



유통 수삼 중 잔류농약 모니터링 및 안전성 평가

노현호 · 이재윤 · 박효경 · 정혜림 · 이정우 · 진미지 · 최황 · 윤상순¹ · 경기성*

충북대학교 농업생명환경대학 환경생명화학과, ¹식품의약품안전처 식품의약품안전평가원 첨가물포장과

Monitoring and Safety Assessment of Pesticide Residues in Ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) from Traditional Markets

Hyun Ho Noh, Jae Yun Lee, Hyo Kyoung Park, Hye Rim Jeong, Jeong Woo Lee, Me Jee Jin, Hwang Choi, Sang Soon Yun¹ and Kee Sung Kyung*

Department of Environmental and Biological Chemistry, College of Agriculture, Life and Environment Sciences, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea

¹Food Additives and Packaging Division, National Institute of Food and Drug Safety Evaluation, Ministry of Food and Drug Safety, Cheongju 28159, Korea

(Received on March 10, 2016. Revised on March 22, 2016. Accepted on March 25, 2016)

Abstract This study was carried out to survey residual characteristics of pesticide in fresh ginsengs collected from 45 markets at 15 regions in Korea using multiresidue analysis with a GC-MS/MS and an LC-MS/MS. After residue analysis was performed, the pesticides detected from ginsengs were quantitated using their analytical methods validated by recovery tests with a GC-ECD/NPD. As a results of analysis of pesticide residue, cypermethrin, fenitrothion, fludioxonil, thifluzamide, and tolclofos-methyl were detected from 16 samples among 45 samples in total, indicating detection rate was 35.6%. Toleclofos-methyl was found to be highest in detection frequency in ginseng. Fenitrothion that has not established maximum residue limit and pre-harvest interval for ginseng was detected. The amounts of all pesticides detected were less than their MRLs. Ratios of estimated daily intakes to acceptable daily intakes of the detected pesticides in ginseng were found to be from 0.03 to 16.67%.

Key words Ginseng, multiresidue analysis, pesticide residue, monitoring, ADI

<< ORCID

Kee Sung Kyung

<http://orcid.org/0000-0002-1425-5907>

서 론

식품 중 잔류농약에 대한 소비자의 불신을 해소하기 위하여 우리나라를 포함한 세계 각국에서는 잔류농약 모니터링 기법을 발전시키고 있으며, 이를 적용하여 유통 식품 중 잔류농약을 모니터링하고 있다. 우리나라는 1968년부터 농산물 중 잔류농약을 모니터링하고 있으며, 현재 식품의약품안전처, 국립농산물품질관리원, 시·도보건환경연구원 등의 국

가기관과 민간 연구소 등에서 지속적인 연구를 수행하고 있다(Kim 등, 2008). 유럽식품안전청(European Food Safety Authority, EFSA)에서는 회원국이 공동으로 대상 농약과 작물을 선정하여 잔류농약을 모니터링하는 사업을 추진하고 있으며, 이와 별개로 유럽연합(European Union, EU)의 각 회원국에서는 자국의 여건에 따라 대상 농약과 작물을 선정하여 잔류농약 분석을 한 후 결과를 취합하여 발표하고 있다(Kim 등, 2010). 또한 일본의 경우 후생노동성에서 식품 중 잔류농약의 안전성 조사를 수행하고 있다(Kim 등, 2010). 과거에는 선진국을 중심으로 잔류농약 모니터링이 실시되었지만 현재에는 파키스탄과 가나 등 개발도상국에서도 연구가 진행되고 있다(Darko 등, 2008).

다성분동시분석법은 분석의 효율이 단성분 분석에 비하여 떨어지지만 한번의 전처리로 여러 농약을 동시에 분석할 수

*Corresponding author

E-mail: kscopyung@chungbuk.ac.kr

있기 때문에 시간과 비용을 절약할 수 있는 분석법이다. 2003년 미국농무부(United States Department of Agriculture, USDA)에서 개발한 QuEChERS (quick, easy, cheap, effective, rugged and safe) 방법은 분석 절차가 간편하여 빠르고 쉬울 뿐만 아니라 그에 따른 분석 소요 비용이 절약되며, 효과적이며 단순한 방법으로 분석이 가능하고 적은 용매를 사용하기 때문에 안전한 분석법으로 이를 응용하여 많은 다성분동시분석법이 개발되고 있다(Ju 등, 2011; Kwon 등, 2011, Cho 등, 2013).

