

## 쌀과 배추의 세척 및 가열에 의한 유기인계 농약의 제거 효과

제갈성아 · 한영선\* · 김성애

충남대학교 식품영양학과, \*대전광역시 보건환경연구원

### Organophosphorus pesticides removal effect in rice and Korean Cabbages by Washing and Cooking

S.A. Jegal, Y.S. Han\* and S.A. Kim

Department of Food & Nutrition, Chungnam National University

\*Institute of Health and Environment, Taejon Metropolitan City Government

#### Abstract

This study was performed to study the organophosphorus pesticides residues removal effect of rice and Korean cabbage. Four organophosphorus pesticides (EPN, diazinon, fenithrithion, phenthoate) were artificially added to rice and Korean cabbage. Then they were washed with water and cooked differently to analyze the amount of pesticides residues reduced. The result of the study were as following; 1. The removal rate of pesticides residue on rice was 15.5~35.4% and the amount of washing water was more influential in removal rate than number of washing. 2. The removal rate of pesticides residues through cooking processes after rice washing was 72.1~77.8%. 3. The removal rate of pesticides residues through washing and cooking processes on the Korean cabbage were 18.4~41.0%, 22.8~82.7%. 4. As the amount of washing water of Korean cabbage increase, pesticides removal effect was higher. 5. Squeezing out the washed water from the cabbage increased pesticides removal rate.

Key words: organophosphorus pesticides, washing, cooking, rice, korean cabbages

#### 1. 서 론

미국환경청은(EPA, Environment Protection Agency)는 농약을 해충의 방지·파괴·구축·경감시키는 모든 물질이라고 정의하고 있다. 즉 원치 않는 식물성 또는 동물성 해충을 죽이는 모든 물리적, 화학적, 생물학적인 인자라고도 할 수 있다.

인구 증가에 따른 식량 증산의 필요성이 커지고, 이에 따른 농약의 사용은 농업 혁명에 크게 기여하여 식품의 질과 양을 증대시켜 주었다. 그러나 이러한 긍정적인 면과 더불어 독성과 잔류성 등으로 인한 보건 문제를 야기하고 있다. 즉, 농약의 독성과 잔류성이 크게 부각되면서 직·간접적으로 환경을 오염시켜 국민의 농약 공해에 대한 관심이 고조되고 있는 실정이다<sup>1)</sup>.

그러나 앞으로도 식량생산의 증가를 위해 반드시 필요한 유독한 농약의 무절제한 사용으로 인한 환경 생태계의 파괴와 식품오염에 의한 국민 건강의 위협여부는 중

요한 사회적 관심사가 되고 있다<sup>2)</sup>. 더욱이 근래에는 농산물의 수출입 과정에서 잔류농약의 문제가 통상의 장벽이 되기도 하며 많은 나라에서 정부 당국의 규제대상이 되고 있으므로 보다 많은 농약 규제를 위한 과학적 정보가 절실히 요청된다<sup>3)</sup>.

식품원료에 남아 있는 잔류 농약은 시간이 경과함에 따라 손실될 뿐만 아니라 수세, 다듬기, 데치기, 가열등 여러 가지 조리 및 가공과정에 의해 많은 양이 제거되는 것으로 알려지고 있다<sup>4)</sup>. 따라서 우리의 식품 원료중 농약 잔류 데이터로부터 조리 과정을 거친 후 농약의 식이 섭취량을 보다 현실적으로 평가하기 위해서는 식품의 조리 및 가공과정에 따른 농약 성분의 제거율 데이터가 절실히 요구되고 있다<sup>5)</sup>.

따라서 본 연구에서는 국내에서 많이 사용되고 있는 4가지 유기인계 농약을 우리나라 사람의 상용식품인 쌀과 배추에 임의로 부착시켜 수세 및 가열 과정을 통한 농약의 저감정도를 조사하여 이들 결과를 우리의 식생활에서

본 연구는 1996년도 한국회술진흥재단 지원에 의해 수행된 연구의 일부임.

