조버섯 34개와 통조림(양송이버섯) 1개를 분석한 결과, 중국산 버섯 29개 중 20개에서 니코틴이 검출되었으며, 이 중 중국산 목이버섯 1개가 840.3 µg/kg로 가장 높았고, 다음으로 중국산 흰목이버섯이 305.8 µg/kg로 높았다. 검출범위는 N.D - 840.3 µg/kg로 모두 EU의 건조버섯의 니코틴 규격(건조그물버섯, 건조산새버섯 제외)인 1,200 µg/kg에 적합한 수준이었다.

Table 17. 국외 건조버섯의 니코틴 분석 결과

원산지	가공 상태	품목	분석 건수	검출 건수	검출률 (%)	최소 (µg/kg)	최대 (µg/kg)	평균 (µg/kg)	검출평균 (µg/kg)
중국	건조	표고	11	11	100.0	46.8	226.4	103.6	103.6
		목이	9	5	55.6	N.D	840.3	132.6	238.6
		영지	3	1	33.3	N.D	50.2	16.7	50.2
		상황	4	2	50.0	N.D	172.5	58.9	117.8
		흰목이	1	1	100.0	305.8	305.8	305.8	305.8
	통조림	양송이	1	0	0.0	N.D	N.D	N.D	N.D
러시아	건조	차가	5	0	0.0	N.D	N.D	N.D	N.D
베트남	건조	표고	1	1	100.0	65.0	65.0	65.0	65.0

(4) 국외 건조그물버섯(이탈리아, 프랑스)

국외 건조그물버섯 4종을 분석한 결과, 버섯의 종류 중 건조그물버섯이 니코틴 함량 470 -1,744 $\mu\text{g/kg}$ 로 가장 높게 검출되었고, 이탈리아산 건조그물버섯(평균 1507 $\mu\text{g/kg}$) 이 프랑스산 건조그물버섯(470 $\mu\text{g/kg}$) 보다 높은 경향을 보였다. 그러나, 이는 모두 EU의 건조그물버섯의 니코틴 규격인 2,300 $\mu\text{g/kg}$ 에 적합한 수준이었다.

Table 18. 국외 건조그물버섯의 니코틴 분석 결과

원산지	품목	분석 건수	검출 건수	검출률 (%)	최소 ($\mu\text{g/kg}$)	최대 ($\mu\text{g/kg}$)	평균 ($\mu\text{g/kg}$)	검출평균 ($\mu\text{g/kg}$)
이탈리아	그물버섯	3	3	100.0	1206.6	1744.0	1507.2	1507.2
프랑스	그물버섯	1	1	100.0	470.0	470.0	470.0	470.0

1.4.3. 위해평가 결과

국민건강영양조사를 토대로 버섯의 섭취량을 평가하고, 버섯 중 니코틴 함량 분석결과를 활용하여 일일추정노출량을 산출한 결과, 평균 섭취량으로 적용시 EDI/ADI%는 0.1%수준이었으며, 버섯종류별로 섭취량을 감안하여 적용시는 0.03% 수준으로 매우 안전함을 확인하였다.

다. 신중유해물질 위해정보 근거 및 정보분석 카테고리 확립

1. 연구내용

정보의 수집 및 분류, 평가, 활용으로 크게 나누어 연구를 아래와 같이 진행하였다.

