

경북지역 인삼 중 유기염소계 농약의 다성분 분석

박 문 기 · 김 정 호
대구한의대학교 보건환경학과
(2005년 1월 18일 접수; 2005년 2월 25일 채택)

Multi-analysis of the Organochlorine Pesticides in Ginseng at Gyeongbuk, Korea

Moon-Ki Park and Jung-Ho Kim

Dept. of Health Environment, Daegu Haany University, Gyeongsan 712-715, Korea
(Manuscript received 18 January, 2005; accepted 25 February, 2005)

To obtain the residual organochlorine pesticides in the ginseng, the methods of multi-analysis for BHC's isomer, DDT's isomer and other organochlorine pesticides by GC-ECD are surveyed. The relative retention time for α -BHC, β -BHC, δ -BHC and γ -BHC is 1.000, 1.025, 1.034 and 1.056, respectively. The relative retention time for *o,p*-DDE, *p,p*-DDE, *o,o*-DDD, *o,p*-DDT, *o,p*-DDD, and *p,p*-DDT is 1.199, 1.230, 1.242, 1.286, 1.329 and 1.333, respectively. The BHC isomers, DDT's isomer and other organochlorine pesticides are separated with multi-analysis condition. The qualified deflection concentration for α -BHC, Quintozene, Aldrin, Captan, α -Endosulfan, and Dieldrin is 0.95ng/g, 0.27ng/g, 1.04ng/g, 0.63ng/g, 0.55ng/g and 0.62ng/g, respectively. The qualified deflection concentration for Fenhexamid, Endrin, β -Endosulfan, *o,p*-DDT, Endosulfan-sulfate is 5.71ng/g, 0.61ng/g, 0.48ng/g, 0.44ng/g and 0.51ng/g, respectively. BHC, Aldrin, Dieldrin, Endrin and DDT, which were Korea Food & Drug Administration advisory pesticides, are not detected in soil environment. Also it's residual organochlorine pesticides are not polluted in the ginseng on Sangju Korea.

Key Words : Multi-analysis, Ginseng, Organochlorine pesticides, GC-ECD

1. 서 론

경상북도는 전국 한약재 생산량의 30%를 차지하고 있는 한약재 생산지의 최대지역이다. 2004년 경상북도는 국가균형발전 특별법에 의한 지역혁신발전 5개년 계획 중 생물·한방자원을 지역전략산업으로 선정하였으며, 인삼 가공산업을 지역연고 산업으로 선정하였다. 현재 경북지역의 인삼 주생산지는 영주의 풍기이며, 최근에는 상주에서도 인삼의 생산량이 증대하고 있다^{1,2)}.

최근 수입 자유화에 따라 안전성이 검증되지 않은 한약재 등이 무분별하게 수입되고 있어 국내의 생산부문이 크게 위협받고 있고 국민의 건강보호에 큰 우려를 내포하고 있다. 따라서 한방산업의 근간

이 되는 한약재를 대상으로 안전성을 확보할 필요가 있다. 한약재의 안전성 및 품질에 대한 기준 확보는 한약재 재배농가의 수익과 관련 산업의 부가가치 창출에 기여할 수 있는 중요한 과제이다^{3,4)}.

고품질 한약재의 생산·공급을 위해 농경지, 농업용수, 친환경 자재 등에 대한 안전성의 사전 평가가 필요하다. 이에 생약의 잔류농약 허용기준 및 시험방법을 규제한 식품의약품안전청고시 제2001-50호(2001년)에 의하면 유기염소계 농약과 중금속의 허용기준을 제시하고 있다⁵⁾. 유기염소계 농약으로는 BHC(α, β, γ 및 δ -BHC)는 0.2ppm, DDT(DDD 및 DDE)은 0.1ppm, Aldrin, Dieldrin, Endrin은 0.01ppm으로 허용기준을 정하였다. 특히 식품의약품안전청의 식품 공전에서는 인삼을 수삼, 건삼 및 농축액으로 구분하여 농약 잔류 허용 기준을 제시하고 있다. 이를 비교하여 보면 수삼, 건삼, 인삼농축액이 DDT의 경우 각각 0.025ppm, 0.10ppm, 0.20ppm 이며, BHC의 경우 각각 0.05ppm, 0.20ppm, 0.40ppm으로

Corresponding Author : Moon-Ki Park, Dept. of Health Environment, Daegu Haany University, Gyeongsan 712-715, Korea
Phone: +82-53-819-1420
E-mail: moonki@dhu.ac.kr

인삼의 가공형태에 따라 상이하⁵⁾.