실제로 농약 섭취를 감소시킬 수 있는 구체적 방법을 제시하고 식품에서의 농약잔류 기준 설정 및 안정성 확보에 필요한 기초자료를 제공하리라 사료된다.

## II. 실험재료 및 방법

### 1. 재료

실험에 사용한 시료는 대전시내 대형 슈퍼마켓에서 2000년 4월~5월에 구입하였으며, 쌀은 백미를, 배추는 길잎과 흙을 제거하고 가식부만을 사용하였다. 본 실험 전에 조사코저 하는 농약의 잔존 여부에 대한 검사를 실시하였다. 잔존검사결과 본 실험 재료에 조사코저 하는 농약은 전혀 검출되지 않았다.

### 2. 농약부착

이 등의 실험 방법<sup>6)</sup>을 참고로 하여 농약 부착을 실시하였다. 쌀 2 kg에 농약을 1000배 희석한 후 각각의 농약 50 ml를 고무계 살포하여 5°C에서 12시간 냉장 보관한 후 그늘진 곳에서 2일간 풍건한 후 냉동 보관하여 실험에 사용하였다.

배추는 1000배 희석한 농약을 혼합한 희석액 2l에 수초간 담구었다가 꺼내서 3~4시간 정도 배추 표면의 농약이 흐르도록 하여 풍건시키고 냉장 보관하여 실험에 사용하였다.

### 3. 농약

농산물에 가장 흔히 쓰이는 유기인계 농약 살충제로서 오 등<sup>7)</sup>의 연구에서 검출 빈도가 높다고 보고된 다이아톤(성보화학 주식회사, Diazinon, 34%), 스미치온(동방 아글로 주식회사, Fenitrothion 50%), 엘산(한국 삼공 주식회사, Phenthoate, 47.5%), EPN(미성 주식회사, EPN, 45%)를 이용하였다.

### 4. 시약 및 표준품

시료 전처리 과정에서 사용한 추출 및 정제용 시약은 잔류농약 분석용[純正化學(주), 일본] 용매를 사용하였다. Diazinon, fenitrothion, phenthoate, EPN 표준품은 Dr. Ehrenstorfer GmbH(주) (미국)을 사용하였다.

농약 표준품을 각각 10 mg 취하여 acetone 100 ml에 용해한 것을 표준 원액으로 하고 이들 각각을 1.0, 2.0, 2.0, 2.0 mg/l이 되도록 희석하여 혼합 표준 용액으로 사용하였다.

### 5. 기기

분석에 사용한 기기는 gas chromatograph(GC, Perkin

**Table 1. Operating conditions of GC for pesticides analysis**

Model	Perkin-Elmer autosystem
Column	HP-5(crossskinked 5% PH ME siloxane) 30 m
Injection temp.	Automatic sampler at 260°C
Detector temp.	Flame photometric detector at 300°C
Oven temp.	160°C→5°C/min→260°C(3min)
Detector	FPD
Carrier gas	N <sub>2</sub> (18.5 psi)
Injection volumn	2.5 µl

Elmer Autosystem, 미국)을 이용하여 분석하였고 GC의 분석조건의 Table 1과 같다.

### 6. 쌀, 배추의 수세 및 가열

인위적으로 조사 농약을 부착시킨 쌀 50 g씩 취하여 시료 무게의 3배인 150 ml 증류수로 세척 횟수를 달리 하였으며, 세척시 스푼으로 10회 정도를 골고루 가볍게 저어주었다. 저은 후 기울여 따르기로 수분을 제거한 후 각 농약의 잔류량을 분석하였고, 쌀의 취반 가열과정에서는 쌀 50 g을 취하여 증류수 150 ml로 세척한 후 시료의 1.2배인 60 ml의 증류수를 첨가하여 전기밥솥으로 밥을 지은 후 잔류 농약의 분석에 사용하였다.

배추 역시 농약을 인위적으로 부착시킨 후 증류수의 양을 달리하여 세척과 가열을 한 후 수분을 제거하여 잔류 농약의 분석에 사용하였다. 모든 실험은 3회 반복 실험하였다.

