

국내산 玄米중 수은 및 카드뮴의 濃度

梁 在 昇 · 李 瑞 來 · 盧 在 植

한국 원자력 연구소 환경부

(1979년 6월 7일 수리)

Mercury and Cadmium Concentrations of Brown Rice Produced in Korea

Jae Seung Yang, Su Rae Lee and Chae Shik Rho

Environment Department, Korea Atomic Energy

Research Institute, Seoul

(Received June 7, 1979)

Abstract

Mercury and cadmium concentrations were analyzed for 112 brown rice samples collected from various production areas of Korea in 1976 and the results obtained were as follows:

- 1) Mercury concentrations were found in the range of non-detectable to 0.310 ppm, with an average of 0.053 ppm for the whole samples. Two samples from Kimpo area showed 5~6 times higher concentrations than the average value.
- 2) Cadmium concentrations were found in range of trace to 0.029 ppm, with an average of 0.021 ppm for the whole samples. No specific site was found to be seriously contaminated by cadmium as far as the present survey was concerned.

서 론

수은과 카드뮴은 사람에게 有毒한 중금속이며 특히 최근에 와서는 공업의 급속한 발전에 따라 중금속에 의한 環境 汚染이 우려되고 있고 이에 따른 食品 汚染이 사회적으로 큰 관심사가 되고 있다.

수은은 자연 환경에서도 微量이나마 檢出되는데 경우에 따라서는 生物이 그것을 毒性이 더 강한 메틸수은으로 전환시키기도 하며 또 먹이 連鎖(food chain) 과정을 거쳐 濃縮됨으로써 사람의 건강에 나쁜 영향을 주기도 한다⁽¹⁾. 일본에 있어서 1953년부터 알킬수은에 의해 미나마타(水俣)와 니이가타(新潟)에서 발생한 이른바 “미나마타병(水俣病)”의 사건 이래⁽²⁾ 수은은 체중 kg당 0.4~1.0 mg의 섭취로 신경성 장애를 일으킬 수

있음을 알았다⁽³⁾. 또한 쌀 생산에 유기 수은계 살균제를 오랫동안 사용하여 왔고 이에 따라 쌀을 主食으로 하는 일본과 한국에서는 쌀의 수은 잔류량에 대한 조사가 이루어졌다. 즉 일본의 경우 1967년에 0.20 ppm으로 최고치를 나타낸 수은은 그뒤 계속 감소하여 1971년에는 0.03 ppm으로 떨어졌다⁽⁴⁾. 우리나라에서는 1967년 산 쌀에서 평균 수은 잔류량이 0.13 ppm이던 것이⁽⁵⁾ 1972년산 쌀에서는 0.03 ppm으로 감소하였음을 나타내었다⁽⁶⁾.

그러나 환경내의 수은 오염은 공업화가 될수록 유기 수은계 농약보다는 電子 공업, 염화비닐이나 우레탄 공장, 펄프 및 페인트 공장 등에서 폐기되는 물질로 더욱 크게 문제시될 수 있다는 사실을 감안할 때 유기수은계 농약의 사용이 제한된 후라도 主食인 쌀의 수은 잔류량에 대한 檢索은 매우 중요한 일이다.

한편 카드뮴은 광산 지역 및 금속, 석유 화학, 초차, 사진재료 공장등의 광범위한 오염원을 가지며 인체에 흡수되어 세뇨관에 축적됨으로써 뼈의 異常을 가져오고 칼슘과 인의 대사 장애를 일으키는 "이따이 이따이" 병의 유발원으로 알려져 있다. 일본에 있어서 419명의 환자가 발생한 진스강(神通川) 유역은 1967년 地表水와 샘플에서 카드뮴이 관찰되었으며 이 지역의 쌀에는 1.12~0.32 ppm의 카드뮴이 함유되어 있었다⁽⁷⁾.

그동안 우리나라에서도 중금속 검색의 일환으로 쌀중 카드뮴의 함량 조사가 시도되었다. 즉 1970년산 경기 지방의 쌀은 0.035 ppm이었고⁽⁸⁾ 그 이후 전국적으로는 불검출 혹은 0.079 ppm 정도 검출되어 우려할만한 사태는 아닌 것으로 기술되고 있다^(6,9,10,11,12). 그러나 이들 조사 보고에서는 분석 시료수가 적고 전국에 걸친 광범위한 조사가 아닌 것이 대부분이므로 그 신뢰도는 매우 낮다고 볼 수 밖에 없다.