유기염소계 농약 중 식품의약품안전청에서 고시한 이들 유기염소계 농약은 환경 중에서 잔류성이 매우 길다. 이에 DDT, Aldrin, Dieldrin과 Endrin은 1973년에, BHC는 1979년에 생산 및 판매가 금지되었다⁶⁻⁸⁾. 현재는 사용되지 않는 농약이지만 이들 유기염소계 농약은 잔류기간이 매우 길기 때문에 한약재 중 잔류농약을 검토했 때에는 이들의 잔류성을 분석할 필요가 있다⁹⁻¹²⁾.

국내 및 수출입 농산물의 대량 유통시스템이 일반화 됨으로써 안전한 식생활 보장을 위하여 농산물에 대한 효과적인 잔류농약분석법의 개발이 필요하다^{13,14)}. 잔류농약 분석방법은 처리된 농약이 명확하지 않은 농산물이나 다량의 농산물을 신속하게 검사하기 위한 동시 다성분 분석방법과, 특정 농약 검출을 목적으로 대상 농약의 단성분 분석법 개발로 크게 나누어진다. 여기서 잔류농약을 검토했 경우 개별 분석보다는 동시에 다성분을 분석할 경우 잔류평가를 매우 간편하게 할 수 있다¹⁵⁾.

따라서 본 연구에서는 식품의약품안전청에서 생약의 잔류 허용기준으로 고시한 유기염소계 농약을 포함하여 다성분 동시분석법을 확립하였으며, 경상북도 상주지역의 인삼 재배 환경 중 유기염소계 농약의 잔류성을 평가하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 시험 시료

인삼재배 시험포장은 상주시에서 10km 거리에 있는 낙동면 분황리(일명: 구촌)에 위치하고 있으며, 약 4%의 경사진 야산 하단부에 위치한다. 인삼을 2001년 11월 12일에 파종하여 처음으로 인삼을 재배하고 있다.

토양과 인삼의 분석시료 채취는 2004년 7월에 실시하였으며, 3반복 분석하였다.

2.2. 시료의 전처리

시료의 전처리는 Fig. 1과 같이 시료 50g을 균질기에 취하여 acetonitrile 150mL를 가하고 12,000rpm

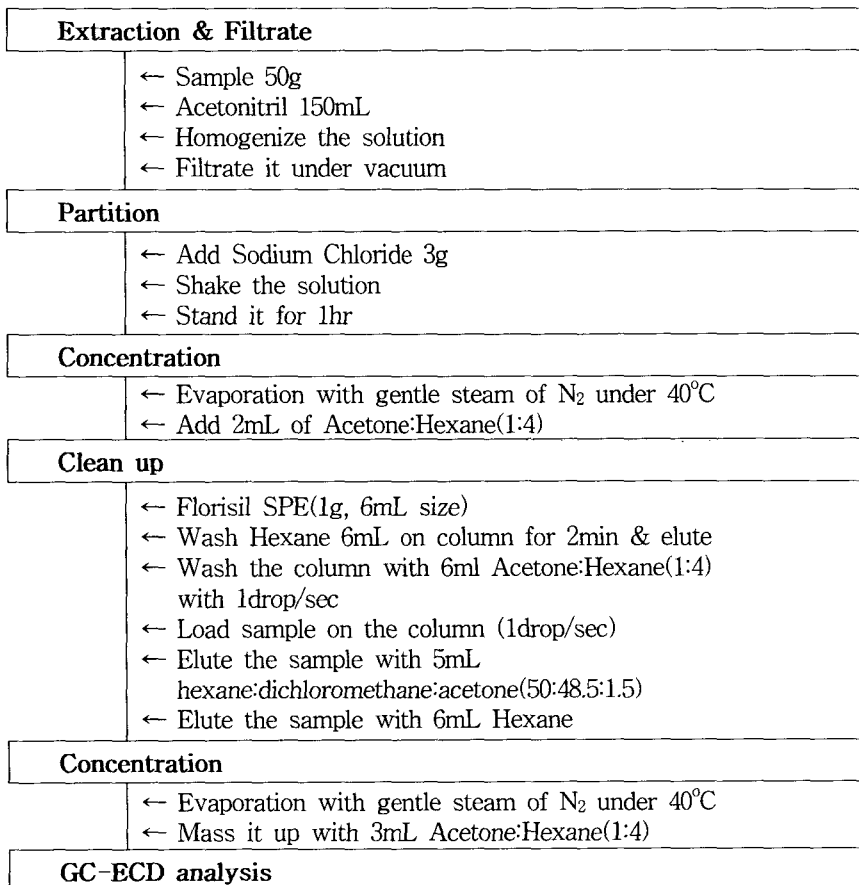


Fig. 1. Schematic flow diagram of multi-analysis for residual organochlorine pesticides in the ginseng.