### 7. 유기인계 농약의 잔류량 분석

잔류농약의 분석방법은 식품 의약품 안정청의 식품공전<sup>8)</sup>, CDFA의 multiresidue method<sup>9)</sup>, AOAC방법<sup>10)</sup>을 참고하여 다성분 분석법을 변형하여 분석하였고 전체적인 전처리 과정은 다음과 같다. 잔류 농약은 시료 0.5~1 kg을 균질한 후 20~50 g을 취하여 acetonitrile 100 ml을 가하여 1분간 균질화 한 후 감압 여과하였다. 여과액에 NaCl 10 g을 넣어 심하게 흔들어 주고 2시간 저은 정치하여 acetonitrile층과 물층을 분리하고 난 후 acetonitrile층을 각각 10 ml씩 취하여 질소 가스로 농축하여 잔류물을 acetone 5 ml에 녹인 후 microfiltering하여 GC-FPD에 주입한다(Fig. 1).

## III. 결과 및 고찰

### 1. 쌀의 수세 및 가열에 의한 유기 농약의 제거 효과

쌀의 수세 및 가열 조리에 의한 농약의 잔류량 조사 결과는 Table 2와 같다.

Table 2에 의하면 세척시 50 ml 증류수로 3회 세척한 쌀의 농약 잔류량과 150 ml 증류수로 1회 세척한

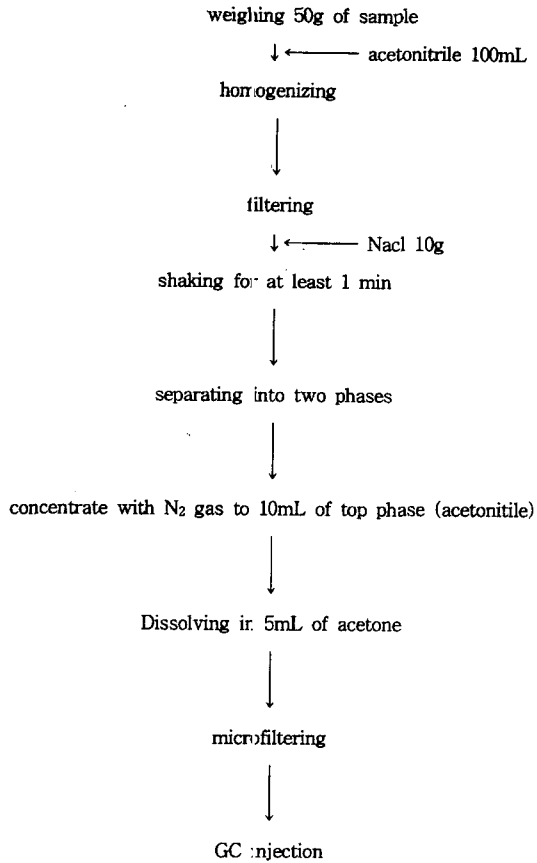


Fig. 1. Preparation of sample for GC analysis.

쌀의 농약 잔류량은 diazinon이 각각 0.58, 0.59 ppm, fenithrithion은 1.08, 1.09 ppm, phenthoate는 1.16, 1.27 ppm, EPN은 1.44, 1.75 ppm이었다. 즉, 세척한 물의 전체 양이 동일하다면 세척 횟수를 늘려도 농약의 제거율은 거의 유사한 수준을 보였으며, 1회 세척시에도 물의 양이 많으면 농약의 제거율을 높일 수 있음을 알 수 있었다.

이 등<sup>6)</sup>은 쌀의 수세시 chlorpyrifos 농약성분의 65%가 제거된다고 보고하였고, 김 등<sup>11)</sup>은 BHC 성분이 7분