QuEChERS 분석법이 발전하게 된 계기는 분석장비의 발전이 있었기 때문에 가능한 일이다. 기존에는 GC (gas chromatograph)와 HPLC (high performance liquid chromatograph)를 이용하여 잔류농약을 분석하는데 큰 어려움은 없지만 기화가 어려운 극성화합물과 열에 약한 화합물 등은 GC로 분석이 불가능하며, 최근 개발되고 있는 농약은 구조가 복잡하여 일반적인 HPLC-UVD/FLD로 분석이 불가능한 경우가 있다(Lee 등, 2013). 따라서 GC와 HPLC를 이용한 분석의 한계를 개선하기 위하여 GC와 HPLC 또는 UPLC (ultra performance liquid chromatograph)에 질량분석기 (mass spectrometer, MS)를 장착한 GC-MS/MS와 LC-MS/MS로 잔류물을 분석하는 것이 현재 추세이다. 첨단 분석장비의 발전과 함께 잔류농약 분석의 정량한계(limit of quantitation, LOQ)가 낮아짐에 따라 극미량의 잔류물까지 검출할 수 있게 되었으며, 보다 정확한 잔류량을 산출할 수 있게 되었다(Kim 등, 2011). 실제로 2001년부터 2007년까지의 국내 유통 농산물 중 잔류농약 모니터링 결과를 보면 검출율이 2005년까지는 10% 내외이었지만 질량분석기의 보급이 활발해진 2006년부터는 20% 대의 검출율을 보였다. 그에 비하여 잔류허용기준을 초과하거나 미등록 농약 검출로 인한 부적합율은 증가하거나 감소하는 경향을 보이지는 않았다(Do 등, 2010). 이러한 결과로 미루어 볼 때 질량분석기의 도입은 분석의 질 향상과 동시에 유통 농산물의 안전성 확보에 많은 기여를 하고 있다고 판단된다.

국립농산물품질관리원의 2011년도 조사 결과에서 861건의 농산물이 잔류허용기준 초과 등으로 부적합 판정을 받았으며, 그 중 수삼이 35건으로 4번째로 높은 부적합율을 보였다(NAQS, 2012). 2013년도의 경우 2011년보다 적은 716건이 부적합 판정으로 받았으며, 그 중 25건의 수삼이 부적합 판정을 받아 출하연기, 용도 변경 및 폐기 등의 행정 조치를 받았다(NAQS, 2014). 이와 같이 국립농산물품질관리원에서는 농산물 중 농약의 잔류허용기준을 초과한 부적합품의 시중 유통을 차단하여 안전한 농산물을 공급하고 농산물에 잔류하는 유해물질의 실태조사 및 위해평가를 통하여 우리 농산물의 안전성 향상을 목적으로 생산, 유통 및 판매 단계의 농산물을 모니터링한 후 그 결과를 공개하고 있다. 각 시·도 보건환경연구원에서는 경매 전 농산물을 잔류농

약 모니터링하여 잔류허용기준을 초과한 농산물은 유통을 차단하고 있다. 식품의약품안전처의 경우 수입 농산물과 유통 농산물을 대상으로 잔류농약 모니터링 연구를 수행하고 있다.

이와 같이 일반 농산물에 대한 잔류농약 모니터링은 여러 기관에서 다양한 분석법을 확립하여 잔류농약 모니터링을 실시하고 연구 결과를 보고하고 있지만 인삼 중 잔류농약 모니터링 연구는 미흡한 실정이다. 또한 인삼의 주요 생산 및 소비국가가 아시아에 편중되어 있고 한국과 중국의 일부 기관과 연구자들에 의하여 연구가 진행되고 있어 연구결과의 다양성과 대표성이 미흡하여 안전성 확보를 위한 근거로는 부족한 것이 현실이며, 다양한 불순물이 포함되어 있는 인삼은 분석이 매우 까다롭기 때문에 다성분동시분석에 대한 연구가 일부 진행되고 있지만 미흡한 실정이다. 따라서 이 연구는 현재 식품의약품안전처에서 시행하고 있는 다성분동시분석법으로 국내 유통 중인 수삼 중 잔류농약을 모니터링하기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

시험작물 및 시험농약

시험작물은 우리나라에서 유통되고 있는 수삼이었으며, 식품의약품안전처고시 제2015-78호의 GC-MS/MS (gas chromatograph-tandem mass spectrometer)와 UPLC-MS/MS (ultra performance liquid chromatograph-tandem mass spectrometer)의 다중농약다성분 분석법-제2법에 제시된 400종의 농약을 대상으로 하였다.