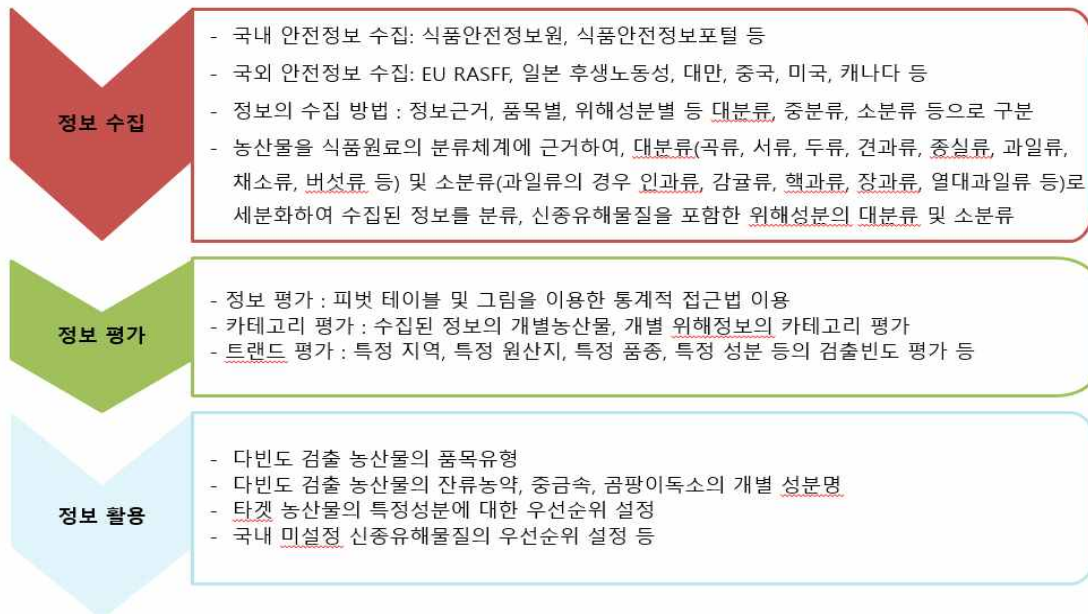


Figure 10. 신중유해물질 위해정보 수집, 평가, 활용 방법

2. 위해정보 출처 및 카테고리 확립

1) 위해정보 출처

농식품안전정보는 국가식품안전정보원, 식품안전정보포털, 일본후생성, EU RASFF, 미국, 대만, 일본, 중국, 캐나다 등의 정보를 취합하여 체계적으로 평가하기 위해 정리 분류하였다.

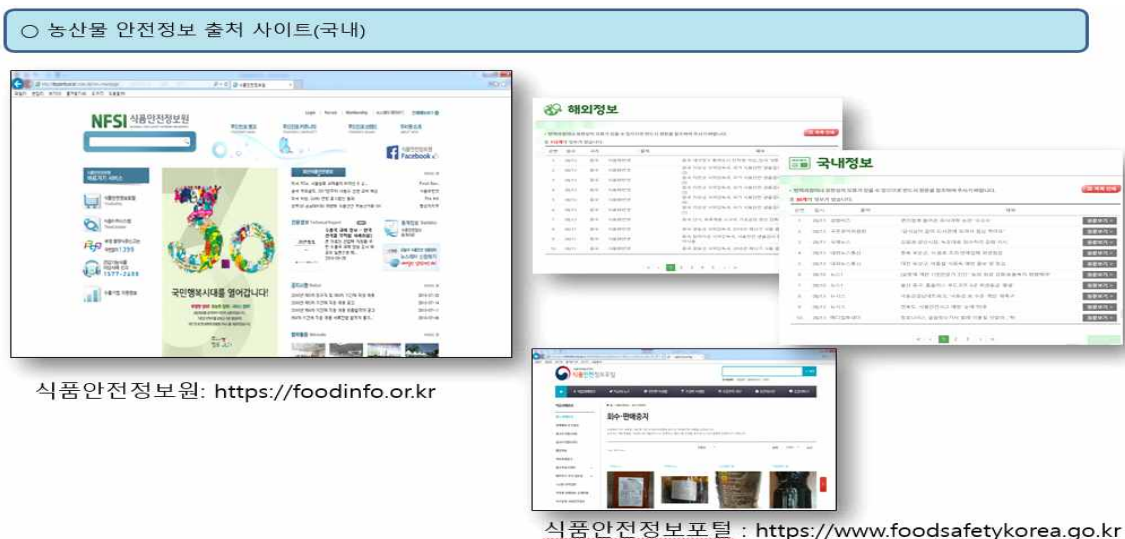


Figure 11. 식품안전정보원의 정보 예시

Table 19. 농식품 안전정보 출처 사이트

식품안전정보원: <https://foodinfo.or.kr>

식품안전정보포털 : <https://www.foodsafetykorea.go.kr>

일본 후생노동성 : <https://www.mhlw.go.jp/english/topics/importedfoods>

EU RASFF : <https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/porta>

대만 부적합 정보 : <https://consumer.fda.gov.tw/Food/UnsafeFood>

중국 부적합 정보 : <http://jckspaqj.aqsiq.gov.cn/jckspzhpfxyj/>

미국 부적합 정보 : <https://www.fda.gov/safety/recalls/>

Date	Brand Name	Product Description	Reason for Problem	Company
07/23/2018	Mrs. Friedman's Food Line, Captain John Dantini's, more	Swiss Rolls and Bread	Salmonella	Flowers Foods, Inc.
07/21/2018	Ritz	Cracker Sandwiches	Salmonella	Mondelēz Global LLC

캐나다 부적합 정보 : <http://www.inspection.gc.ca/about-the-cfia/newsroom/food-recall-warnings/eng/1299076382077/1299076493846>

Posted	Recall	Class	Distribution
2018-07-21	Food Recall Warning - Certain \$110 Chicken Fillets recalled due to Salmonella	Class 1	National

2) 카테고리 확립

정보의 카테고리는 국내외 농식품 안전정보의 발생일자, 검사대상, 원료유형, 정보근거, 원산지, 위해항목군 등을 고려하여 데이터를 수집하였고, 엑셀 피벗을 활용할 수 있도록 정보를 분류하였다.

