

## 내분비계 장애물질 중 다성분 농약의 추출 및 정제 효율 비교에 관한 연구

류인철 · 배미일\* · 염수정 · 이상철 · 어수미 · 김민영 · 신재영

서울특별시 보건환경연구원, 이화여자대학교 환경공학과\*

## A study of comparison of the extraction and clean-up efficiencies in the twelve pesticides of Endocrine Disruptors(EDs)

In-Cheol Ryu, Mi-Il Bae\*, Su-Jung Yeom, Sang-Chil Lee, Soo-Mi Eo,  
Min-Young Kim and Jae-Young Shin

Seoul Metropolitan Government Public health & Environment research Institute,  
Secho-gu Yangjae-dong 202-3, Seoul 137-130, Korea  
Dept. of Environmental Engineering, Ewha Womans University

Endocrine Disruptors(EDs) substances are able to alter the function of the endocrine system and may cause adverse effects. The aim of this work was to optimize the suitable condition of extraction & cleanup in twelve pesticides of Endocrine Disruptors from the Sea sand matrix. For the first experiment, three extraction methods were compared to determine better recovery efficiencies using Accelerated Solvent Extractor(ASE), Soxhlet and Sonication extractor from Sea sand sample. The percent recovery of twelve analytes of ASE, Soxhlet and Sonication methods ranged from 47.3% to 111.8%(ASE), 61.4% to 118.9%(soxhlet) and 69.3% to 111.1%(Sonication), respectively. Generally, The experiment results shows that Sonication extraction obtained the highest recovery rates of three extraction methods in the most of analytes. For the second experiments, the extraction efficiencies of various gradient solvents(20% A/H, 50% A/H, 100% Acetone) were compared by sonication solvent extraction method. The mean recovery of twelve analytes using 20%A/H, 50%A/H and 100%(Acetone) obtained 93.1%(20%A/H), 101.3%(50%A/H), 106.4%(100%Acetone), respectively. Generally, the results shows that 50% Acetone/n-Hexane obtained the optimum recovery rates in the most of analytes. For the third experiments, the efficiencies of the cleanup procedure were checked by various gradient solvents(10% A/H, 20% A/H, 50% A/H). The mean recovery of twelve analytes using 10%A/H, 20%A/H and 50% A/H obtained 56.9%(10%A/H), 92.7%(20%A/H), 93.4%(50%A/H), respectively. Generally, the results shows that 20% Acetone/n-Hexane obtained the optimum recovery rates in the most of analytes.

**Key words:** EDs, ASE, Soxhlet, Sonication, Pesticide, SIM, GC/MS

### 1. 서 론

최근 들어 사회적, 환경적으로 크게 문제가 되고 있는 내분비계 장애물질 중 다성분 농약이 포함되어 있다. 환경 내에서 다성분 농약류의 발생원은 광범위하나, 주로 살충제 및 제초제의 사용으로 발생된다. 이 물질은 체내에 유입되어 마치 호르몬처럼 작용하며, 지용성 유기오염물질로서 생물농축에 의하여 최종 소비자인 우리 인간에 농축되어 생태계 및 인간의 생식기능저하,

성장장애, 최기형성, 성호르몬 변화 및 태아독성 등을 유발하며,<sup>1,2)</sup> 모든 생물종에 위협이 될 수 있다는 인식이 제기되는 등 오존층파괴, 지구온난화 문제와 함께 새로운 환경문제로 대두되고 있다. 이런 독성을 가진 트리아진계 제초제인 아트라진, 시마진, 메트리부진, 산아미드계 제초제인 아라클로르, 유기인계 살충제인 에틸피라치온, 말라치온, 디페닐에텔계 제초제인 니트로펜, 디니트로 페닐계 제초제인 트리플루라린, 피레스로이드계 살충제인 사이퍼메스린, 펜탈러레이트, 퍼머스