으로 약 5분간 균질화 시킨 후, buchner funnel에서 감압여과 시킨다. 그리고 여과된 여과액을 분액여두에 옮기고 NaCl 3g을 가하여 10분간 진탕한 후 한 시간 동안 방치하였다. 층분리가 완료되면 물층을 버리고 acetonitrile층을 받아서 무수 Na₂SO₄로 탈수시켰다. 탈수시킨 acetonitrile층을 40℃의 수욕조 상에서 감압농축 시킨다. acetone:hexane(1:4) 2ml를 첨가하여 시험관 교반기로(Votex mixer)로 벽면의 잔류물을 완전히 녹인다¹⁶⁾.

정제과정의 준비를 위해서 florisil cartridge(6ml, 1g 용량, Supelco사)에 hexane 6ml를 넣고 2분간 멈춘 후 유출시켜 버리고, 이 cartridge에 acetone:hexane (1:4)용매 6ml를 위와 같은 방법으로 유출하여 버렸다. 이어서 시료 농축액을 cartridge 상단에 넣고 2분간 칼럼에 머무르게 한 후 서서히 용출시켜(1 drop/sec) 시험관에 받았다. 다시 cartridge가 용매에 젖어 있는 상태에서 hexane:dichloromethane:acetone(50:48.5:1.5)용매 5ml로 용출하고, 이어 hexane 6ml로 용출하여 동일한 시험관에 모았다. 용출액은 40℃ 수욕조 중에서 질소를 낮은 유속으로 통과시키면서 용매를 날려 보낸 후 acetone:hexane (1:4) 3ml로 정용한다¹⁷⁾.

2.3. 분석기기

정용된 시료를 각각 1ml씩 auto-sampler vial에 나누어 담은 후 GC-ECD(Agilent Co. 6890)로 정량 분석하였다. 여기서 농약과 동일한 유지시간을 가지는 peak에 대해서는 GC-MS로 확인과정을 거쳐서 정성분석을 실시하였다^{16,18)}. 분석기기는 GC-ECD를 사용하였다. GC-ECD 분석조건은 Table 1과 같이 injector temp. 260℃, detector temp. 280℃, oven temp. 80℃에서 5분간 머물다가 분당 10℃로 증가시켜 280℃에서 10분간 머물도록 하여 분석하였다. column은 DB-5 (30m×250µm I.D., 0.25µm *df*)를 사용하였다. column flow는 질소를 분당 2.0ml/min씩 constant flow mode로 흘려주었고, make up gas는 60 ml/min, anod gas는 6.0ml/min였다. injection volumn은 1µl로 하였다.

2.4. 공시농약

공시농약의 표준품은 α-BHC, β-BHC, δ-BHC, Quintozene, γ-BHC, Aldrin, Captan, o,p-DDE, α-Endosulfan, p,p-DDE, o,o-DDD, Dieldrin, Fenhexamid, Endrin, β-Endosulfan, o,p-DDT, o,p-DDD, p,p-DDT, Endosulfan-sulfate등 19가지 유기염소계열 농약을 acetone에 녹여 각각500mg/l 표준원액을 만들었다. 이 표준원액을 혼합하여 다성분 표준원액으로 하였으며, 이를 희석하여 10mg/l의 다성분 혼합 표준용액을 만들었다.

Table 1. GC-ECD operating conditions for analysis of organochlorine pesticides

Name	Conditions
Column	DB-5 (30m×250µm I.D., 0.25µm <i>df</i>)
Column Flow	N ₂ 2.0ml/min (Constant Flow mode)
Inj. Temp. & Injection mode	260℃ Split mode (50:1)
Detector Temp.	280℃
Oven Temp.	80℃(5min) → 10℃/min ↑ → 280℃(10min)
Injection vol.	1µl
Make up gas	60ml/min(N ₂)
Anod gas	6.0ml/min(N ₂)

3. 결과 및 고찰

3.1. 칼럼의 효율

BHC 이성질체, DDT 이성질체, Quintozene, Aldrin, Captan, α-Endosulfan, Dieldrin, Fenhexamid, Endrin, β-Endosulfan, Endosulfan-sulfate등 19가지 유기염소계열 농약을 동시 다성분 분석하였는데 표준품의 GC-ECD chromatogram은 Fig. 2와 같았다.