Table 20. 농산물 안전정보 수집 예

년	월	일	원료_대분류	원료_중분류	검사_대상	원산지	위해항목_대분류	위해항목_중분류	검출량	기타	정보근거
2017	7	11	견과류	피스타치오	미탈각 피스타치오	이란	곰팡이독소	아플라톡신	B1 = 18.6; Tot = 22.6 µg/kg	곰팡이독소 기준초과	RASFF 20170707
2017	7	11	코코넛	코코넛 젤	코코넛 젤	필리핀	색소	Aullura red (E129)	94 mg/kg	미승인색소	RASFF 20170707
2017	7	11	향신료	후추	후추	브라질	병원성미생물	살모넬라	검출량	미승인색소	RASFF 20170707

3) 카테고리 확립 (원료유형)

농산물을 분류체계에 근거하여, 대분류(곡류, 서류, 두류, 견과류, 종실류, 과일류, 채소류, 버섯류 등) 및 소분류(과일류의 경우 인과류, 감귤류, 핵과류, 장과류, 열대과일류 등)로 세분화하여 수집된 정보를 분류하였다. 또한, 신중유해물질을 포함한 위해성분의 대분류 및 소분류를 아래 표와 같이 카테고리를 설정하여 적용하였다.

Table 21. 농산물 분류표 (출처: 식품공전)

대분류	소분류	품목
곡류	-	쌀, 보리, 밀, 메밀, 조, 수수, 옥수수, 귀리, 호밀, 고량미, 울무, 기장, 피, 퀴노아, 트리티케일 등
서류	-	감자, 고구마, 토란, 마, 카사바(타피오카), 곤약(구약) 등
콩류	-	대두, 녹두, 완두, 강낭콩, 동부, 팥, 잠두, 피전피, 리마콩, 이집트콩, 그린콩, 렌즈콩, 작두콩 등
견과	땅콩 또는 견과류	밤, 호두, 은행, 잣, 땅콩, 아몬드, 피칸, 케슈너트, 개암, 마카다미아, 피스타치오, 도토리 등
종실류	유지 종실류	참깨, 면실, 해바라기씨, 호박씨, 들깨, 올리브, 달맞이꽃씨, 목화씨, 유채(카놀라)씨, 팥, 홍화씨 등
	음료 및 감미 종실류	커피원두, 카카오원두, 콜라 너트, 과라나
과실류	인과류	사과, 배, 모과, 감, 석류 등
	감귤류	감귤, 오렌지, 자몽, 레몬, 유자, 라임, 금귤, 탕자, 시트론 등
	핵과류	복숭아, 대추, 살구, 자두, 매실, 체리, 넥타린, 앵두, 산수유, 오미자 등
	장과류	포도, 딸기, 무화과, 오디, 월굴, 커런트, 베리, 구기자, 머루, 복분자(산딸기, 나무딸기 포함), 으름 등
	열대 과일류	바나나, 파인애플, 키위(참다래), 아보카도, 파파야, 대추야자, 망고, 구아바, 코코넛, 리치, 패션 프루트, 두리안, 망고스틴 등
채소류	결구 엽채류	배추, 양배추, 브로콜리 등