**Table 1.** Using standard & Internal standard in laboratory.

Compounds name	Cat. No	Company	비고
Trifluralin	PST-1740	UTRA Scientific	
Atrazine	PST-005	UTRA Scientific	
Simazine	PST-1130	UTRA Scientific	
Metribuzin	PST-1535	UTRA Scientific	
Vincrozinol	PS-1049	SUPELCO	
Alachlor	PST-625	UTRA Scientific	
Malathion	PST-641	UTRA Scientific	
Ethyl-parathion	PST-761	UTRA Scientific	
Nitrofen	PST-1565	UTRA Scientific	
Permethrin	PST-1605	UTRA Scientific	
Cypermethrin	039-15441	Wako	
Fenvalerate	PST-1445	UTRA Scientific	
Phenanthrene-d10	IST-230	UTRA Scientific	
Fluoranthene-d10	S-1261F-N	AccuStandard Inc.	
Chrysene-d12	ATS-120	UTRA Scientific	
Perylene-d12	ATS-150	UTRA Scientific	

린, 빈클로조린 등의 오염물질을 분석하기 위하여 필수 조건인 추출과 정제에 관하여 연구하였다. 추출방법으로 Soxhlet추출법, Sonication추출법, Liquid-liquid추출법, Microwave추출법, Supercritical fluid추출법, ASE(Accelerated Solvent Extractor)추출법 등이 개발되어 있다. 본 연구에서는 추출에 사용되는 여러 추출 방법 중 일반적으로 널리 사용되는 추출 방법인 Soxhlet법과 Sonication 추출법, ASE추출법을 사용하여 추출 방법에 따른 다성분 농약의 동시 추출 효율을 비교 연구하고, Sonication 추출법을 사용하여 유기용매의 극성도 변화에 따른 추출효율 및 정밀성이 좋은 최적의 유기용매 혼합비율을 연구하고 또한 일정한 흡착제 양에 다성분 농약을 loading시 유출액인 유기용매의 농도 구배에 따른 정제 효율을 비교 연구하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 시약 및 장치

본 연구에 사용된 ASE200 장치는 DIONEX사 제품으로 적은 양의 유기용매를 사용하여 높은 온도와 압력으로 추출을 현저하게 가속시켜 주는 장치를 이용하였다. Sonication 추출은 Branson사 제품 추출기를 이용하였으며, 모든 초자는 초음파 초자 세척기를 이용하여 2회 이상 세척 후 알루미늄 호일로 밀봉하여 보관 후 사용전 아세톤, 디클로로메탄, n-헥산으로 씻어 사용하였으며, 각종 유기용매는 진농급 이상의 시약을 사용

**Table 2.** Concentration level of calibration standard solution in twelve pesticides. (unit:ng/ $\mu$ l)

pesticide	standard				
	1	2	3	4	5
Trifluralin	0.2	0.4	0.8	2	4
Simazine	0.05	0.1	0.2	0.5	1
Atrazine	0.05	0.1	0.2	0.5	1
Vincrozinol	0.05	0.1	0.2	0.5	1
Phenanthrene-d10			0.04		
Metribuzin	0.04	0.08	0.16	0.4	0.8
Alachlor	0.04	0.08	0.16	0.4	0.8
Malathion	0.08	0.16	0.32	0.8	1.6
Ethyl-parathion	0.16	0.32	0.64	1.6	3.2
Fluoranthene-d10			0.04		
Nitrofen	0.5	1	2	5	10
Chrysene-d12			0.1		
Permethrin	1	2	4	10	20
Cypermethrin	1	2	4	10	20
Peryrene-d12			4		
Fenvalerate	1	2	4	10	20

하였다. 사용된 다성분 농약 표준물질은 냉동에서 보관하였으며, 표준물질 12종과 내부표준물질 4종의 화합물은 Table 1에 나타난 시판 표준물질을 사용하였다. 정제에는 Florisil® Cartridges(Sep-Pak® 2g)를 사용하였고, 농축 시에는 Buchi사 Rotavapor R-134를 이용하였으며, 최종 농축에 사용된 N<sub>2</sub> Gas는 순도 99.999%를 사용하였다.

### 2.2 표준용액의 조제

각 성분의 표준물질을 아세톤에 녹여 표준원액을 제조한 후 각 농약성분의 표준원액을 취하여 아세톤으로 희석하여 원하는 각각 성분의 혼합표준용액 농도를 제조하였다. 혼합표준용액을 단계적으로 취하여 내부표준물질을 첨가하여 아세톤으로 적절히 희석하여 검량선 작성용 표준용액을 제조하였다. 실험과정에서 사용한 모든 표준원액 및 표준용액과 검량선 표준용액은 밀봉하여 냉암소에서 보관하여 사용하였으며, 검량선의 단계별 농도는 아래 Table 2에 나타내었다.