시료채취

시료는 우리나라에서 수삼이 주로 유통되는 15개 지역에서 채취하였으며, 지역별 3개의 재래시장 상점에서 시료를 구입하여 총 45점의 분석용 시료로 사용하였다. 시료채취 지역은 전국 분포도와 연간 생산량을 고려하여 선정하였으며, 모두 미계약포에서 재배한 인삼이었다. 생산량이 적거나 없는 광역자치단체인 서울, 대전, 대구, 부산, 인천, 울산, 광주, 세종, 경남, 제주주는 시료채취 지역에서 제외하였으며, 경기도는 생산량이 많고 대규모 유통 단지가 많기 때문에 3개 시·군(연천, 여주, 파주)에서 시료를 채취하였다. 강원도는 홍천과 횡성, 충북은 괴산과 음성, 충남은 논산과 금산, 전북은 고창과 김제, 전남은 영광과 영암, 경북은 영주와 봉화에서 시료를 채취하였다.

수삼 중 잔류농약 모니터링

수삼 중 잔류농약 분석은 식품의약품안전처고시 제2015-78호의 다중농약다성분 분석법-제2법에 준하여 수행하였으며, GC-MS/MS와 LC-MS/MS를 이용하여 잔류농약을 분석

Table 1. Purification conditions for the analysis of detected pesticides in ginseng by column chromatography

Pesticide	Adsorbent	Washing		Elution	
		Volume (mL)	Mixed solvent	Volume (mL)	Mixed solvent
Cypermethrin	Florisil	50	<i>n</i> -Hexane:DCM ^{a)} (80:20, v/v)	50	<i>n</i> -Hexane:DCM:ACN ^{b)} (49.65:50:0.35, v/v/v)
Fenitrothion	Florisil	50	<i>n</i> -Hexane:DCM (80:20, v/v)	50	<i>n</i> -Hexane:DCM:ACN (49.65:50:0.35, v/v/v)
Fludioxonil	Silica gel	15	DCM	50	DCM
Thifluzamide	Florisil	50	<i>n</i> -Hexane:DCM (80:20, v/v)	50	<i>n</i> -Hexane:DCM:ACN (49.65:50:0.35, v/v/v)
Tolclofos-methyl	Florisil	50	<i>n</i> -Hexane:DCM (80:20, v/v)	50	<i>n</i> -Hexane:DCM:ACN (48.5:50:1.5, v/v/v)

^{a)}Dichloromethane, ^{b)}Acetonitrile

Table 2. Recoveries of the pesticides detected by multiresidue analysis with a GC-MS/MS and an LC-MS/MS in ginseng

Pesticide	Fortification (mg/kg)	Range of recovery (%)
Cypermethrin	0.1, 0.5	79.5-88.7 (n=6)
Fenitrothion	0.1, 0.5	83.1-87.7 (n=6)
Fludioxonil	0.2, 1.0	83.0-91.2 (n=6)
Thifluzamide	0.02, 0.1	79.0-84.6 (n=6)
Tolclofos-methyl	0.02, 0.1	98.7-102.6 (n=6)

하였다. 이 분석법으로 분석하여 검출된 농약은 모두 GC를 이용하여 분석이 가능한 농약이었기 때문에 GC-ECD/NPD를 이용하여 개별 분석법을 확립하였으며, 회수율 시험을 통하여 분석법을 검증하였다. 또한 수삼 중 검출된 농약의 잔류량은 확립된 분석법으로 3반복 분석하여 정량하였다.

검출 농약의 개별 분석

수삼 시료 20 g을 300 mL tall beaker에 넣고 acetone 100 mL를 가하여 10,000 rpm에서 1분간 blending하는 방법으로 추출한 후 Celite 545를 통과시켜 감압 여과하였으며, 50 mL의 acetone으로 용기 및 잔사를 씻어 앞의 여과액과 합하였다. 여과액을 100 mL의 포화식염수와 400 mL의 증류수가 들어있는 1 L 분액여두에 옮기고 50 mL의 dichloromethane (fenitrothion은 *n*-hexane)을 가한 후 270 rpm에서 5분간 진탕하는 방법으로 2회 분배하였으며, dichloromethane (fenitrothion은 *n*-hexane) 분배액을 무수 황산나트륨으로 탈수하여 35°C에서 감압 농축하였다. 농축한 시료는 130°C에서 5시간 이상 활성화한 Florisil 또는 silica gel 5 g을 충전한 glass column (1 cm I.D. × 35 cm L.)을 이용하여 정제하였으며, 정제 방법은 Table 1에 제시하였다. 또한 확립된 분석법의 회수율은 Table 2에 제시한 바와 같이 79.0-102.6%로 적합한 분석법으로 판단되었다.