최근 폐쇄된 광산이나 공업화에 따른 일부 지역의 公害度를 감안할 때 수은과 카드뮴을 비롯한 중금속에 의한 토양 오염, 더 나아가 식품 오염의 檢索은 매우 중요하리라 믿는다. 따라서 필자들은 1976년도에 생산된 전국의 쌀을 수집하여 수은과 카드뮴의 농도를 측정하였고 그들의 오염 현황을 평가하였으므로 이에 그 결과를 보고한다.

재료 및 방법

1. 玄米 시료

시료는 전국 각 지역에서 1976년도産 통일 계통 버를 각 도별 미곡 생산량에 준하여 112점을 Table 1, Fig. 1



Fig. 1. Location of sampling sites for the heavy metal analysis of rice

과 같이 수집하였고 현미로 만든 후 60 mesh로 분쇄한 것을 분석시료로 제공하였다.

2. 분석 방법

1) 수은

日本 公害 分析 指針에 준하여 습식 분해를 시킨 후⁽¹³⁾ A.O.A.C.公定法에 의한 flameless atomic absorption method에 준하여 총수은을 정하였다.⁽¹⁴⁾ 즉 수은분

Table 1. Collection of rice samples for the analysis of heavy metals

Province	Rice production (1976, 1,000ton)	Number of samples	Location (number of samples)
Kyonggi(京畿)	751	14	고양(1) 김포(2) 부천(1) 안성(2) 양평(2) 이천(1) 의정부(1) 파주(1) 평택(1) 포천(1) 화성(1)
Gangwon(江原)	212	7	명주(1) 양양(1) 영월(1) 원성(1) 춘성(1) 평창(1) 홍천(1)
Choongbuk(忠北)	341	10	괴산(1) 보은(2) 영동(1) 옥천(2) 음성(2) 청주(2)
Choongnam(忠南)	775	16	논산(4) 당진(1) 보령(2) 부여(2) 예산(3) 홍성(4)
Jeonbuk(全北)	749	14	김제(1) 남원(2) 부안(2) 순창(2) 완주(2) 이리(2) 임실(2) 정읍(1)
Jeonnam(全南)	931	18	고흥(2) 곡성(1) 광산(1) 광양(2) 담양(1) 보성(2) 승주(2) 신안(2) 여천(1) 영암(1) 함평(1) 화순(2)
Kyongbuk(慶北)	791	14	고령(1) 군위(1) 금능(1) 달성(1) 선산(1) 성주(1) 안동(1) 영일(1) 예천(1) 울진(1) 월성(2) 상주(1) 청송(1)
Kyongnam(慶南)	660	15	고성(2) 김해(3) 밀양(1) 울산(2) 울주(3) 진양(2) 합천(2)
Jeju(濟州)	5	4	남제주(1) 북제주(3)
Total	5,215	112	

해장치(환류 냉각형)에서 분말 시료 10 g에 증류수 5 ml, 질산 10 ml, 그리고 황산 10 ml를 넣고 가열하여 갈색 연기가 없어지고 용액이 담황색이 될때까지 분해시킨 후 냉각하였다. 계속하여 이에 증류수 25 ml 및 10 % 요소용액 5 ml를 넣고 가열하여 질소산화물을 제거하였고 $KMnO_4$ 와 hydroxylamine·HCl용액을 가한 후 증류수로 75 ml가 되게끔 채움으로써 습식 분해를 끝마쳤다.

이 분해액에 대하여 atomic absorption spectrophotometer (Hilger & Watts Atomspek H 1550모델)로서 수은 함량을 측정하였으며 조작 조건은 wave length 253.7 nm, lamp current 4 mA, slit width 20 μ m, air flow rate 2 L/min이었다.