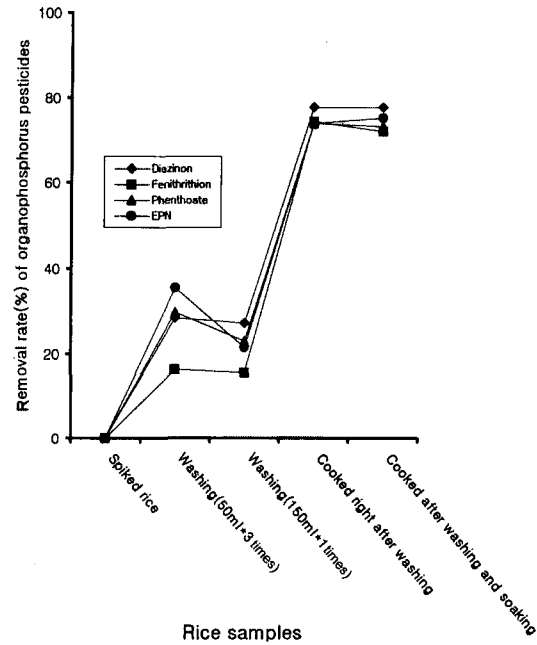


Fig. 2. Removal rate (%) of 4 organophosphorus pesticides after washing and cooking rice.

도미인 경우 69%, 10분 도미인 경우 66%가 제거된다고 보고하였다.

김 등<sup>12)</sup>은 세척 횟수가 증가함에 따라 phenthoate의 제거량은 많아지지만 제거율은 떨어진다고 보고하였고, 즉 첫 번째 세척에서 37.3%, 두 번째 14.3%, 세 번째 세척에 의해 8.9%가 제거됨으로써 총 60.5%가 제거되었다고 보고하였으며, 이 등<sup>6)</sup> chlorpyrifos가 첫 번째, 두 번째, 세 번째 세척액을 통해 각각 38.9%, 15.5%, 6.5%가 제거되었다고 나타났고 Mukherjee<sup>13)</sup>은 쌀 중의 DDT, lindane, malathion 농약성분이 수세에 의해 각각 30%, 30%, 20%가 제거된다고 보고하였는데, 이는 한번 수세한 결과이므로 본 실험 결과와 유사하였다.

Fig. 2에 의하면 50 ml 증류수로 3회 세척한 쌀과 150 ml 증류수로 1회 세척한 쌀의 농약 제거율은 diazinon이 각각 28.4, 27.2%, fenithrithion은 16.3,

Table 2. Residue concentration of 4 organophosphorus pesticides after water washing and cooking rice

Treatment method	Sample quantity(g)	Organophosphorus pesticides Conc. ppm(%)			
		Diazinon	Fenithrithion	Phenthoate	EPN
Spiked rice	50.06	0.81(100)	1.29(100)	1.65(100)	2.23(100)
Water washing (50 ml x 3 times)	50.07	0.58(71.6)	1.08(83.7)	1.16(70.3)	1.44(64.6)
Water washing (150 ml x 1 time)	50.00	0.59(72.8)	1.09(84.5)	1.27(77.0)	1.75(78.5)
Cooked after water washing (50 ml x 3 times)	50.07	0.18(22.2)	0.33(25.6)	0.43(26.0)	0.58(26.0)
Cooked after water washing (50 ml x 3 times) and soaked 30 min	50.01	0.18(22.2)	0.36(27.9)	0.44(26.7)	0.55(24.7)

15.5%, phenthoate는 29.7, 23.0%, EPN은 35.4, 21.5% 이었다. 다른 연구 결과<sup>6,12,13</sup>에 의하면 1회 세척시 30% 정도가 제거된다고 보고되었으나 본 연구 결과의 제거율이 다소 낮았다. 이는 농약의 잔류 수준, 농약성분의 종류, 수세 방법 등에서 기인된 차이라고 사료된다.