안전성 평가

분석 결과 검출된 농약은 수삼 중 농약의 잔류량에 수삼의 일일섭취량을 곱하고 우리나라 국민 평균 체중(55 kg)을 고려하여 일일섭취추정량(estimated daily intake, EDI)를 산출한 후 일일섭취허용량(acceptable daily intake, ADI) 대비 농약 섭취율을 산출하는 방법으로 안전성을 평가하였다.

결과 및 고찰

지역별 검출 내역

잔류농약 분석 결과 Table 3에 제시한 바와 같이 고창, 여주, 영광, 황성에서 채취한 시료에서 tolclofos-methyl이 검출되었으며, 고창의 수삼 3점에서 모두 tolclofos-methyl이 검출되었다. 영암과 음성의 시료에서 fenitrothion이 검출되었으며, 영광, 논산, 금산에서 채취한 수삼에서는 fludioxonil이 검출되었다. 또한 여주와 파주의 수삼에서 thifluzamide가 검출되었으며, 김제에서 채취한 수삼에서 cypermethrin이 검출되어 총 35.6%의 검출율을 보였다. 여주 2개 상점에서 채취한 수삼에서는 tolclofos-methyl과 thifluzamide가 검출되었다. 도별 검출 내역은 경기도에서 9점의 시료 중 3점의 시료에서 tolclofos-methyl과 thifluzamide가 검출되었으며, 충남(논산, 금산)과 강원(황성)에서는 6점의 시료 중 2점의 시료에서 각각 fludioxonil과 tolclofos-methyl이 검출되었다. 전남에서 채취한 6점의 시료 중 4점에서 tolclofos-methyl, fenitrothion, fludioxonil이 검출되었으며, 전북의 경우 6점 중 4점에서 tolclofos-methyl과 cypermethrin이 검출되었다. 충북의 경우 6점 중 1점에서 fenitrothion이 검출되었으며, 경북에서 채취한 6점의 시료에서는 모두 검출되지 않았다.

검출농약의 잔류 특성

Cypermethrin

김제에서 채취한 1점의 시료에서 cypermethrin이 0.04-

Table 3. Residual concentration in ginseng collected from traditional markets in Korea

Pesticide	Sampling area (No. of pesticide-detected sample)	Residual concentration (mg/kg)	Detection rate (%)
Cypermethrin	Gimje (1)	0.04-0.05	2.2
Fenitrothion	Yeongam (2), Eumseong (1)	0.06-0.30	6.7
Fludioxonil	Yeonggwang (1), Nonsan (1), Geumsan (1)	0.04-0.20	6.7
Thifluzamide	Yeoju (2), Paju (1)	0.07-0.27	6.7
Tolclofos-methyl	Gochang (3), Yeoju (2), Yeonggwang (1), Hoengseong (2)	0.06-0.48	17.8

0.05 mg/kg의 범위로 검출되었으나 잔류허용기준인 0.1 mg/kg 미만이었다. Lee와 Jo (2012)는 서울지역에서 유통되고 있는 수삼 시료 118점을 다성분동시분석 방법으로 잔류농약을 분석한 결과 cypermethrin의 검출율은 4.2%이었으며, 잔류범위는 0.09-0.147 mg/kg이었다고 보고하였다. 또한 건삼(10점)과 홍삼(24점)에서는 모두 불검출이었다고 보고하였다. Pyrethroid계 살충제인 cypermethrin은 침투 이행성이 없기 때문에(Zawiyah 등, 2007) 경엽살포한 농약이 인삼에서 검출될 가능성은 매우 낮다고 판단되지만 본 연구에서 검출된 미량의 cypermethrin은 수확기에 인접하여 살포한 농약이 잎과 줄기로부터 토양으로 떨어지는 과정에서 토양 표층에 노출된 뇌두에 영향을 주어 일부 잔류했을 가능성이 있다고 판단되었다(Hwang 등, 2011; Lee 등, 2015). 또한 작물은 다르지만 콩에 경엽처리한 cypermethrin은 약제 살포 후 10일차의 잔류량이 약제 살포 당일의 잔류량의 약 70%만 잔류하였다는 보고에 의하면 작물 중 cypermethrin의 잔류량 감소는 비교적 빠르다고 판단되었다(Abdullah, 2001).