Chromatography 칼럼의 효율의 정량적인 척도로서 단높이(Plate height, H)와 이론단수(Number of theoretical plates, N)를 사용한다. 여기서

$$\text{단높이(H)} = 16 \times [\text{피크 유지시간(분)} \div \text{피크 밑변 길이의 시간(분)}]^2$$

$$\text{이론단수(N)} = \text{칼럼의 길이(mm)} \div \text{단높이(H)}$$

로 계산된다¹⁹⁾. 여기서 이론단수(N)를 BHC 이성질체 만 비교하여보면 α-BHC, β-BHC, δ-BHC 및 γ-BHC가 각각 117,841, 123,982, 126,008 및 131,531이었다. 단높이(H)는 α-BHC, β-BHC, γ-BHC 및 δ-BHC이 각각 0.254mm, 0.241mm, 0.238mm 및 0.228mm이었다(Table 2). 일반적으로 chromatogram 칼럼의 효율은 이론단수(N)가 많아지고 단높이(H)가 작아짐에 따라 증가한다¹⁹⁾. 본 연구에서는 BHC의 4가지 이성질체가 분리할 수 있을 정도로 칼럼의 효율이 높았다.

o,p-DDE, p,p-DDE, o,o-DDD, o,p-DDT, o,p-DDD, p,p-DDT의 이론단수(N)는 각각 169,612, 178,354, 181,857, 195,123, 208,227 및 209,690이었다(Table 2). 이와같이 DDT 이성질체에 대한 칼럼효율도 높았다.

3.2. 칼럼의 분리능

Fig. 2의 GC-ECD chromatogram에서 α-BHC의 유지시간은 21.455분이었는데 이를 1.00으로 하였을

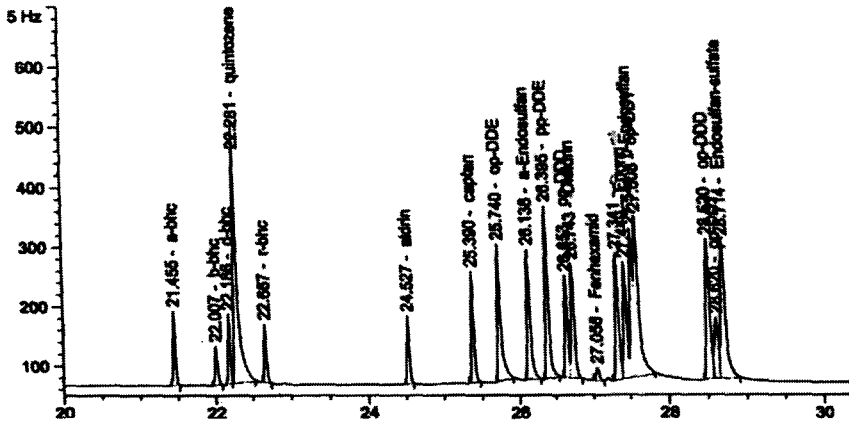


Fig. 2. GC-ECD chromatogram of 10ng standard pesticides for α-BHC, β-BHC, δ-BHC, Quintozene, γ-BHC, Aldrin, Captan, o,p-DDE, α-Endosulfan, p,p-DDE, o,o-DDD, Dieldrin, Fenhexamid, Endrin, β-Endosulfan, o,p-DDT, o,p-DDD, p,p-DDT and Endosulfan-sulfate.

Table 2. Relative retention time and number of theoretical plate(N) on the GC-ECD for analysis of organochlorine pesticides

Common name	Relative retention time	Number of theoretical plate(N)	Plate height(H) (mm)
α-BHC	1.000	117841	0.254
β-BHC	1.025	123982	0.241
δ-BHC	1.034	126008	0.238
Quintozene	1.038	31772	0.944
γ-BHC	1.056	131531	0.228
Aldrin	1.143	154002	0.194
Captan	1.183	165030	0.181
o,p-DDE	1.199	169612	0.176
α-Endosulfan	1.218	174897	0.171
p,p-DDE	1.230	178354	0.168
o,o-DDD	1.242	181857	0.164
Dieldrin	1.246	183088	0.163
Fenhexamid	1.261	187398	0.160
Endrin	1.279	192882	0.155
β-Endosulfan	1.283	194205	0.154
o,p-DDT	1.286	195123	0.153
o,p-DDD	1.329	208227	0.144
p,p-DDT	1.333	209690	0.143
Endosulfan-sulfate	1.338	211070	0.142