2) 카드뮴

日本 公害 分析 指針에 준하여 Kjeldahl flask에서 습식 분해를 시킨 후 DDTC-MIBK 추출 과정을 거쳐 原子 吸光法으로 카드뮴 농도를 정량하였다⁽¹³⁾. 즉 시료 10 g에 질산 20 ml를 넣고 하룻밤 방치한 후 황산 10~20 ml를 넣고 가열 분해한 것을 증류수로 100 ml로 채웠다. 이 분해액 20 ml를 취하여 25 % sodium-potassium tartrate 용액 5 ml와 bromphenol blue 지시약을 넣고 암모니아수로 중화한 다음 포화 황산 암모니움 용액 10 ml와 DDTC액 5 ml를 넣고 5분동안 靜置시킨 다음 MIBK 10 ml를 정확히 넣고 混和함으로써 MIBK 추출액을 얻었다.

이 추출액에 대하여 atomic absorption spectrophotometer (Varian AA-175 series)로서 카드뮴 농도를 측정하였으며 조작 조건은 wave length 228.8 nm, lamp current 3.5 mA, slit width 0.5 nm, flame condition air/acetylene이었다⁽¹⁵⁾.

결과 및 고찰

1. 현미증 수은 농도의 檢索

전국 각 산지에서 수집한 현미 112개 시료에 대하여 총 수은의 농도를 분석한 결과는 Table 2와 같다.

현미증 수은 농도의 전국 평균치는 0.053 ppm이었으

며 검출 범위는 불검출(<0.005 ppm)~0.310 ppm이었다. 또 各道別 평균치를 보면 경기도가 0.094 ppm, 경북이 0.074 ppm으로 비교적 높았고 기타 지역은 평균치 근처에서 큰 차이가 없었다. 특히 경기도 金浦지역에서의 현미 시료 2점에서는 각각 0.26, 0.31 ppm이 검출되어 전국 평균의 5~6배에 이르고 있었다.

Table 2. Detection levels of mercury in brown rice samples from each production area (Unit: ppm)

Province	Number of samples	Mean	Range	Standard error
Kyonggi	14	0.094	TR ~0.310	0.0235
Gangwon	7	0.037	0.015~0.065	0.0067
Choongbook	10	0.053	0.015~0.100	0.0085
Choongnam	16	0.058	0.012~0.130	0.0095
Jeonbook	14	0.044	0.007~0.100	0.0071
Jeonnam	18	0.065	TR ~0.160	0.0143
Kyongbook	14	0.074	0.030~0.130	0.0075
Kyongnam	15	0.040	ND ~0.092	0.0095
Jeju	4	0.045	0.012~0.081	0.0171
Total	112	0.053	ND~0.310	0.0047

ND: non-detectable

TR: trace (<0.005 ppm) (Half-value of the upper limit was used in calculating the mean and standard error)

시료의 수은농도별 검출빈도를 보면 Table 3과 같이 0~0.05 ppm 이 56점으로 50 %, 0.05~0.10 ppm이 45점으로 40%, 그리고 0.10 ppm 이상이 11점으로 10 %를 차지하였으며, 90 %이상의 시료가 0.1 ppm이하임을 알 수 있었다.

현재까지 국내산 쌀증의 수은 잔류량에 관한 조사 보고를 연도(가능한 한 쌀의 생산년도) 순으로 정리한 결과는 Table 4와 같다^(16,17). 이들 조사는 각기 다른 연구 기관에 의하여 수행되었으며 또 대부분의 경우 시료의 수나 수집 지역이 제한되어 있기 때문에 전국적인

Table 3. Detection frequency of mercury and cadmium in Korean rice produced in 1976

Mercury			Cadmium		
Range (ppm)	Number of samples	Detection frequency (%)	Range (ppm)	Number of samples	Detection frequency (%)
0~0.010	12	10.7	0 ~0.010	8	7.1
0.011~0.050	44	39.3	0.011~0.020	22	19.6
0.051~0.100	45	40.2	0.021~0.030	82	73.2
0.101~0.500	11	9.8			
Total	112	100.0	Total	112	99.9

Table 4. Earlier reports for the detection levels of mercury in Korean rice (1966-76)