Fenitrothion

영암의 2개 시료와 음성에서 채취한 3점의 시료에서 인삼에 등록되지 않은 fenitrothion이 0.06-0.30 mg/kg의 범위로 검출되어 6.7%의 검출율을 보였다. Fenitrothion은 유기인계 살충제로 곡류, 과실류, 콩류 등에 광범위하게 사용되는 농약이지만(Diagne 등, 2002) 인삼에는 사용 등록되지 않은 농약이며, 잔류허용기준 역시 설정되어 있지 않다. 또한 fenitrothion은 유기인계 살충제로 침투 이행성이 없고 잔류 가능성이 낮다는 보고(Sarikaya 등, 2004)에 의하면 수확기에 인접하여 살포한 농약이 인삼 줄기를 타고 인삼에 노출되었거나 잎에 살포된 농약이 토양으로 떨어지는 과정에서 토양 표면에 노출된 인삼 뇌두에 묻어 검출된 것으로 판단되었다(Hwang 등, 2011; Lee 등, 2015).

Fludioxonil

Fludioxonil은 영광, 논산, 금산에서 채취한 3점의 시료에서 0.04-0.20 mg/kg 범위로 검출되었으며, 6.7%의 검출율을 보였다. 서울에 유통되고 있는 수삼 118점을 채취하여 GC-MS/MS를 이용한 다성분동시분석법으로 잔류농약을 모니터

링한 결과 fludioxonil의 검출율은 49.2%이었으며, 잔류범위는 0.008-0.06 mg/kg이었다는 보고(Lee와 Jo, 2012)와 비교하면 이 연구 결과가 검출율은 낮은 반면 잔류량은 높았다. 또한 Lee와 Jo (2012)는 24점의 건삼과 10점의 홍삼에서도 fludioxonil이 검출되었으며, 검출율은 각각 57.9와 37.5%이었다고 보고하였다. Fludioxonil은 비침투성 농약이면서 반감기가 짧아 인삼 중 잔류 기간이 길지 않고 인삼의 대표적인 병해인 모잘록병 방제에 탁월한 효과가 인정되면서 인삼 부적합 판정의 주 원인이었던 tolclofos-methyl의 대체 약제로 널리 사용되고 있는 살균제이다. 인삼 중 tolclofos-methyl의 검출율과 부적합율이 잔류허용기준 상향 조절에 큰 역할을 했지만 대체 약제인 fludioxonil의 사용 증가로 인하여 인삼 중 tolclofos-methyl의 검출율과 부적합율이 감소하였다고 판단되었다. 실제로 국립농산물품질관리원(NAQS, 2009, 2010, 2012)에서는 매년 인삼 중 tolclofos-methyl의 검출율과 부적합율이 감소하고 있다고 보고하였다.

Thifluzamide

여주와 파주에서 채취한 시료 3점에서 thifluzamide가 0.07-0.27 mg/kg이 검출되었으며, 6.7%의 검출율을 보였다. 또한 인삼 중 thifluzamide의 잔류허용기준은 1.0 mg/kg으로 수삼 중 검출된 thifluzamide는 모두 잔류허용기준 미만이었다. Lee와 Jo (2012)는 GC-MS/MS를 이용하여 인삼 중 농약의 다성분동시분석법을 확립한 후 서울시에서 유통되는 수삼(118점), 건삼(10점), 홍삼(24점)을 잔류농약 모니터링한 결과 수삼과 홍삼의 중 thifluzamide의 검출율은 모두 6.8%이었고 건삼에서는 불검출이었으며, 수삼의 잔류 범위는 0.007-0.047 mg/kg이었다고 보고하였다. 이는 본 연구 결과와 유사한 검출율을 보였지만 잔류량은 낮은 경향이었다. 침투 이행성 특성을 지닌 thifluzamide는 안전사용기준과 잔류허용기준이 설정되어 있어 인삼에 사용이 가능한 농약이기 때문에 경엽살포한 농약이 인삼까지 도달하여 검출된 것으로 판단되었다(Klittich 등, 2008).