때 β-BHC, δ-BHC, Quintozene, γ-BHC, Aldrin, Captan, o,p-DDE 및 α-Endosulfan 상대적인 유지시간은 각각 1.025, 1.034, 1.038, 1.056, 1.143, 1.183, 1.199 및 1.218이었다(Table 2). 또한 p,p-DDE, o,o-DDD, Dieldrin, Fenhexamid, Endrin, β-Endosulfan, o,p-DDT, o,p-DDD, p,p-DDT 및 Endosulfan-sulfate의 상대적인 유지시간은 각각 1.230, 1.242, 1.246, 1.261,

1.279, 1.283, 1.286, 1.329, 1.333 및 1.338이었다(Table 2).

여기서 이들 피크의 분리된 상태는 피크의 분리능(resolution)으로 검토할 수 있다. 캅럼의 분리능은 2가지의 분석물질을 분리하는 정도를 나타내는 정량적인 측도로써,

$$\text{분리능} = 2 \times [\text{뒤의 피크 유지시간(분)} - \text{앞의 피크 유지시간(분)}] \div [\text{앞의 피크 밀변길이의 시간(분)} + \text{뒤의 피크 밀변길이의 시간(분)}]$$

로 계산된다¹⁹⁾. 일반적으로 분리능 1.0은 두 개의 피크가 4.0% 겹친다. 분리능이 1.5일 때는 두 개의 피크가 0.3% 겹치므로 완전 분리된다¹⁹⁾. 여기서 유기염소계열 농약 19가지의 분리능은 Table 3과 같다. 분리도가 1.5보다 큰 경우 즉 베이스라인 분리가 완전이 된 경우는 α-BHC와 β-BHC, γ-BHC와 Aldrin, Aldrin과 Captan, Captan과 o,p-DDE, o,p-DDE와 α-Endosulfan, Dieldrin과 Fenhexamid, o,p-DDT와 o,p-DDD의 피이크이다(Table 3). 그러나 분리도가 1.0이하로 불완전하게 분리된 경우는 β-BHC와 δ-BHC, δ-BHC와 Quintozene, o,o-DDD와 Dieldrin, Endrin과 β-Endosulfan, β-Endosulfan과 o,p-DDT, o,p-DDD와 p,p-DDT, p,p-DDT와 Endosulfan-sulfate의 피이크였으나, 분석에는 큰 어려움이 없었다. 따라서 본 실험 분석조건으로 19가지 유기염소계열 농약을 동시 다성분 분석 할 수 있었다.

미국의 FDA(Food and Drug Administration)에서는 유통중인 식품에 대한 잔류농약을 평가하기 위한 목적으로 PAM(Pesticide Analytical Manual)분석방법을 사용하고 있다. PAM method는 폭넓은 응용성을 가진 동시 다성분 잔류농약에 대한 분석방

Table 3. Resolution of organochlorine pesticides on the GC-ECD

Peak	Resolution
α -BHC between β -BHC	2.76
β -BHC between δ -BHC	0.89
δ -BHC between Quintozene	0.31
Quintozene between γ -BHC	1.28
γ -BHC between Aldrin	9.30
Aldrin between Captan	4.31
Captan between <i>o,p</i> -DDE	2.05
<i>o,p</i> -DDE between α -Endosulfan	1.99
α -Endosulfan between <i>p,p</i> -DDE	1.28
<i>p,p</i> -DDE between <i>o,o</i> -DDD	1.29
<i>o,o</i> -DDD between Dieldrin	0.45
Dieldrin between Fenhexamid	1.56
Fenhexamid between Endrin	1.42
Endrin between β -Endosulfan	0.47
β -Endosulfan between <i>o,p</i> -DDT	0.32
<i>o,p</i> -DDT between <i>o,p</i> -DDD	4.56
<i>o,p</i> -DDD between <i>p,p</i> -DDT	0.50
<i>p,p</i> -DDT between Endosulfan-sulfate	0.47

법(MRMs, Multi Residue Method)을 제공하며, 다성분에 대해 특화된 분석방법도 함께 제공하고 있다. 캘리포니아주의 경우 CDFA(California Department of Food and Agriculture)에서 개발한 동시 다성분 분석방법을 사용하고 있다.