미곡생산년도	수은농도(ppm)		분 석 시료수	수집범위	측 정 기 관	참고문헌
	범 위	평 균				
1966	0.044~0.255	0.111	21	전 국	농 촌 진 흥 청	18
1966	0.025~0.32	0.117	60	전 국	서 울 대 학 교	19
1967	0.026~0.261	0.131	266	전 국	농 촌 진 흥 청	5
1968	0.14 ~0.36	0.23	10	경기 · 전북	국립 보건 연구원	20
1969	0.028~0.250	0.080	6	경 기	원 자 력 연 구 소	21
1970	0.05 ~0.27	0.14	4	서 울	국립 보건 연구원	22
1970	ND ~0.035	0.012	3	경 기	연 세 대 학 교	8
1971	0.02 ~0.08	0.045	4	서 울	국립 보건 연구원	23
1971	ND ~0.350	0.093	15	경기 · 전북	연 세 대 학 교	8
1972	<0.01~0.05	0.01	9	전 국	국립 보건 연구원	9
1972	0.004~0.110	0.028	34	전 국	한국원자력연구소	6
1973	0.02 ~0.07	0.04	6	전 국	국립 보건 연구원	10
1973	ND ~0.03	0.017	10	전 국	중 앙 대 학 교	11
1973	0.013~0.057	0.028	6	충북 · 강원	한국원자력연구소	6
1974	0.008~0.35	0.118	6	경기 · 경북	한국원자력연구소	6
1975*	—	0.089	13	경 기	이 화 여 대	24
1975*	0.03 ~0.17	0.11	6	서울 · 경기	서울시보건연구소	25
1976	ND ~0.008	0.001	15	경 남	부산시보건연구소	26
1976	ND	ND	16	경 남	경 상 대 학	27
1976*	ND ~0.310	0.053	112	전 국	한국원자력연구소	본 논 문

* 현미시료

오염 상태를 완전히 파악하기 매우 곤란한 동시에 年次的 추세를 논의하는 데는 문제점이 따르지 않을 수 없다.

따라서 유해 물질에 의한 전국적인 오염 상태를 모니터링하기 위해서는 먼저 시료의 채취 방법을 포함한 분석 방법의 標準化 또는 分析 管理 計劃(analytical quality control program)이 이루어져야 할 것이다.

그러나 주어진 자료로부터 수은 잔류량의 변화 추세를 추정하여 보면 1967~8년경에 최고치를 보여 0.2 ppm 까지 도달하였으나 그후 차차 감소되어 1972~3년경에는 그의 1/10인 0.02 ppm으로 떨어졌다. 참고로 유기수은계 농약의 소비량을 쌀중 수은 잔류량과 함께 표현한 것을 보면 Fig. 2와 같이 우연히도 1966~73년에 걸쳐 비슷한 패턴을 보였다. 따라서 쌀중의 수은 잔류량은 농약으로 사용된 유기수은계에서 유래되는 것이 아닌가 의심이 된다. 더우기 1962~71년에 걸쳐 이들 유기수은계의 대부분이 도열병 방제를 위한 살분 또는 살포용으로 작물체에 직접 사용되었음은 이를 뒷받침하여 주는 것이라 하겠다.

유기수은계 농약은 1972년부터 중자 소독용으로만 사용하게끔 규제되었기 때문에 그 소비량은 매우 제한되어 있으며 작물체로의 직접적인 移行은 크게 문제되지

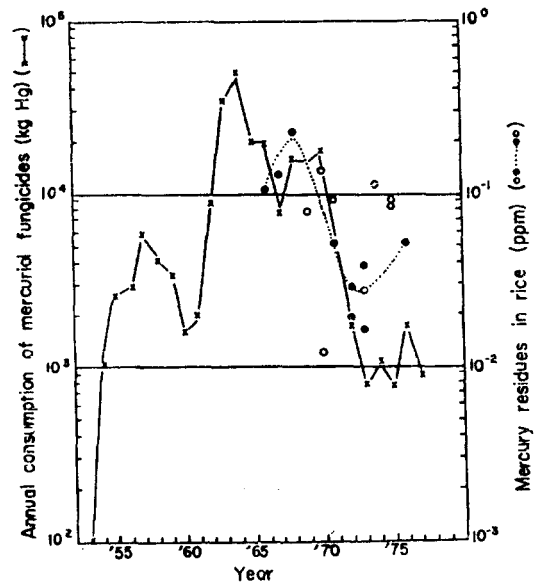


Fig. 2. Trends in the consumption of mercurial fungicides and mercury residues in Korean rice