Tolclofos-methyl

잔류농약 분석 결과 Table 2에 제시한 바와 같이 고창 등 4개 지역의 8개 시료에서 tolclofos-methyl이 0.06-0.48 mg/kg의 범위로 검출되어 17.8%의 검출율을 보였으며, 모두 잔

Table 4. Ratios of estimated daily intake to acceptable daily intake of the pesticides detected in ginseng

Pesticide	Sampling area	Residual concentration (mg/kg)	Food daily intake (g)	EDI ^{a)}	ADI ^{b)}	%ADI ^{c)}
				mg/kg b.w./day		
Cypermethrin	Gimje A	0.04	0.1581	0.0001	0.02	0.57
	Yeongam A	0.29	0.1581	0.0008	0.01	16.67
Fenitrothion	Yeongam B	0.06	0.1581	0.0002	0.01	3.45
	Eumseong A	0.06	0.1581	0.0002	0.01	3.45
Fludioxonil	Yeonggwang B	0.04	0.1581	0.0001	0.40	0.03
	Nonsan A	0.20	0.1581	0.0006	0.40	0.14
	Geumsan B	0.08	0.1581	0.0002	0.40	0.06
Thifluzamide	Yeongju A	0.27	0.1581	0.0008	0.01	5.54
	Yeoju B	0.08	0.1581	0.0002	0.01	1.64
	Paju A	0.07	0.1581	0.0002	0.01	1.44
Tolclofos-methyl	Gochang A	0.09	0.1581	0.0003	0.07	0.37
	Gochang B	0.09	0.1581	0.0003	0.07	0.37
	Gochang C	0.06	0.1581	0.0002	0.07	0.25
	Yeoju A	0.48	0.1581	0.0014	0.07	1.97
	Yeoju B	0.15	0.1581	0.0004	0.07	0.62
	Yeonggwang C	0.03	0.1581	0.0001	0.07	0.12
	Hoengseong A	0.09	0.1581	0.0003	0.07	0.37
Hoeseong C	0.15	0.1581	0.0004	0.07	0.62	

^{a)}Estimate daily intake = residue concentration × food daily intake. ^{b)}Acceptable daily intake. ^{c)}(EDI/ADI) × 100.

류허용기준 미만이었다. 여주에서 채취한 수삼에서 0.48 mg/kg으로 가장 높은 잔류량을 보였으며, 고창에서 채취한 수삼에서 0.06 mg/kg이 검출되어 가장 낮은 잔류량을 보였다. Tolclofos-methyl은 국립농산물품질관리원의 안전성 조사 결과 검출 및 부적합 빈도가 높은 농약으로 2008년과 2009년에 tolclofos-methyl의 부적합율이 가장 높았다고 보고하였다(NAQS, 2009; NAQS, 2010). Yu 등(2003)은 충청 지역의 수삼 75점을 잔류농약 분석한 결과 73점의 시료에서 tolclofos-methyl이 검출되어 97%의 검출율을 보였으며, 최대 6.68 mg/kg의 잔류량을 보였다고 보고하였다. 또한 Choi (2010)는 191점의 수삼, 홍삼 및 백삼을 QuEChERS 방법으로 잔류농약 모니터링한 결과 78점의 시료에서 tolclofos-methyl이 0.01-1.26 mg/kg의 범위로 검출되어 40%의 검출율을 보였다고 보고하였다. 또한 Han 등(2012)은 2011년도에 서울 북부 지역의 백화점, 대형매장 및 재배시장에서 유통되는 115종의 농산물 29,414건을 대상으로 잔류농약 모니터링 결과 35점의 인삼에서 13점에서 농약이 검출되었는데 모두 tolclofos-methyl이었으며, 잔류범위는 0.025-3.732 mg/kg이었고 이 중 잔류허용기준을 초과한 인삼은 5점이었다고 보고하였다. Tolclofos-methyl은 인삼 재배시 가장 문제가 되는 병해인 모잘목병을 방제하기 위하여 널리 사용되어 왔지만 수삼에서 다빈도 검출 농약이면서 부적합율이 높아 농촌진흥청에서 중자본의 처리제인 수화제를 품목 취소하였다(Noh 등, 2012).

검출농약의 안전성 평가

이 연구에 사용된 수삼 중 잔류농약의 일일섭취허용량 대비 일일섭취추정량의 비율(%ADI)은 Table 4에 제시한 바와 같이 0.03-16.67%이었다. 영광에서 채취한 수삼에서 검출된 fludioxonil의 %ADI가 0.03%로 가장 낮았으며, 영암에서 채취한 수삼에서 검출된 fenitrothion의 %ADI가 16.67%로 가장 높았다. 영암의 2개 상점과 음성의 1개 상점에서 채취한 수삼에서 검출된 fenitrothion은 미등록 농약으로 잔류허용기준이 설정되어 있지 않기 때문에 부적합 농산물이지만 해당 수삼을 섭취했을 경우 %ADI는 3.45-16.7%이었다. 또한 가장 높은 잔류량을 보였던 여주에서 채취한 수삼 중 tolclofos-methyl의 경우 농약 섭취량은 ADI의 약 2% 미만인 것으로 나타났다.