우리나라의 경우 국내 농산물의 잔류농약분석법은 식품의약품 안전청 고시 제 2000-18호에 의해 전면 개정된 식품공전내 식품중 농약잔류시험법으로 고시되어 있다⁵⁾. 분석방법은 단성분 분석 및 다성분 분석으로 나뉘어져 있으며 다성분 분석법의 경우 미국 PAM method 302 번을 근거로 한 고전적인 58번 방법과 Mills의 방법을 개선한 CDFA의 다성분 분석법을 근거로 한 83번 방법이 대표적이다⁵⁾. 본 연구에서는 CDFA의 다성분 분석법을 변형하여 19가지 유기염소계열 농약을 동시 다성분 분석 할 수 있었다.

3.3. 최소검출량과 검출농도

공시농약의 GC-ECD검출기에 대한 최소검출량은 Table 4와 같이 α -BHC, Quintozene, Aldrin, Captan, α -Endosulfan, Dieldrin이 각각 15.8pg, 4.5pg, 17.3pg, 10.6pg, 9.1pg 및 10.3pg이었다. 또한 Fenhexamid, Endrin, β -Endosulfan, *o,p*-DDT, Endosulfan-sulfate도 각각 95.2pg, 10.2pg, 8.0pg, 7.4pg 및 8.5pg이었다. 최소검출량이 pg단위로 아주 낮았으므로, GC-ECD 검출기가 특히 유기염소계 화합물에 감응성이 매우 크다는 것을 보여주고 있다.

한편 시료 50g을 취하고 최종부피를 3mL로 하였

Table 4. Detection limit and qualified detection concentration on the GC-ECD for evaluation of residual organochlorine pesticides

Common name	Detection limit(pg)	Qualified detection concentration(ng/g)
α -BHC	15.8	0.95
β -BHC	30.3	1.81
δ -BHC	17.0	1.02
Quintozene	4.5	0.27
γ -BHC	20.4	1.22
Aldrin	17.3	1.04
Captan	10.6	0.63
<i>o,p</i> -DDE	8.6	0.52
α -Endosulfan	9.1	0.55
<i>p,p</i> -DDE	6.9	0.41
<i>o,o</i> -DDD	11.6	0.70
Dieldrin	10.3	0.62
Fenhexamid	95.2	5.71
Endrin	10.2	0.61
β -Endosulfan	8.0	0.48
<i>o,p</i> -DDT	7.4	0.44
<i>o,p</i> -DDD	8.5	0.51
<i>p,p</i> -DDT	19.6	1.17
Endosulfan-sulfate	8.5	0.51

을 때, 최소검출농도는 α -BHC, Quintozene, Aldrin, Captan, α -Endosulfan, Dieldrin이 각각 0.95ng/g, 0.27ng/g, 1.04ng/g, 0.63ng/g, 0.55ng/g 및 0.62ng/g이었다. 또한 Fenhexamid, Endrin, β -Endosulfan, *o,p*-DDT, Endosulfan-sulfate도 각각 5.71ng/g, 0.61ng/g, 0.48ng/g, 0.44ng/g 및 0.51ng/g이었다(Table 4). 자연계 시료 측정시 시료 중 농약 농도가 최소 검출 농도보다 낮을 때는 본 실험의 분석조건에서 검출되지 않으므로 불검출(ND: not detected)로 나타난다.

3.4. 인삼 및 재배토양 중 유기염소계 농약 잔류

Fig. 3은 인삼시료의 GC-ECD chromatogram이다. Fig. 2의 19가지 다성분 표준품에서 나타난 α -BHC, Quintozene, Aldrin, Captan, α -Endosulfan, Dieldrin의 유지시간인 21.455분, 22.281분, 24.527분, 25.390분, 26.138분 및 26.743분에 피크가 나타나지 않았다. 또한 Fig. 1의 표준품에서 나타난 Fenhexamid, Endrin, β -Endosulfan, *o,p*-DDT, Endosulfan-sulfate의 유지시간인 27.056 분, 27.449분, 27.543분, 27.608분 및 28.714분에도 피크가 나타나지 않았다.

식품의약품안전청에서는 유기염소계 농약으로는 BHC(α, β, γ 및 δ - BHC)는 0.2ppm, DDT(DDD 및 DDE)는 0.1ppm, Aldrin, Dieldrin, Endrin은 0.01ppm으로 허용기준을 정하였는데¹⁹⁾, 이들 모두 불검출 되