### 2.3 추출 및 정제

#### 2.3.1. 속실텐 추출

미리 세척한 Soxhlet 장치를 조립한 후 Toluene 및 Acetone 으로 pre-rinse하기 위해 각각 3시간씩 환류시킨 후 건조된 Sea sand 시료 10 g(dry matter)을 취하여 Thimble에 넣고 그 위에 표준물질(Standard,

**Table 3.** Conditions of extraction method for pesticides.

Conditions	Soxhlet	ASE	Sonication
Sample size	10g	10g	10g
Solvent	Acetone	Acetone	Acetone
Temperature	<80°C	150°C	Room Temp.
Pressure	Atmospheric	1,500psi	Atmospheric
Time	18hr	7min static × 2	15min step × 3
Solvent volume	350 ml	30 ml	20 ml × 3
Spiked standard	200 ng~8 µg	200 ng~8 µg	200 ng~8 µg

1~40 ng/µl)을 Syringe를 이용하여 200 µl(200 ng~8 µg)을 주입하였다. 주입 후 장치를 조립하고 Acetone (pesticide grade) 350 ml를 사용하여 시간당 4회의 속도로 추출하였으며, 추출시간은 총 18시간 추출하였다.<sup>3)</sup> Soxhlet, ASE 및 Sonication의 추출 조건 비교는 Table 3에 나타내었다.

### 2.3.2. 가속용매 추출

ASE 추출은 Dionex사 제품 ASE 200을 이용하였으며, 미리 세척한 11 ml cell에 건조된 Sea sand 10g (dry matter)과 수분제거를 위하여 sodium sulfate anhydrous 1:1로 혼합하여 채우고 그 위에 표준물질 (Standard, 1~40 ng/µl)을 Syringe를 이용하여 200 µl (200ng~8 µg)를 주입하였다. ASE 추출 조건은 Table 4에 나타내었다.<sup>4,5)</sup>

### 2.3.3. Sonication 추출

Sonication 추출은 Branson사 제품 추출기를 이용하였으며, 미리 세척한 50 ml Vial에 준비된 시료를 옮겨 추출 용매인 Acetone 20 ml를 혼합하고 그 위에 표준물질 (Standard, 1~40 ng/µl)을 Syringe를 이용하여 200 ng~8 µg을 주입한 후 10분간 진탕 추출한다.

**Table 4.** Conditions of ASE Extractor for pesticides.

Preheat	0
Heat Time	5min
Static Time	7min
Flush Volume	60%
Purge time	60sec
Number of Static Cycles	2
Pressure	1,500psi
Temperature	150
Used cell	11ml

그 후 sonicator에 넣고 15분간 추출한 뒤, 3,000 rpm으로 4°C에서 10분간 원심분리하여 상등액을 취하였다. 이 과정을 3회 반복하여 상등액을 합하여 round bottom flask에 옮겨 회전농축기를 이용하여 농축 후 GC/MS 시료로 사용하였다. 추출 조건은 15분 동안 3회 추출하였다.<sup>6)</sup>

### 2.3.4. 정제

본 연구에서는 정제를 위하여 상품화된 Florisil® Cartridges (Sep-Pak®) 2g에 유기용매의 극성도에 따른 정제효율을 평가하기 위해 사용된 용매는 Acetone/Hexane(1:9), Acetone/Hexane(2:8), Acetone/Hexane(1:1) 20 ml로 용출하여 비교 실험을 행하였다. 각각의 조건으로 유출시켜 정제과정을 실행한 후 질소 가스로 최종 1 ml로 농축하여 GC/MS의 시료로 이용하였다. 또한 정제시 spiking하는 pesticide standard는 추출 방법시 비교 농도와 같은 표준물질 (Standard, 1~40 ng/µl)을 Syringe를 이용하여 200 µl(200 ng~8 µg)를 주입하였다. 실험 방법은 Florisil® Cartridges를 주사통에 장착 후 표준물질을 spiking한 후 n-Hexane 10 ml를 자연 낙하식으로 흘린 후 Acetone/Hexane (1:9), Acetone/Hexane(2:8), Acetone/Hexane(1:1)의 비율로 각각 20 ml씩 용출하여 5회 비교 실험을 행하였다.