감사의 글

이 논문은 2013년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원으로 수행되었으며, 연구비 지원에 감사드립니다.

Literature Cited

Abdullah, M., O. Sarnthoy and S. Jiwajinda (2001) Cypermethrin insecticide residues in vegetable soybean, *Glycine max* (L.) merrill, at different days of pre-harvest

- interval, *Kasetsart J. Nat. Sci.* 35:115-121.
- Cho, T. H., Y. H. Park, H. W. Park, L. H. Hwang, I. S. Cho, M. J. Kim, H. J. Kim, M. S. Kim and Y. Z. Chae (2013) Evaluation of QuEChERS method for determination of pesticide residues using GC/NPD and GC/ECD, *Korean J. Pestic. Sci.* 17(1):65-71.
- Choi, D. S. (2010) Development and monitoring of simultaneous analysis for the multiresidual pesticides in ginseng using QuEChERS sample preparation method, Dongguk University Master's Degree Thesis.
- Darko, F. and S. O. Acquah (2008) Levels of organochlorine pesticides residues in dairy product in Kumasi, Ghana, *Chemosphere* 71:294-298.
- Diange, R. D., G. D. Forester and S. U. Khan (2002) Comparison of soxhlet and microwave-assisted extractions for the determination of fenitrothion residues in beans, *J. Agric. Food Chem.* 50:3204-3207.
- Do, J. A., H. J. Lee, Y. W. Shin, W. J. Choi, K. R. Chae, K. C. Soon and W. S. Kim (2010) Monitoring of pesticide residues in domestic agricultural products, *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 39(6):902-908.
- Han, S. H., S. K. Park, O. H. Kim, Y. H. Choi, H. J. Seong, Y. J. Lee, J. H. Jung, Y. H. Kim, I. S. Yu, Y. K. Kim, K. Y. Han and Y. Z. Chae (2012) Monitoring of pesticide residues in commercial agricultural products in the northern area of Seoul, Korea, *Korean J. Pestic. Sci.* 16(2):109-120.
- Hwang, J. I., Y. H. Jeon, H. Y. Kim, J. H. Kim, J. W. Ahn, K. S. Kim, Y. M. Yu and J. E. Kim (2011) Residue of fungicide boscalid in ginseng treated by different spraying methods, *Korean J. Pestic. Sci.* 15(4):366-373.
- Ju, O. J., H. Y. Kwon, B. J. Park, C. S. Kim, Y. D. Jin, J. B. Lee, S. H. Yun, K. A. Son, S. M. Hong and G. J. Im (2011) Analysis of 236 pesticides in apple for validation of multiresidue method using QuEChERS sample preparation and PTV-GC/TOFMS analysis, *Korean J. Pestic. Sci.* 15(4): 401-416.
- Kim, M. O., H. S. Hwang, M. S. Lim, J. E. Hong, S. S. Kim, J. A. Do, D. M. Choi and D. H. Cho (2010) Monitoring of residual pesticides in agricultural products by LC/MS/MS, *Korean J. Food Sci. Technol.* 42(6):664-675.
- Kim, M. R., M. A. Ma, W. Y. Jung, C. S. Kim, N. K. Sun, E. C. Seo, M. E. Lee, Y. G. Park, J. A. Byun, J. H. Eom, R. S. Jung and J. H. Lee (2008) Monitoring of pesticide residues in special products, *Korean J. Pestic. Sci.* 12(4):323-334.
- Kim, N. K., S. H. Lee, Y. J. Nam, K. M. Moon, M. H. Park, M. H. Park, M. H. Yun, M. Y. Kim, H. M. Jang and B. S. Shin (2011) Monitoring of neonicotinoid pesticide residues in paprika using UPLC-MS/MS from Gyeongnam region, *Korean J. Pestic. Sci.* 15(1):15-21.
- Blakeslee (2008) Assessment of fungicide systemicity in wheat using LC-MS/MS, *Pest. Manag. Sci.* 64:1267-1277.
- Kwon, H. Y., C. S. Kim, B. J. Park, Y. D. Jin, K. A. Son, S. M. Hong, J. B. Lee and G. J. Im (2011) Multiresidue analysis of 240 pesticides in apple and lettuce by QuEChERS sample preparation and HPLC-MS/MS analysis, *J. Pestic. Sci.* 15(4): 417-433.
- Lee, H. M., S. J. Hu, H. S. Lee, S. Y. Park, N. S. Kim, Y. W. Shin, K. H. Choi, S. I. Kim, S. Y. Nam and D. H. Cho (2013) Evaluation of residual pesticides in commercial agricultural products using LC-MC/MC in Korea, *Korean J. Food. Sci. Technol.* 45(4):391-402.
- Lee, J. Y., H. H. Noh, H. K. Park, J. C. Kim, H. R. Jeong, M. J. Jin and K. S. Kyung (2015) Residual characteristics and behavior of azoxystrobin in ginseng by cultivation conditions, *Korean J. Pestic. Sci.* 19(1):14-21.
- Lee, K. W. and E. K. Jo (2012) Multiresidue pesticide analysis in Korean ginseng by gas chromatography-triple quadrupole tandem mass spectrometry, *Food Chemistry* 134:2497-2503.
- National Agricultural Products Quality Management Service (NAQS) (2009) 2008 Annual Report for Quality Management of Agricultural Products p.11.
- National Agricultural Products Quality Management Service (NAQS) (2010) 2009 Annual Report for Quality Management of Agricultural Products pp.28-40.
- National Agricultural Products Quality Management Service (NAQS) (2012) 2011 Annual Report for Quality Management of Agricultural Products p.27-48.
- National Agricultural Products Quality Management Service (NAQS) (2014) 2013 Annual Report for Quality Management of Agricultural Products, pp.27-46.
- Noh, H. H., J. Y. Lee, S. H. Park, K. H. Lee, H. K. Park, J. H. Oh, C. H. Kwon, J. K. Lee, H. D. Woo, K. S. Kwon and K. S. Kyung (2012) Residual characteristics of tolclofomethyl treated by seed dressing in ginseng, *Korean J. Pestic. Sci.* 16(3):217-221.
- Sarikaya, R., M. Selvi and F. Erkoç (2004) Investigation of acute toxicity of fenitrothion on peppered corydoras (*Corydoras paleatus*) (Jenyns, 1842), *Chemosphere* 56:697-700.
- Yu, Y. H., D. H. Cho and S. H. Ohh (1989) Effect of tolclofomethyl on damping-off of ginseng seedlings incited by *Rhizoctonia solani*, *Korean J. Ginseng Sci.* 13(1):114-118.
- Zawiyah, S., Y. C. Man, S. A. H. Nazimah, C. K. Chin, I. Tsukamoto, A. H. Hamanyza and I. Norhaizan (2007) Determination of organochlorine and pyrethroid pesticides in fruit and vegetables using SAX/PSA clean-up column, *Food Chemistry* 102:98-103.
- Glittich, C. J., F. R. Green, J. M. Ruiz, T. Weglarz and B. A.