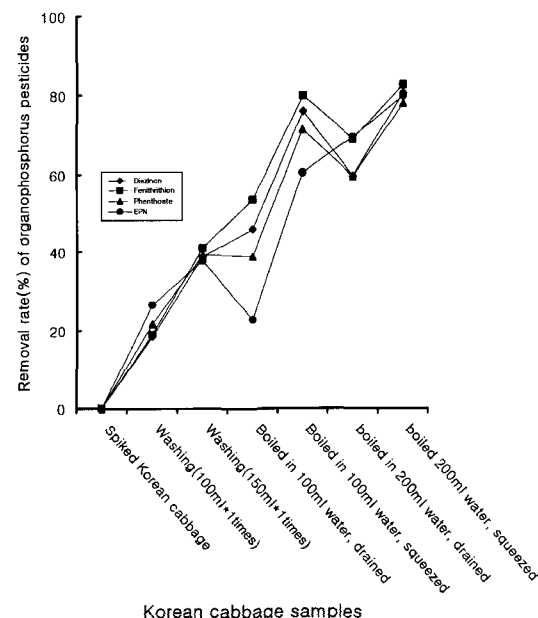
Table 2에 의하면 쌀의 가열 조리시 세척 후 바로 취반 과정에 들어간 쌀밥과 세척 후 30분간 물에 불린 후 취반 과정에 들어간 쌀밥의 농약 잔류량은 diazinon이 각각 0.18, 0.18 ppm, fenithrithion은 0.33, 0.36 ppm, phenthoate는 0.43, 0.44 ppm, EPN은 0.58, 0.55 ppm이었다. Fig. 2에 의하면 취반시 잔류농약의 제거율은 diazinon 77.8%, fenithrithion 74.4%, phenthoate 74.0%, EPN 74.0%로 나타났다. 즉, 농약의 종류에 따라 차이는 있지만 쌀밥의 농약 잔류 비율은 22.0~27.9%이었다. 또한 세척 후 바로 취반 과정에 들어간 것과 30분간 물에 불린 후 취반한 것과 차이가 없었다. 이는 세척 후 잔존하는 농약의 잔류 수준이 거의 비슷하고 물에 불린 후 깨끗한 새로운 물을 사용하지 않고 그 물로 가열하면 유기인계 농약의 제거율이 같으므로 이를 낮추기 위해서는 쌀을 불릴 때 또 다른 새로운 물을 넣어 불리는 경우의 농약의 제거율이 높아지리라 사료된다.

김 등<sup>12</sup>의 연구에 의하면 쌀밥에 phenthoate의 잔류율은 41%, 수세 및 가열조리 쌀의 잔류 농약 제거율은 약 59%이었고, 이 등<sup>10</sup>은 chlorpyrifos를 부착시킨 실험에서 수세에 의해 60%가 제거되었고, 가열 조리에 의해 10%가 제거되어 쌀밥에는 chlorpyrifos가 약 30%가 잔존하는 것으로 보고하였다. 심 등<sup>14</sup>은 BHC가 7분 도미, 10분 도미의 경우 각각 16%, 25%가 쌀밥에 잔류하는 것으로 보고하였으며 Mujherjee<sup>13</sup> 등은 쌀중의 DDT, lindane, malathion이 취반에 의해 각각 8~10%, 4~5%, 1~2%의 잔존률을 나타내었다.

이 등<sup>16</sup>은 쌀에 잔류하는 EPN은 수세에 의해 약 56%가 제거되고, 조리과정을 모두 거치면 59%가 제거되어 41%가 쌀밥에 잔류한다고 보고하였다.

본 실험 결과 취반 과정을 거친 후 농약의 제거율을 살펴보면 농약에 따른 차이는 있지만 72.1~77.8%의 제거율을 보였다. 즉 세척과 가열과정을 통한 농약의 잔류량은 22.8~27.9%로 산출되었다. 이는 취반 과정시 농약의 잔류성분 정도를 조사한 다른 연구결과<sup>6,11,13</sup>들과 유사하였으나, 이등<sup>16</sup>의 결과보다는 낮게 나타났으나 이는 농약의 부착정도, 수세방식, 취반시 조건에 따른 잔존률의 차이로 생각되며, 또한 열에 대한 유기인계 농약의 안정성, 휘발성에 따라 달라지기 때문으로 사료된다.