### 2.4. GC/MS 분석

내분비계 장애물질 중 다성분 농약의 분석에 사용된 가스크로마토그래피는 Shimadzu사의 GC-17A series를 이용하였으며, 컬럼은 DB-5ms(J&W Scientific, 30 m × 0.25 mm I.D × 0.25 µm film thickness) 모세관 컬럼을 사용하였다. 주입구와 검출기의 온도는 각각 250°C, 280°C였다. 운반기체는 He gas를 사용하였으며, 컬럼의 유속은 1.2 ml/min이었다. GC조건은 100°C에서 1분간 유지하고 20°C/min의 속도로 200°C까지 증가시키고 5분간 유지한 후 5°C/min의 속도로 280°C까지 증가 후 5분간 유지하여 Run time은 42.40 min이었다. 분석에 사용된 MS는 Shimadzu사의 GCMS-QP5050을 사용하였고 분석시 Analyzer는  $5.31 \times 10^{-5}$  mbar의 진공으로 SIM (Selected Ion Monitoring) 방법으로 Shimadzu MS의 기기를 이용하여 분석하였다.

GC 및 MS의 분석 조건을 Table 5, 6에 나타내었다.

**Table 5.** Conditions of Gas Chromatography & used column

Parameters	Conditions & column
Injector Temp.	260°C
Interface Temp.	250°C
Column	DB-5 ms, 30 m × 0.25 mm I.D × 0.25 μm film
Oven Temp.	100°C
	Inject mode Splitless
Oven programing	100°C(1min)→200°C(5min)→280°C(5min) 20°C/min 5°C/min

**Table 6.** Conditions of MS instrument

Parameters	MS conditions
MS source temp.	230°C
Interface temp.	270°C
EI+ energy	70eV
Ion mode	EI+
Ion current	300 μA
Tune mass	PFTBA(perfluoro-rotributylamine)

### 2.5. 실험방법 및 정량

Sea sand에 표준물질을 일정량 spiking하여 추출 방법인 ASE, Soxhlet 및 Sonication 각각의 추출조건에 따라 추출하였으며, 추출 후 농축은 회전농축기를 사용하였고, 최종 농축시는 질소가스로 1 ml까지 바로 농축하여 GC/MS로 분석하여 추출효율을 비교하였고, Sonication추출로 다성분 농약을 추출해 내는데 있어 가장 효과적인 유기용매의 극성도를 선정하고자 비극성인 n-Hexane(polarity:0)과 극성을 가진 Acetone (polarity:5.6)를 여러 가지 비율로 Acetone/Hexane (2:8), Acetone/Hexane(1:1), Acetone(1) 20ml로 추출효율을 비교해 보았다. 또한 상품화된 2g Florisil® Cartridges에 유기용매의 극성도에 따른 정제효율을 평가하기 위해 사용된 용매는 Acetone/Hexane(1:9), Acetone/Hexane(2:8), Acetone/Hexane (1:1) 20 ml로 용출하여 비교 실험을 행하였다. 각각의 조건으로 유출시켜 정제과정을 실행한 후 질소로 최종 1 ml 농축하여 GC/MS의 시료로 이용하였다.

MS 분석 전 Phenanthrene-d10, Fluoranthene-d10, Chrysene-d12, Peryrene-d12 등 Internal standard 0.04~4 ng를 농축한 Amber vial에 spiking 하여 최종액을 1 ml로 만들어 GC에 2 μl 주입후 DB-5 ms column으로 분리하여 MS의 SIM방법으로 Table 7에

**Table 7.** Monitoring ion & Internal standard<sup>9)</sup>

Internal & target compounds	Max. weight	Monitor ion (M/Z)	Function group
Internal standard(4)			
Phenanthrene-d <sub>10</sub>	188	188	IS-1
Fluoranthene-d <sub>10</sub>	212	212	IS-2
Chrysene-d <sub>12</sub>	240	240	IS-3
Peryrene-d <sub>12</sub>	264	264	IS-4
Target compounds(12) ( ) conform ion			
Atrazine	215	220(215)	IS-1
Alachlor	269	160(188)	IS-1
Simazine	201	201(186)	IS-1
Trifluralin	335	306(335)	IS-1
Metribuzine	214	198(144)	IS-1
Vincrozone	285	198(212)	IS-1
Ethyl-parathion	291	109(291)	IS-2
Malathion	330	173(127)	IS-2
Nitrofen	283	283(202)	IS-3
Cypermethrin(4-isomers)	415	163(181)	IS-4
Fenvalerate(2-isomers)	419	125(167)	IS-4
Permethrin(2-isomers)	390	183(163)	IS-4