유통 수삼 중 잔류농약 모니터링 및 안전성 평가

노현호 · 이재운 · 박효경 · 정혜림 · 이정우 · 진미지 · 최황 · 윤상순¹ · 경기성*

충북대학교 농업생명환경대학 환경생명화학과, ¹식품의약품안전처 식품의약품안전평가원 첨가물포장과

요 약 국내산 유통 수삼 중 농약의 잔류특성을 구명하기 위하여 전국 15개 지역의 45개 재래시장 상점에서 45점의 시료를 채취한 후 GC-MS/MS와 LC-MS/MS를 이용한 다성분동시분석법을 이용하여 잔류농약을 분석하였으며, 검출된 농약은 GC-ECD/NPD를 이용한 개별분석으로 수삼 중 잔류농약을 정량하였다. 잔류농약 분석 결과 총 45점의 시료에서 cypermethrin, fenitrothion, fludioxonil, thifluzamide, tolclofos-methyl이 검출되었으며, 검출율은 35.6%이었다. Tolclofos-methyl이 가장 높은 검출빈도를 보였으며, 인삼에 대한 안전사용기준과 잔류허용기준이 설정되어 있지 않은 fenitrothion이 검출되었다. 수삼에서 검출된 농약은 모두 잔류허용기준 미만이었다. 수삼 중 검출된 농약의 일일섭취허용량 대비 일일섭취추정량은 0.03-16.67%이었다.

색인어 인삼, 다성분동시분석, 잔류농약, 모니터링, 일일섭취허용량