	엽채류	엇갈이배추(쌈배추, 봄동 등 포함) 상추, 양상추, 시금치, 들깻잎, 쪽갓, 아욱, 근대, 머위,
		무(열무 포함, 잎), 취나물, 고춧잎, 참나물, 케일, 청경채, 갓, 냉이, 치커리(잎), 앤디브, 파슬리,
		호박잎, 신선초, 고추냉이(잎), 비름나물, 썸바귀, 우엉잎, 겨자채, 뉴그린, 다청채, 당귀잎, 쑥,
		등글레(잎) 등
	엽경채류	파, 부추, 미나리, 고구마줄기, 토란줄기, 고사리, 아스파라거스, 셀러리, 죽순, 콜라비, 원추리, 두릅, 달래, 고비, 풋마늘(마늘쫑포함), 돌나물, 락교 등
	근채류	무(뿌리), 양파, 마늘, 당근, 생강, 연근, 우엉, 도라지, 더덕, 비트(사탕무), 순무, 파스닙, 야콘, 고추냉이(뿌리), 치커리(뿌리), 인삼(산양삼 포함), 등글레(뿌리) 등
	박과 과채류	오이, 호박, 참외, 수박, 멜론, 서양호박(단호박) 등
	박과 이외 과채류	토마토, 방울토마토, 고추, 피망(파프리카 포함), 가지, 오크라, 풋콩 등
버섯류	-	느타리버섯, 송이버섯, 표고버섯, 양송이, 싸리버섯, 팽이버섯, 목이버섯, 영지버섯, 새송이버섯,
		목질진흙버섯(상황버섯), 갓버섯, 나도팽나무버섯(맛버섯), 황금빨나팔버섯, 신령버섯, 석이버섯 등
향신료	-	겨자, 계지, 계피(육계), 고수열매, 고추냉이, 로즈마리, 몰약, 바실(바질), 박하, 백리향, 사프란, 산초, 서양박하, 월계잎, 육두구, 정향, 차조기, 회향, 후추, 쿠민, 카피, 강황, 심황, 소두구 등
차	-	차
호프	-	호프
조류	-	갈래곰보, 갈파래, 곰피, 김, 꼬시래기, 다시마, 돌가사리, 둥근돌김, 뜸부기, 매생이, 모자반, 미역,
		불등가사리, 석목, 스피루리나, 우뚝가사리, 진두발, 청각, 클로렐라, 톳, 파래 등
기타	-	사탕수수, 단수수, 결명자, 마테, 자스민, 돌외잎, 마타리, 물방기, 질경이,
식물류		참나리 등

Table 22. 위해성분 분류

	위해성분(대분류)	주요 성분	성분수
1	잔류농약	acetamiprid, carbendazim, chlorpyrifos, fipronil, triazophos, dimethoate 등	466
2	중금속	Hg, Pb, Al, Cd, As, inorganic-As, Methyl-Hg, Cr, Sb, I, Sn 등	20
3	곰팡이독소	aflatoxinB1,B2,G1,G2,M1, ochratoxinA, fumonisin Deoxynivalenol, T-2 등	20
4	동물용의약품	chlormphenicol, furazolidone, enrofloxacin, nitrofurantoin, malachitegreen, nitrofurazone 등	193
5	병원성세균	<i>Salmonella</i> , <i>Standard plate count</i> , <i>Listeria</i> , <i>Coliform</i> , <i>E-coli</i> , <i>EHEC</i> , <i>S.aureus</i> , <i>Cl.botulinum</i> , <i>B.cereus</i> , <i>Cl.perfringens</i> 등	20
6	바이러스	노로바이러스, A형바이러스, 조류독감, 구제역 등	20
7	식품첨가물	표백제, 보존료, 색소, 인공감미료, 허용외 첨가물 등	661
8	가공중 생성 비의도적 오염물질	PAHs, HCA, Biogenic amine, Nitrosamine, acrylamide, ethyl carbamate 등	50
9	포장재유래 및 환경호르몬 성분	PCBs, Dioxins, Bisphenol A, Phthalate, 형광증백제, ESBO, 미네랄 오일 등	20
10	기타	방사능, 방사선조사, 알레르기, GMO, 이물, 기생충, EMA (Economically Motivated Adulteration) 성분 등	45

라. 국내외 위해정보 수집 및 평가

1. 농산물안전정보 요약

1) 농산물안전정보 건수 (년도)

2016년부터 2018년까지 수집된 국내외 농산물 안전정보는 2016년 3638건, 2017년 3335건, 2018년 3063로 총 10,315건에 대한 정보를 수집하였다.

2) 농산물안전정보 건수 (농산물 유형)

수집된 농산물안전정보를 유형에 따라 분류하면, 채소류 2201건, 과실류 2046건, 견과류 1714건, 향신료 1066건, 차류 693건 등이었으며, 전체 정보의 구성은 채소류 21%, 과실류 20%, 견과류 17%, 향신료 10%, 차류 7%, 곡류 6%, 종실류 6%, 기타식물류 5%, 콩류 3%, 버섯류 3%, 서류 2%로 분류되었다. 특히, 채소류, 과실류, 견과류의 농산물안전정보가 전체의 약 60%를 차지하였다.

3) 농산물안전정보 건수 (위해항목군)

수집된 농산물안전정보를 위해항목군에 따라 분류하면, 잔류농약 40258, 곰팡이독소 2159건, 병원성미생물 838건, 일반미생물 701건, 표백제 598건, 무기성분 324건, 색소 269건, 보존료 253건 등이었으며, 전체 정보의 구성은 잔류농약 39%, 곰팡이독소 21%, 병원성미생물 8%, 일반미생물 7%, 표백제 6%, 무기성분 3%, 색소 2% 등으로 분류되었다. 특히, 잔류농약, 곰팡이독소, 병원성미생물, 일반미생물, 표백제의 농산물안전정보가 전체의 약 80%를 차지하였다.