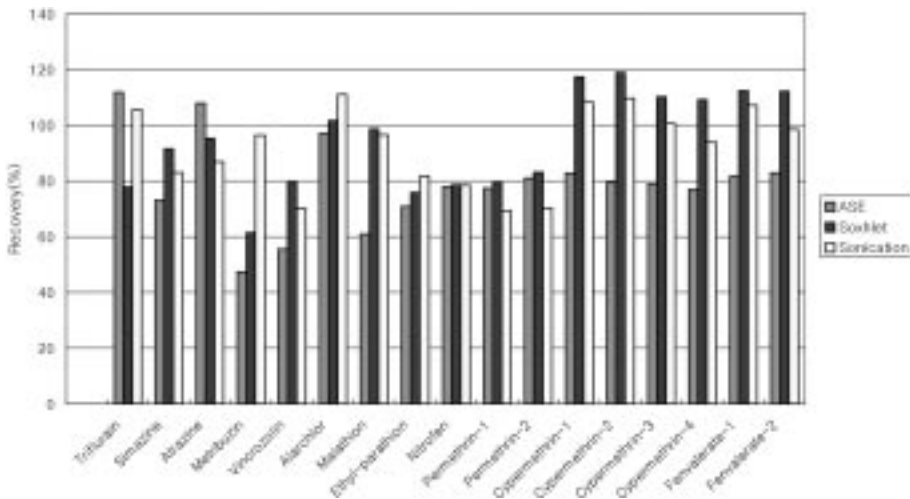
있는 1개의 정량이온과 1개의 확인이온으로 두 이온의 retention time과 ratio 비율이 20% 이내로 일치된 물질만 정량하여 Internal standard 방법으로 농도를 계산하였다.

### 3. 결과 및 고찰

본 연구에서 내분비계 장애물질중의 일부인 다성분 농약 분석의 가장 효율적인 시료 추출 및 정제 방법을 찾기 위하여 Sea sand시료를 가지고 ASE, Soxhlet 및 Sonication을 이용하여 추출 효율 측면에서 추출 방법의 회수율 비교 결과 5회 실험시 ASE의 회수율 범위는 47.3%~111.8%, 평균:79.0%, Soxhlet은 61.4%~118.9%, 평균:94.3% 및 Sonication은 69.3%~111.1%, 평균:92.2%를 얻었다. 평균 회수율은 Soxhlet에 의한 추출이 좋았으나 이는 Cypermethrin, Fenvalerate에서 높은 회수율 나타내었기 때문 전반적으로 평균값이 높았으며 모든 12개 물질의 회수율 측면에서는 Sonication 추출 방법이 높은 회수율과 일정한 값을 얻을 수 있었다. 최저값을 나타낸 Metribuzine의 항목은 ASE(47.3%) 및 Soxhlet(61.4%)이 낮은 회수율로 부적절한 추출 방법임을 알 수 있으며, 이는 열에 의하여

**Table 8.** Comparison of the recovery(n=5) obtained by ASE, Soxhlet and Sonication extraction Methods

Compounds	ASE		Soxhlet		Sonication	
	Average Recovery(%)	RSD(%)	Average Recovery(%)	RSD(%)	Average Recovery(%)	RSD(%)
Trifluralin	111.8	2.8	73.8	30.5	105.7	8.8
Simazine	73.0	8.3	91.6	2.1	83.0	4.7
Atrazine	108.0	18.5	95.4	1.1	86.9	5.3
Metribuzin	47.3	19.8	61.4	12.7	96.5	6.3
Vincrozinol	55.6	17.2	79.5	5.0	70.0	5.8
Alachlor	97.1	10.6	101.6	2.7	111.1	4.6
Malathion	61.0	10.1	98.7	11.3	96.6	6.5
Parathion	70.8	5.3	75.8	6.0	81.7	7.8
Nitrofen	77.9	3.3	78.6	4.9	78.5	10.3
Permethrin-1	77.4	4.5	79.3	3.9	69.3	5.0
Permethrin-2	81.0	6.3	83.1	3.3	70.3	5.1
Cypermethrin-1	82.8	11.9	117.4	7.7	108.3	9.3
Cypermethrin-2	79.4	12.8	118.9	4.4	109.7	9.9
Cypermethrin-3	78.9	12.0	110.1	4.5	100.6	10.7
Cypermethrin-4	76.9	10.8	109.2	5.3	93.9	12.4
Fenvalerate-1	81.6	10.7	112.4	5.7	107.2	8.4
Fenvalerate-2	82.9	10.7	112.2	3.2	98.5	8.4
Mean(%)	79.0	10.3	94.1	6.7	92.2	7.6
Max(%)	111.8	19.8	118.9	30.5	111.1	12.4
Min(%)	47.3	2.8	61.4	1.1	69.3	4.6