**2. 배추의 수세 및 가열에 의한 유기 농약의 제거 효과**  
배추의 세척과 가열과정을 통한 농약의 잔류량과 제거율은 Table 3, Fig. 3과 같다.



**Fig. 3. Removal rate (%) of 4 organophosphorus pesticides after washing and cooking Korean cabbage.**

**Table 3. Residue concentration of 4 organophosphorus pesticides on Korean cabbages after water washing and cooking**

Treatment method	Sample Quantity (g)	Organophosphorus pesticides conc. ppm (%)			
		Diazinon	Fenithrithion	Phenthoate	EPN
Spiked Korea cabbage	50.06	2.16(100)	3.24(100)	4.54(100)	4.43(100)
Water washing (100 ml×1times)	50.24	1.68(81.6)	2.62(80.9)	3.51(77.3)	3.25(73.4)
Water washing (150 ml×1times)	50.00	0.59(61.2)	1.09(59.0)	1.27(60.8)	1.75(62.3)
Boiled in 100 ml water, drained off	50.38	1.17(54.2)	1.51(46.6)	2.78(61.2)	3.42(77.2)
Boiled in 100 ml water, squeezed	50.33	0.52(24.1)	0.65(20.1)	1.30(28.6)	1.75(39.5)
Boiled in 200 ml water, drained off	50.21	0.87(40.3)	1.00(30.9)	1.84(40.5)	1.35(30.5)
Boiled in 200 ml water, squeezed	50.24	0.42(19.4)	0.56(17.3)	1.00(22.0)	1.38(20.1)

Table 3에 의하면 배추 세척시 물의 양을 시료 중량의 2배, 3배로 달리하여 세척한 결과 2배(100 m)로 세척시는 diazinon, fenithrithion, phenthoate, EPN이 각각 1.68, 2.62, 3.51, 3.25 ppn이었고, 이들 조사 농약의 제거율은 각각 19.4, 19.1, 23.7, 26.6%이었다. 또한 3배(150 m)로 세척시는 diazinon, fenithrithion, phenthoate, EPN이 각각 0.59, 1.09, 1.27, 1.75 ppm으로 분석되었으며, 이들 농약의 제거율은 각각 38.8, 41.0, 39.2, 37.7%이었다. 즉 세척한 물의 양이 증가할수록 유기인계 농약의 제거 효과가 높았다. 심 등<sup>14)</sup>, 한 등<sup>15)</sup>의 연구결과에서도 본 연구결과와 같이 세척 횟수도 중요하지만, 1회 세척시 수분의 양이 농약의 제거에 중요한 요인이 되며, 즉 세척 횟수가 많아지면 점차 제거율은 떨어지므로 처음 세척시 많은 물로 세척하는 것이 농약의 잔류분의 제거에 효과적인 것으로 사료된다. 또한 우리나라 조리 방법인 국이나 나물을 조리할 경우 배추를 물에 삶게 되는데 이 역시 농약의 종류와는 차이없이 물의 양이 많을수록 제거율이 높은 것을 참고하여 우리나라 조리 방식의 하나인 나물을 무칠 경우처럼 배추를 꼭 짜서 수분을 제거하면 유기인계 농약의 제거율이 더 증가하리라 사료된다.

심 등<sup>14)</sup>의 연구에 의하면 배추는 1, 2, 3차 수세에 의해 26.9, 37.8, 42.5%가 제거되었고, 3회 수세후에도 부착된 말라티온 중 57.5%가 씻기지 않고 그대로 조직에 잔류한다고 보고하였다.

한 등<sup>15)</sup>은 인위적으로 농약을 부착시킨 농산물에서의 세척에 의한 제거율은 dichlorovos, diazinon, methidathion이 각각 38.9~79.7%, 39.1~67.7%, 24.1~60.6%로 보고하였고, 박 등<sup>17)</sup>은 배추등 농산물의 수세에 의한 dichlorovos등의 농약은 12.6~86.2%가 제거된다고 보고하였다. 또한 심 등<sup>14)</sup>은 배추와 같은 잎채소에서 세척 비율의 차이는 잎의 표면적, 엽맥의 분포와 굵기, 숨구멍과 털이 분포와 왁스층의 형성 등 외피조직 특성의 차이 등으로 볼 수 있다고 하였다.

배추에 관한 잔류 농약에 대한 연구들은 김치를 이용한 연구<sup>15,16)</sup>등이 다소 있지만, 국이나 나물을 조리하는 방식에 의한 농약의 제거율에 대한 연구들은 매우 부족하므로 앞으로도 계속적인 연구가 필요하다고 사료된다.