Full circle(●) is the data from whole area and open circle(○), from restricted area

않는다고 볼 수 있다. 그러나 1974년부터 쌀에서의 수 은 잔류량이 증가하는 추세를 보이기 시작하였는 바 이 에 대한 세심한 주의가 요청된다. 따라서 그 원인으로 서 농약이 아닌 다른 인자 즉 産業 廢水나 都市下水에 섞인 수은이 河川으로 들어간 다음 이 河川水를 농업 용수로 사용하였을 경우를 생각해야 될 것이다. 그 이 유로서는 일본에서 발생한 미나마다病的 원인이 최초 에는 농약 오염으로 의심하였으나 결과적으로 공장 폐 수에 起因됨이 과학적으로 판명되었으며 본 조사결과 나 다른 보고에 의하면 곡창 지대인 호남 지방보다는 한강 하류에 위치한 김포 지역에서외 쌀에 가장 높은 농도의 수은이 검출되고 있음이 잘 말해주고 있다.

따라서 수은의 오염문제는 전국적인 평균치 뿐만 아 니라 局地的인 오염이 염려 되므로 이미 지적되고 있는 김포와 같은 문제지역을 찾아내는 동시에 이러한 지역 에 대한 細密 調査를 하루 빨리 착수하여야 할 것이다.

2. 현미중 카드뮴 농도의 檢索

전국 각 산지에서 수집한 현미 112개시료에 대하여 카드뮴 농도를 분석한 결과는 Table 5와 같다.

현미중 카드뮴 농도의 전국 평균치는 0.021 ppm이었 으며 검출범위는 TR(<0.005 ppm) ~ 0.029 ppm이었다 各道別 평균치를 보면 경남이 0.027 ppm으로 가장 높았 고 충북이 0.014 ppm으로 가장 낮았으나 道別 차이는 전체적으로 보아 전국 평균치에서 크게 벗어나지 아니 하였다. 또한 전국 시료에 대하여 카드뮴 농도별 검출 빈도를 보면 Table 3과 같이 0.01 ppm이하가 8점으로 7%, 0.01~0.03 ppm이 104점으로 93%를 차지하였다. 따라서 카드뮴으로 오염되었다고 생각되는 특정 지역이

Table 5. Detection levels of cadmium in brown rice samples from each production area (Unit: ppm)

Province	Number of samples	Mean	Range	Standard error
Kyonggi	14	0.016	0.010~0.022	0.0010
Gangwon	7	0.022	0.017~0.025	0.0009
Choongbook	10	0.014	TR ~0.027	0.0032
Choongnam	16	0.023	TR ~0.029	0.0017
Jeonbook	14	0.022	0.017~0.025	0.0015
Jeonnam	18	0.024	0.020~0.028	0.0006
Kyongbook	14	0.023	0.010~0.027	0.0014
Kyongnam	15	0.027	0.022~0.028	0.0005
Jeju	4	0.020	0.016~0.022	0.0012
Total	112	0.021	TR~0.029	0.0004

TR: trace (<0.005 ppm) (Half-value of the upper limit was used in calculating the mean and standard error)

발견되지는 못하였으며 전국적으로 검출 범위가 넓지 않은 것으로 보아 우리나라 쌀의 background 수준이 아 닌가 생각된다.

현재까지 국내산 쌀중의 카드뮴 농도에 관한 조사 보 고를 연도순으로 정리한 결과는 Table 6과 같다. 여기 에서 연차적 변화 추세를 추정하는 것은 매우 곤란하며 전국적으로 보아 아직 오염 대상 지역으로 지적할 수 있 는 결과가 나오지 않았다고 말할 수 있다. 전국적인 규모로 많은 시료에 대하여 분석한 자료는 이 보고가 처음인 것으로 생각되며 따라서 본 조사의 결과를 전

Table 6. Earlier reports for the detection levels of cadmium in Korean rice (1970-76)