4) 농산물안전정보 건수 (부적합 원산지)

수집된 농산물안전정보를 부적합 원산지에 따라 분류하면, 중국 2704건, 미국 1048건, 터키 762건, 인도 574건, 일본 374건, 베트남 372건, 태국 365건, 한국 248건 등이었으며, 전체 정보의 구성은 중국 33%, 미국 13%, 터키 9%, 인도 7%, 일본 5% 등으로 분류되었다. 특히, 중국, 미국, 터키, 인도의 부적합 농산물안전정보가 전체의 약 60%를 차지하였다.

5) 농산물안전정보 건수 (농산물 유형, 위해항목군)

농산물 유형, 위해항목군 부적합 농산물안전정보는 표*와 같이 정보를 분류할 수 있으며, 특히, 잔류농약, 곰팡이독소, 병원성미생물, 일반미생물, 표백제, 무기성분 등의 위해항목군 농산물 유형 특성에 따라 검출 정보의 차이가 있었다. 잔

류농약은 채소류 및 과실류에서 곰팡이독소는 견과류에서, 병원성미생물은 종실류, 채소류 및 향신료에서, 일반미생물은 곡류, 과실류, 채소류에서 표백제는 과실류와 채소류, 무기성분은 채소류에서 색소는 차류에서 정보가 많았다.

2. 농산물안전정보 상세정보 요약

1) 농산물안전정보 건수 (위해항목, 잔류농약)

잔류농약 4028건 중 chlorpyrifos, fipronil, carbofuran, acetamiprid, 2,4-D, propargite, imidacloprid, carbendazim, cypermethrin, profenofos 순으로 부적합이 높게 발생하였다. 상위 10개 농약 전체 농산물안전정보의 32%를 차지하였다. 또한, 농산물 유형으로는 채소류, 과실류, 향신료, 차류, 기타식물류 순이었다.

또한, 잔류농약 chlorpyrifos, fipronil, carbofuran, acetamiprid, 2,4-D, propargite, imidacloprid, carbendazim, cypermethrin, profenofos 상위 10개 잔류농약에 대한 부적합 정보 중 chlorpyrifos는 샐러리, 피망, 후추, 시금치, 고추, 사과, 부추, 레몬 등 다양하게 부적합 정보가 있었으며, fipronil은 고추, carbofuran 구기자 및 고추, acetamiprid 산초 및 쿠민, 2,4-D는 카카오, propargite 구기자, imidacloprid 참깨, carbendazim 후추, cypermethrin 바실, profenofos 굴 및 쿠민에서 특히 부적합 정보가 많았다.

2) 농산물안전정보 건수 (위해항목, 곰팡이독소)

곰팡이독소 2159건 중 아플라톡신, 오크라톡신A, DON, 제랄레논, 푸모니신, 파툴린 순으로 부적합이 높게 발생하였다. 특히, 곰팡이독소 정보 중 아플라톡신은 86%, 오크라톡신A 9%, DON 3%으로 전체 농산물안전정보 98%를 차지하였다. 또한, 농산물 유형으로는 견과류에서 땅콩, 피스타치오, 무화과, 헤이즐넛, 아몬드, 고추 등에서 아플라톡신이 높게 검출되었으며, 오크라톡신은 포도 및 무화과, DON은 밀, 푸모니신은 옥수수에서 정보가 많았다.

3) 농산물안전정보 건수 (위해항목, 병원성미생물)

병원성미생물 838건 중 살모넬라, 리스테리아, 장출혈성대장균, 바실러스세레우스 순으로 부적합 정보가 많았다. 특히, 병원성미생물 정보 중 살모넬라가 72%, 리스테리아 19%으로 전체 농산물안전정보 90%를 차지하였다. 또한, 농산물 유형으로는 살모넬라는 참깨, 구장나무잎, 후추, 피스타치오, 고추, 코코넛 등에서 높게 검출되었으며, 리스테리아는 채소, 견과믹스 및 해바라기씨 등에서 정보가 많았다.

4) 농산물안전정보 건수 (위해항목, 일반미생물)

일반미생물 700건 중 곰팡이, 일반세균수, 대장균군, 대장균, 세균발육시험 등의 순으로 부적합 정보가 많았다. 특히, 일반미생물 정보 중 곰팡이 36%, 일반세균수 26%, 대장균군 23%, 대장균 14%으로 전체 농산물안전정보 99%를 차지하였다. 또한, 농산물 유형으로는 곰팡이는 쌀, 밀, 땅콩, 커피, 피스타치오, 일반세균수는 노니 및 감자, 대장균군은 망고, 콩, 땅콩 등에서 정보가 많았다.