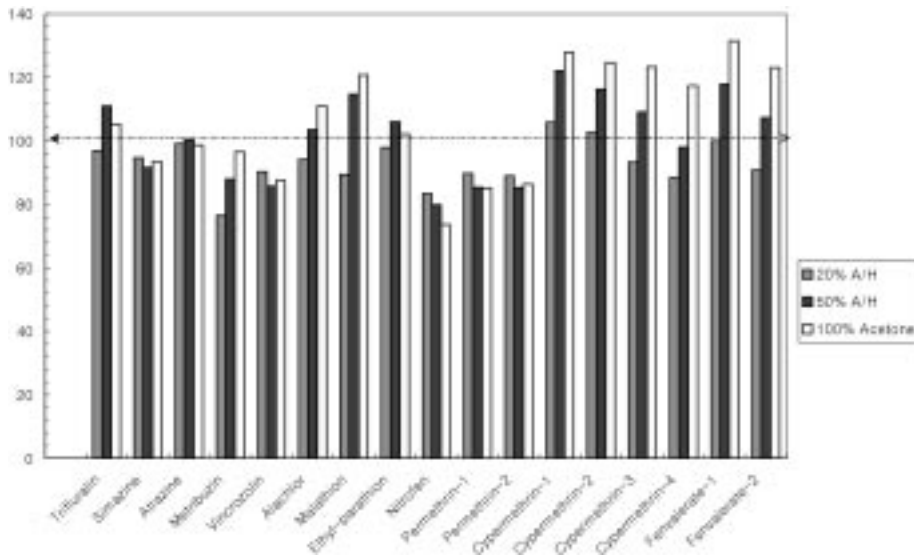
**Fig. 1.** Comparison of recovery using ASE, Soxhlet & Sonication.

물질의 bond된 결합이 깨지면서 일어나는 현상이라 추측된다. 하지만 Sonication 추출법에서는 96.5%의 높은 회수율 얻었다. 따라서 결과표 Table 8과 Fig. 1에서 알 수 있듯이 Sonication 추출장치에 의한 회수율이 Soxhlet 및 ASE 추출 보다 전체적으로 동등 그 이상의 안정된 회수율을 얻을 수 있었으며 시간단축, 용매

절약, 다량의 sample 처리 가능 등 여러 장점을 가지므로 3가지 추출방법 중 다성분 농약 추출시 가장 효율적인 추출방법임을 알 수 있었다. Sonication추출장치를 이용하여 15분, 3회 추출 반복의 같은 조건으로 극성도 변화에 따른 Acetone/Hexane(2:8), Acetone/Hexane(1:1), Acetone(1) 20ml로 추출시 추출 회수율

**Table 9.** Recovery of pesticides obtained by sonication extraction(3 extraction step, 20ml of solvent, 15min) with various organic solvent gradient(n=5)