#### IV. 요 약

본 실험의 목적은 우리나라 상용식품인 쌀과 배추의 세척과 가열에 의한 유기인계 농약의 제거효과를 보기 위한 것으로 유기인계 농약 중 diazinon, fenithrithion, phenthoate, EPN을 인위적으로 부착하여 세척과 가열과

정의 변화에 의한 저감 효과를 실험한 결과는 다음과 같다.

1. 쌀의 세척에 의한 농약의 제거율은 15.5~35.4%이었으며, 제거효과는 세척회수보다 물의 양의 영향력이 더 높았다.
2. 쌀을 세척한 후 취반과정을 거치면 농약의 제거율은 72.1~77.8%이었다.
3. 배추의 세척, 가열과정에 의한 농약의 제거율은 각각 18.4~41.0%, 22.8~82.7%이었다.
4. 배추는 쌀과 같이 세척과 가열시 물의 양이 많을수록 제거효과가 높았다.
5. 우리나라의 요리 방법인 나물 무침시 배추를 삶아서 꼭 짜서 수분이 제거되면 농약의 잔존량은 더욱 낮아진다.

#### 참고문헌

1. 최석영 : 식품오염, 울산대학교 출판부, 1994
2. 이서래 : 식품의 안정성 연구. 이화여대 출판부, 제3장, 1993
3. 이서래 : 식품의 오염과 위해평가. 한국환경농학회지, 12(3):325, 1993
4. Elkins, E. R. : Effect of commercial processing on pesticide residues in selected fruits and vegetables. *J. Assoc. off. Anal. Chem.*, 72:533, 1989
5. 이미경, 이서래 : 식품중 잔류 농약에 의한 인체 피복 평가에서의 문제점. 한국환경농학회지, 12:255, 1993
6. Lee, S. R. Mourer, C. R. and Shibamoto, T. : Analysis before and after cooking processes of a trace chlorpyrifos spiked in polished rice. *J. Agric. Food. Chem.*, 39:906, 1991
7. 오준세, 이석주, 성장근, 김성애, 정재홍, 오만진 : 충청지역 농·수산물의 잔류농약 및 중금속 함량에 관한 조사. 충남대학교 환경연구, 16:57-70, 1998
8. 식품의약품 안전청 : 식품 공전. 1997
9. California department of food and agriculture, chemistry laboratory service branch, Pesticides residues laboratories. multi-residue screen
10. H. M. Pylypiw : Rapid gas chromatographic method for the multiresidue screening of fruit and vegetables of organochlorine and organophosphate pesticides. *J. of. A.O.A.C.*, 76:1369, 1993
11. Kim, Y. H., Kim, H. N., Kim, S. S. and Lee, S. R. : Elimination of BHC residues in the polishing and cooking processes of brown rice. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 11:18, 1979
12. 김남형, 이미경, 이서래 : 쌀의 취반 중 Phenthoate 농약 잔류분의 제거. 한국식품과학회지, 28(3):490-496, 1996
13. Mukherjee, G., Banerjee, T., Mukherjee, A, and

- Mathew, T. V. : Loss of pesticide residues from rice and flour during haking and cooking : Research and industry(New Delhi, India), **18**(3):85, 1973
14. 심애련, 최언호, 이서래 : 과일 채소 중 말라티온 잔유분이 세척효과. 한국식품과학회지, **16**(4):418, 1984
  15. 한영선, 김종업, 오준세, 김성애, 정재홍, 이규희, 이석권, 오만진 : 조리방법에 따른 농산물중의 잔류 농약의 제거 효과. 충남대학교 환경연구, **17**:1-13, 1999
  16. 이미경 : 한국 식품 중 유기인계 잔류농약의 위해 평가 연구. 이화여자대학교 박사학위논문. 1995
  17. 박주성 외 12인 : 야채에 잔류하는 유기인계 농약의 수세 및 가열에 따른 농도 변화. 서울 보원원보, **30**:165-178, 1997
- 
- (2000년 8월 25일 접수)