5) 농산물안전정보 건수 (위해항목, 표백제)

표백제 598건 중 이산화황, 과산화벤조일, 과산화수소 등의 순으로 부적합 정보가 많았다. 특히, 표백제 정보 중 이산화황 99%으로 전체 농산물안전정보 대부분을 차지하였다. 또한, 농산물 유형으로는 이산화황은 살구, 죽순, 땅콩, 포도, 배추, 원추리, 고추, 매실, 버섯 등에서 정보가 많았다.

6) 농산물안전정보 건수 (위해항목, 무기성분)

무기성분 324건 중 납, 카드뮴, 비소, 알루미늄, 수은, 크롬 등의 순으로 부적합 정보가 많았다. 특히, 무기성분 정보 중 납 42%, 카드뮴 42%, 비소 5%, 알루미늄 4%, 수은 3%으로 전체 농산물안전정보 95%를 차지하였다. 또한, 농산물 유형으로는 납은 산초, 강황, 쿠민, 매실, 꿀, 녹차 등에서 카드뮴은 양파, 버섯, 부추, 쌀 등에서, 비소는 버섯, 알루미늄은 감자, 수은은 버섯 등에서 정보가 많았다.

7) 농산물안전정보 건수 (위해항목, 색소)

색소 269건 중 황색5호, 황색4호, 적색102호, 청색1호, 수단색소, 아트라퀴논, 카라멜색소, 적색2호 등의 순으로 부적합 정보가 많았다. 특히, 색소 정보 중 황색5호 15%, 황색4호 14%, 청색1호 13%, 적색102호 12%, 아트라퀴논 9%, 수단색소 9%, 카라멜색소 4%, 적색2호 4%으로 전체 농산물안전정보 80%를 차지하였다. 또한, 농산물 유형으로는 황색5호는 망고, 황색4호는 홍차, 적색102호는 딸기, 청색 1호는 블루베리및고구마, 수단색소는 고추, 안트라퀴논은 녹차 및 홍차, 카라멜색소는 홍삼 등에서 부적합 정보가 많았다.

8) 농산물안전정보 건수 (위해항목, 보존료)

보존료 253건 중 안식향산, 소르빈산, 프로피온산, 보존료, 데히드로초산 등의 순으로 부적합 정보가 많았다. 특히, 보존료 정보 중 안식향산 43%, 소르빈산 19%, 프로피온산 15%, 데히드로초산 8%으로 전체 농산물안전정보 85%를 차지하였다. 또한, 농산물 유형으로는 황색5호는 망고, 황색4호는 홍차, 적색102호는 딸기, 청색 1호는 블루베리및고구마, 수단색소는 고추, 안트라퀴논은 녹차 및 홍차, 카라멜색소는 홍삼 등에서 부적합 정보가 많았다.

3. 검토 필요사항

1) 위해항목군 및 농산물 유형에 따른 신호등 정보 알림 (ALERT)

경보(ALERT) 알림을 도입하기 위해서, 각 열(농산물 유형)을 정보 건수를 기준으로 4분위수로 나눠 신호등(빨간색: 76-100%, 노란색 51-75%, 초록색 26-50%, 흰색 0-25%)로 표시하여 ALERT을 알 수 있도록 자동 표시화되며, 각각의 조치 및 모니터링 주기는 아래 표와 같다. 특히, 채소류의 경우 잔류농약, 과실류는 잔류농약, 곰팡이독소, 표백제, 견과류의 경우는 곰팡이독소, 향신료는 잔류농약, 차류는 잔류농약 등에 대해 집중 모니터링이 요구된다.

Table 23. 색상에 따른 ALERT 시스템

색상	범위	조치 (예)	모니터링 주기(예)
빨간색	76-100%	집중 모니터링 대상	매달 1회
노란색	51-75%	의무 모니터링 대상	분기 1회
초록색	26-50%	정기 모니터링 대상	반기 1회
흰색	0-25%	비정기 모니터링 대상	년 1회