Coumpounds	Acetone Increments(ml) (Acetone in hexane)					
	20% Acetone/Hexane		50% Acetone/Hexane		100% Acetone	
	Average Recovery(%)	RSD(%)	Average Recovery(%)	RSD(%)	Average Recovery(%)	RSD(%)
Trifluralin	97.0	5.4	110.9	3.9	105.2	16.6
Simazine	94.7	2.2	91.6	2.2	93.4	4.7
Atrazine	99.1	2.1	100.5	3.6	98.7	5.3
Metribuzin	76.5	7.0	88.0	1.2	96.5	6.3
Vincrozinol	90.3	1.7	85.7	6.5	87.5	5.8
Alachlor	94.2	3.0	103.5	2.8	111.1	4.6
Malathion	89.4	10.9	114.8	6.1	120.7	6.5
Ethyl-parathion	98.0	5.8	106.0	1.3	102.2	7.8
Nitrofen	83.4	2.9	79.8	4.6	73.6	10.3
Permethrin-1	89.7	5.2	85.4	5.0	85.2	6.6
Permethrin-2	88.9	4.4	85.3	4.0	86.3	6.8
Cypermethrin-1	105.8	8.7	122.1	3.9	127.9	4.7
Cypermethrin-2	102.7	9.4	116.3	3.5	124.7	5.4
Cypermethrin-3	93.3	14.7	109.1	3.1	123.3	8.3
Cypermethrin-4	88.4	7.7	98.0	2.7	117.4	12.4
Fenvalerate-1	99.9	8.1	117.9	3.2	131.5	6.7
Fenvalerate-2	90.8	7.8	107.3	3.9	123.1	8.4
Mean(%)	93.1	6.3	101.3	3.6	106.4	7.5
Max(%)	105.8	14.7	122.1	6.5	131.5	16.6
Min(%)	76.5	1.7	79.8	1.2	73.6	4.6



**Fig. 2.** Comparison of extraction recovery using different organic solvent(20% A/H, 50% A/H, 100% Acetone) by sonication method

은 평균적으로 볼 때 20%(A/H)-93.1% < 50%(A/H)-101.3% < 100%Acetone-106.4%의 순으로 증가함을 알

수 있었다. 이는 극성 물질인 다성분 농약이 극성으로 증가할수록 방해물질이 같이 추출되기 때문인 것으로



hexane(1:1)에서 1.3~5.0%임을 알 수 있었다. Acetone의 비율이 클수록 방해물질이 많이 추출되어 정제를 필요로 하므로 거의 비슷한 수준의 회수율을 가지며 방해물질이 적게 추출되는 Acetone/Hexane(1:1)가 가장 효율적인 추출용매라 생각된다.

정제효율을 비교 검토하기 위해 Florisil® Cartridges (Sep-Pak®) 2g에 유기용매의 극성도에 따른 정제효율을 평가하기 위해 사용된 용매는 Acetone/Hexane(1:9), Acetone/Hexane(2:8), Acetone/Hexane(1:1) 20 ml 각각 유출시켜 회수율을 고찰한 결과 10% A/H에서는 평균 회수율 41.7%로 대체로 낮았으며, 20%, 50% A/H에서는 물질마다 조금씩 차이는 있지만 평균 회수율이 매우 양호하였으나 50% A/H에서 RSD%가 조금 높았다. 따라서 2g Florisil® Cartridges(Sep-Pak®)를 사용하여 20% A/H 20ml로 유출시 최적 조건임을 알 수 있었다.

연구결과 내분비계 장애물질중 다성분 농약을 추출시 장치는 Sonication 추출방법이 적합하며, Sonication 추출시 유기용매의 사용은 Acetone/Hexane(1:1), 정제시 Florisil® Cartridges(Sep-Pak®) 2g에 Acetone/Hexane(2:8) 비율로 유출시 최적 조건임을 알 수 있었다.

## 참고문헌

1. 국립환경연구원, “내분비계 장애물질의 이해와 대응”, 1999
2. 이키타 요시도, “환경호르몬”, 1999, 아카데미서적
3. U.S. EPA method 1613, “Tetra Through Octa-Chlorinated Dioxins and Furans by Isotope Dilution HRGC/HRMS”, 1996, U.S.A.
4. Dionex, “Extraction of Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins and Polychlorinated Dibenzofurans from Environmental samples using Accelerated Solvent Extraction”, 1996
5. U.S. EPA method 3545A, “Pressurized Fluid Extraction(PFE)”, 1998
6. Sandra Babic, Mira petrobic and Marija Kastellan-Macan: *Journal of Chromatography A*, 1998, 823.
7. Peter Popp, Petra Keil, Monikar Möder, Albrecht Paschke and Uwe Thuss: *Journal of Chromatography A*, 1997, 774.
8. Hitoshi Miyamoto, kenji Ohtsuka, Yoshikane Fukuda and Yohichi Ishibashi, “19th International Symposium Dioxin 99” 1999, Vol. 40, 216, U.S.A.
9. 국립환경연구원 · 환경부, “99 내분비계 장애물질조사 연구사업”, 2000, 158-164