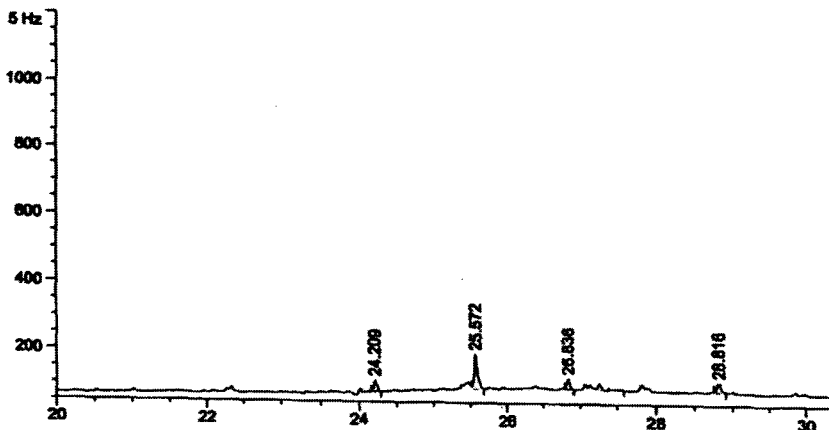


Fig. 3. GC-ECD chromatogram for analysis of residual organochlorine pesticides in the ginseng.

Table 5. Residual levels of organochlorine pesticides in the ginseng and soil on the Sangju

Common name	Ginseng			Soil		
	Ttriplicate 1	Ttriplicate 2	Ttriplicate 3	Ttriplicate 1	Ttriplicate 2	Ttriplicate 3
α-BHC	ND ¹⁾	ND	ND	ND	ND	ND
β-BHC	ND	ND	ND	ND	ND	ND
δ-BHC	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Quintozene	ND	ND	ND	ND	ND	ND
γ-BHC	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Aldrin	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Captan	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>o,p</i> -DDE	ND	ND	ND	ND	ND	ND
α-Endosulfan	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>p,p</i> -DDE	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>o,o</i> -DDD	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Dieldrin	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fenhexamid	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Endrin	ND	ND	ND	ND	ND	ND
β-Endosulfan	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>o,p</i> -DDT	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>o,p</i> -DDD	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>p,p</i> -DDT	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Endosulfan-sulfate	ND	ND	ND	ND	ND	ND

¹⁾ND: not detected

었다. 이는 Table 5에서와 같이 3반복 분석에서 동일하게 불검출 되었다. 또한 식품의약품안전청에서 규제한 유기염소계 농약 이외에도 현재 사용되고 있는 농0약으로 Quintozene, Captan, α-Endosulfan, Fenhexamid, β-Endosulfan, Endosulfan-sulfate 등의 유기염소계열도 불검출 되었다.

일반적으로 한약재의 품질을 평가하기 위해서 시료 채취 및 수집을 백화점, 한약재 유통시장, 재래시장 등에서 하고 있다. 따라서 시료의 원산지나 재배지의 확인이 불명확한 경우가 종종 있다^{4,15,20}. 그러

나 본 연구에서는 시료를 직접 재배지에서 채취하였으며, 아울러 재배지 토양도 동시에 분석하였다. 토양시료에서도 α-BHC, Quintozene, Aldrin, Captan, α-Endosulfan, Dieldrin, Fenhexamid, Endrin, β-Endosulfan, *o,p*-DDT 및 Endosulfan-sulfate이 3반복 분석에서 모두 불검출 되었다(Table 5). 이와 같이 인삼과 재배토양에서 유기염소계 농약이 동시에 불검출 된 것은 상주의 인삼 재배환경이 유기염소계 농약에 의해 오염되지 않았음을 나타내고 있다.

4. 요약

본 연구에서는 식품의약품안전청고시에서 규제한 유기염소계 농약을 포함하여 다성분 동시분석법을 확립하였으며, 경상북도 상주시역 인삼자원의 재배토양 및 인삼 시료 중에서 유기염소계 농약의 잔류성을 검토하였다.

α -BHC의 유지시간은 21.455분이었는데 이를 1.00으로 하였을때 β -BHC, δ -BHC, Quintozene, ν -BHC, Aldrin, Captan, *o,p*-DDE 및 α -Endosulfan의 상대적인 유지시간은 각각 1.025, 1.034, 1.038, 1.056, 1.143, 1.183, 1.199 및 1.218이었다. 또한 *p,p*-DDE, *o,o*-DDD, Dieldrin, Fenhexamid, Endrin, β -Endosulfan, *o,p*-DDT, *o,p*-DDD, *p,p*-DDT 및 Endosulfan-sulfate의 상대적인 유지시간은 각각 1.230, 1.242, 1.246, 1.261, 1.279, 1.283, 1.286, 1.329, 1.333, 1.338이었다. 피이크 분리가 정량분석하기에 지장이 없었으며, 따라서 19가지 유기염소계열 농약을 동시 다성분 분석 할 수 있었다.