Table 24. 위해항목군 및 농산물 유형에 따른 정보 알림

항 레이블	채소류	과실류	견과류	향신료	차류	곡류	종실류	기타식물류	콩류	버섯류	서류	총합계
잔류농약	1227	898	27	555	399	132	187	294	193	86	30	4028
곰팡이독소	132	273	1384	80	4	220	47	14	5			2159
병원성미생물	156	49	88	120	24	49	231	70	21	18	12	838
일반미생물	105	134	77	28	38	143	47	26	45	16	42	701
표백제	152	239	52	35	16	8	11	15	12	40	18	598
무기성분	107	27	2	50	33	30	8	15	3	38	11	324
색소	49	80	10	21	73	4	4	7	3	2	16	269
보존료	84	50	3	7	32	11	11	19	11	16	9	253
기타	43	29	18	19	49	22	27	21	4	4	2	238
이물	20	17	6	109	12	9	5	44	6	2	2	232
알레르기	35	56	34	23	2	17	8	8	12	2	11	208
인공감미료	50	44	4	2	7	6	1	5	3	1	4	127
방사능	15	36			2			6		28		87
바이러스	7	56										63
시안		20	9				12	3			6	50
GMO		18				23		1	2			44
산화방지제	2	14		1		2	6			12	7	44
PAHs	6			12		2	2					22
기생충	2			2			1	1				6
방사선	3			1						1		5
동물용의약품	1	3										4
발색제	3										1	4
조리중생성				1							2	3
비타민		3										3
첨가물					2							2
포장재	2											2
잔류용매							1					1
총합계	2201	2046	1714	1066	693	678	609	549	320	266	173	10315
	76-100		51-75		26-50		0-25					

2) 월별 위해항목의 트렌드 분석

위해정보의 트렌드를 알기 위해 부적합 추이를 확인하여, 이에 따른 추이그래프(엑셀 스파크라인)를 삽입하여 시각적으로 문제가능성을 확인할 수 있도록 하였다. 빨간색은 평균적인 달보다 75%이상으로 높은 수준임을 의미한다. 또한, 세부내용의 확인은 엑셀 프로그램에서 용이하게 접근이 가능하다.

Table 25. 월별 위해항목 트렌드 현황

항 레이블	201801	201802	201803	201804	201805	201806	201807	201808	201809	201810	201811	총합계	스파크라인
잔류농약	147	117	120	114	125	126	99	156	123	138	101	1366	
곰팡이독소	54	60	97	49	77	78	54	48	37	70	69	693	
병원성미생물	23	13	39	35	36	33	22	31	14	28	20	294	
일반미생물	25	25	26	17	16	31	24	21	16	20	18	239	
표백제	19	14	14	15	8	10	15	13	9	9	18	144	
무기성분	8	10	5	6	7	9	8	17	10	18	19	117	
이물	4	4	3	5	4	5	1	24	6	21	25	102	
색소	7	6	8	9	5	6	4	2	1	15	20	83	
보존료	12	13	5	2	2	4	1	13	5	3	15	75	
기타	11	7	4	8	3	4	7	1	4	9	9	67	
알레르기	3	4	6	2	3	1	2	3	3	6	6	39	
방사능	1	1		6	12	4	3	2		4	3	36	
시안	3	6	2	3	2	1		1		2	3	23	
인공감미료	1	2	3	1		2		1	3	1	6	20	
바이러스	2	1	1	3	6	2	1	1				17	
PAHs		2	2			3		2		2		11	
GMO		1		1		5	1	2				10	
기생충						1		1	2		1	5	
방사선					2				1			3	
산화방지제											2	2	
조리중생성	1											1	
잔류용매					1							1	
총합계	321	286	335	276	309	325	242	339	234	346	335	3348	

3) 한국산 농산물의 해외 부적합 현황

국내 농산물의 해외 수출시 발생하는 부적합에 대한 내용을 업데이트함으로써, 향후 발생가능한 문제점을 사전에 찾고, 선제적 대응을 하고자 한다. 딸기, 대추, 메론 등의 잔류농약에서 문제가 지속되고 있으므로, 관심을 기울일 필요가 있다.

4) 2018년 신규 발생 정보

54개 성분이 2016년 또는 2017년 발생하지 않았던 성분으로서, 주로 잔류농약이 대부분이었으며, 일부 색소(수단색소, 카민 등), 독소 등이 취합되었다. 향후, 잔류농약의 경우도 PLS(Positive List System)가 시행됨에 따라 부적합 증가가 예상됨으로 보다 철저한 생산단계의 전반적인 검토가 요구되어진다.