최소검출농도는 α -BHC, Quintozene, Aldrin, Captan, α -Endosulfan, Dieldrin이 각각 0.95ng/g, 0.27ng/g, 1.04ng/g, 0.63ng/g, 0.55ng/g 및 0.62ng/g이었다. 또한 Fenhexamid, Endrin, β -Endosulfan, *o,p*-DDT, Endosulfan-sulfate도 각각 5.71ng/g, 0.61ng/g, 0.48ng/g, 0.44ng/g 및 0.51ng/g이었다

상주시역의 인삼자원은 식품의약품안전청고시에서 생약의 잔류농약 허용기준으로 제시된 BHC, Aldrin, Dieldrin, Endrin 및 DDT가 불검출되었다. 또한 재배토양에서도 불검출 되었다. 따라서 경상북도 상주 인삼 재배환경은 유기염소계 농약으로 오염되지 않았다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 지역협력연구센터 (RRC, 과제번호 R12-2003-002-01003-0)의 지원을 받아 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

참고 문헌

- 1) 김정호, 2004, 경북 상주의 인삼 재배환경 중 유기염소계 농약 및 중금속의 잔류, 한국환경독성학회지, 19(2), 183-189.
- 2) 이현정, 2003, 경북 북부지역 재배한약재와 토양의 중금속 함량연구, 대구한의대학교 박사학위논문, 1-6pp.
- 3) 김택겸, 김장역, 2000, Microwave를 이용한 한약재 중의 잔류농약 추출, 농약과학회지, 4(3), 60-67.
- 4) 조정희, 김도훈, 김혜수, 오미현, 강인호, 심연훈,

- 황완균, 명승윤, 최병기, 2000, 유통 한약재 중 내분비계 장애물질로서의 잔류농약에 관한 연구, 생약학회지, 31(4), 455-458.
- 5) 식품의약품안전청, 2004, <http://www.kfda.go.kr>.
- 6) Martin, H. and C. R. Worthing, 1993, Pesticide Manual. 7th ed., British Crop Protection Council, Worcester UK, 5-35pp.
- 7) Tomlin, C., 2002, Pesticide Manual, British Crop Protection Publications, 1-1341pp.
- 8) 양향승, 1990, 신농약, 향문사, 28-30pp.
- 9) Kim, J. H., J. Gan, W. J. Farmer, S. K. Papiernik, R. S. Dungan and S. R. Yates, 2003, Organic Matter Effects on Phase Partition of 1,3-Dichloropropene in Soil, J. Agric. Food Chem. 51, 165-169.
- 10) 박창규, 마위식, 1982, 농경지토양의 유기염소계 농약의 잔류평가, 한국환경농학회지, 1(1), 1-13.
- 11) 박창규, 황을철, 1982, 서호의 수질, 저니토, 붕어 중 polychlorinated biphenyls 및 유기염소계 살충제의 잔류평가, 한국환경농화학회지, 1(2), 105-115.
- 12) 이서래, 이해근, 허장현, 1996, 토양 중 농약잔류 허용기준 설정을 위한 자료, 한국환경농학회지, 15(1), 128-144.
- 13) Buchel, K. H., 1983, Chemistry of Pesticides, J. Wiley & Sons, New York, 5-20pp.
- 14) Cheng, H. H., 1990, Pesticides in the soil : processes, impacts, and modeling, Soil Science Society of America Inc., 303-349pp.
- 15) 조해진, 황인숙, 최병현, 배청호, 김명희, 2001, 한약재 중의 잔류농약 분석 - GC에 의한 18종 잔류농약의 분석, 생약학회지, 32(3), 200-211.
- 16) AOAC, 1975, Official methods of analysis of the association of official analytical chemists, 12th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C., 1-30pp.
- 17) 유홍일, 이해근, 전성환, 1991, 농약잔류분석방법, 동화기술, 49-69pp.
- 18) 김정호, 2003, 물 및 토양 중 유기염소계 농약의 분석, 한국환경과학회지, 12(12), 1315-1320.
- 19) Skoog, D. A., D. M. West and F. J. Holler, 1996, Fundamentals of analytical chemistry, 7th ed. Saunders College Publishing, 660-685pp.
- 20) 김종욱, 최호영, 조정희, 김도훈, 강인호, 심영훈, 김은경, 2002, 한약재 유해물질 모니터링 사업 (I)-유통 한약재의 중금속에 관한 연구, 대한본초학회지, 17(2), 235-245.