Table 26. 2018년 신규발생 위해성분 리스트

2,6-DIPN	isoprazam	thifluzamide
2-phenylphenol	mandipropamid	triflumuron
acequinocyl	MCPA	triforine
azaconazole	methiocarb	zoxamide
benzothiazole	methoprene	니파바이러스
butachlor	methyl pentachlorophenylsulfide	독말풀
cyproconazole	oxycarboxin	메틸아세테이트
diazinon	PCNB	심황색소
dicrotophos	penhiopyrad	에틸렌옥사이드
diphenylamine	phenmedipham	원포자중속
disulfoton	piperonyl butoxide	이산화티타늄
fenoxycarb	proquinazid	초산에틸
flubendiamide	pyribencarb	acid orange II
fluquinconazole	pyriproxyfen	카민
flutolanil	quizalofop-ethyl	nitrate
fluxapyroxad	sodium parachlorophenoxy	morphine
heptachlor	spiromesifen	sudan1
isazofos	sulfoxafior	sudan3

5) 신중유해물질

아래 표와 같이 일부 자연독소, 색소 등이 지속적으로 발생됨에 따라 검토가 필요할 것으로 사료된다. 특히, 국내에는 미설정 항목 또는 국내 규격이 상이한 유해물질에 대하여서는 지속적인 관찰이 필요하다고 생각된다.

Table 27. 검토필요 유해물질

유해물질	주요 내용
Pyrrolizidine alkaloid	식물독소(PAs, Pyrrolizidine alkaloids) : 자연적으로 발생하는 식물의 2차 대사산물로 현재 350여종이 알려져 있으며, 간독성·정맥 폐쇄증 등을 유발하며, 식물독소에 오염된 농식품을 섭취하지 못하도록 사전 차단이 가능할 필요가 있음.
Atropine	부교감신경차단제. 나팔꽃 등 가지과의 식물에 함유되어 있는 알칼로이드의 일종이고 스코폴라민과 함께 벨라돈나 알칼로이드로 일컬어 짐. 부교감신경 차단작용을 나타내고, 여러가지 분비선억제, 동공산대, 안내압상승, 평활근이완, 심박수 증대 등의 작용을 볼 수 있으며, 다량이고 중추신경계에 흥분, 뒤에 마비를 가져오고, 발양, 환각, 체온하강, 호흡마비를 가져 올 수 있음.
Scopolamine	무색 결정이며 싸리풀·독말풀·흰가시독말풀 등의 종자나 잎에 히오스시아민(hyoscyamine)과 공존하고 있으며, 부교감신경억제제·진통제·진정제로서, 간질·모르핀중독·알코올중독·천식·멀미 등에 쓰이는 외에, 안과에서는 산동제로 사용됨. 아트로핀과 비슷한 약리작용을 가짐.
Anthraquinone	방향족 유기화합물이다. 안트라센의 유도체이다. 황색으로부터 옅은 재빛을 띤 화합물이다. IUPAC명은 안트라센-9,10-디온이지만, 별명으로 9,10-안트라센디온, 안트라디온, 안트라센-9,10-퀴논 등이 있다. 물과 알코올에는 녹지 않지만, 니트로 벤젠과 아닐린에는 잘 녹는다. 화학적으로 매우 안정된 화합임.알로에와 차풀, 루바브와 카스카라 사그라다 등 몇몇 식물에서 얻을 수 있다. 또 균과 조류(藻類), 곤충 등에도 있고, 착색의 원인이 되는 물질이며, 천연 안트라퀴논 유도체는 설사약으로 많이 사용됨.

Table 28. Pyrrolizidin alkaloid 안전정보현황

년도	월	날짜	검사대상	원료유형	품목	정보근거	원산지	위해항목군	위해항목
2018	201808	20180828	유기농 카모마일차	차류	허브차	RASFF	덴마크	기타	pyrrolizidine alkaloids
2018	201802	20180215	유기농 스피어민트 차	차류	허브차	RASFF	이란	기타	pyrrolizidine alkaloids
2018	201801	20180105	허브차	차류	허브차	RASFF	프랑스	기타	pyrrolizidine alkaloids
2017	201710	20171025	허브차	차류	허브차	RASFF	프랑스	기타	pyrrolizidine alkaloids
2017	201704	20170427	회향 함유 허브차	차류	허브차	독일	독일	기타	pyrrolizidine alkaloids
2017	201704	20170427	회향 함유 허브차	차류	허브차	독일	독일	기타	pyrrolizidine alkaloids
2017	201704	20170419	허브차	차류	허브차	독일	독일	기타	pyrrolizidine alkaloids
2017	201701	20170118	카모마일차	차류	허브차	독일	프랑스	기타	pyrrolizidine alkaloids
2016	201609	20160907	허브 약차	차류	허브차	독일	독일	기타	pyrrolizidine alkaloids
2016	201608	20160825	허브차	차류	허브차	독일	독일	기타	pyrrolizidine alkaloids
2016	201601	20160110	허브차	차류	허브차	독일	독일	기타	pyrrolizidine alkaloids
2016	201601	20160110	페퍼민트차	차류	허브차	독일	독일	기타	pyrrolizidine alkaloids