미곡생산년도	카드뮴농도(ppm)		분 석 시 수	수집범위	측 정 기 관	참고문헌
	범 위	평 균				
1970	0.020~0.045	0.035	3	경 기	연 세 대 학 교	8
1971	ND ~0.006	0.002	15	경기 · 전북	연 세 대 학 교	8
1972	ND	ND	9	전 국	국 립 보 건 연 구 원	9
1972	0.036~0.26	0.079	21	전 국	한 국 원 자 력 연 구 소	6
1973	ND	ND	6	전 국	국 립 보 건 연 구 원	10
1973	0.021~0.31	0.130	5	충북 · 강원	한 국 원 자 력 연 구 소	6
1973*	0.039~0.103	0.071	10	전 국	중 앙 대 학 교	11
1974*	0.030~0.192	0.095	109	경 기(김포)	중 앙 대 학 교	12
1974	0.008~0.37	0.207	6	경기 · 경북	한 국 원 자 력 연 구 소	6
1975*	ND ~0.03	0.618	6	서울 · 경기	서울 시 보 건 연 구 소	25
1975*	—	0.036	7	경 기	이 화 여 대	24
1976	ND ~0.044	0.001	15	경 남	부 산 시 보 건 연 구 소	26
1976	ND ~0.177	—	16	경 남	경 상 대 학	27
1976*	TR ~0.029	0.021	112	전 국	한 국 원 자 력 연 구 소	본 논문

* 현미시료

국적인 평균치로 잡아도 무방할 것으로 본다.

일본에 있어서^(13,28) 土壤汚染防止法에 의한 玄米중 카드뮴의 허용 기준치는 1 ppm으로 설정되어 있다. 또한 1972년 전국에 걸친 概況調査에서 玄米(2,746점)중의 카드뮴 평균농도는 0.09 ppm이었으며 同年 카드뮴 오염 지역(要觀察地域)에 대한 細密調査에서 玄米 1,019 점중 지역별 평균치는 0.57 ppm이었고 1 ppm을 초과하는 시료수는 89 점에 도달하였다.

외국에서의 경우를 보면 카드뮴에 의한 환경 오염이 광산, 제련소 등 특히 아연 광산 및 아연 제련소의 주변 지역에서 많이 일어나며 鍍金 공장, 金屬 공장, 쓰레기 燒却場 등에서는 屍地의으로 일어나고 있다. 최근 우리나라에서도 대형 공업 단지가 형성되고 있고 특히 비철금속 제련소가 기동되기 시작한 점을 감안할 때 카드뮴에 의한 오염조사를 전국적인 규모로 실시할 필요성이 있으며 이와같이 함으로써 중금속에 의한 公害를 미연에 방지할 수 있을 것이다.

요 약

전국에서 수집된 1976년산 玄米시료 112점중 수은과 카드뮴의 농도를 분석, 비교한 결과는 다음과 같다.

1) 현미중 수은 농도의 검출 범위는 불검출~0.310 ppm이었으며 전국평균치는 0.053 ppm이었다. 다만 金浦 지역에서의 시료는 평균치의 5~6배에 이르고 있었다.

2) 현미중 카드뮴 농도의 검출 범위는 흔적~0.029 ppm이었으며 전국 평균치는 0.021 ppm으로서 카드뮴으로 오염되었다고 생각되는 특정 지역은 발견되지 아니하였다.

문 헌

- Gavis, J. and Ferguson, J. F.: *Water Research*, 6, 989 (1972)
- Fujiki, M. and Tajima, S.: *New Methods in Environmental Chemistry and Toxicology*, edited by Coulston, F., et al., International Academic Printing Co., Japan, p.217 (1973)
- Alexander, M.: *Advan. Appl. Microbiol.*, 14, 44 (1974)
- 上田雅彦, 田植 榮, 近澤絃史, 間崎直典: *食品衛生學雜誌(日本)* 19, 105 (1978)
- 金戊謙, 禹基大, 韓成植, 李成煥, 都雲會: *農事試驗 研究 報告*, 12 (3), 55 (1969)
- 李澈, 金洛培, 李仁鍾: *한국 원자력 연구소 기술 보고서*, 2 (2), 567 (1975)
- Fukushima, M.: *New Methods in Environmental Chemistry and Toxicology*, edited by Coulston, F., et al., International Academic Printing Co., Japan, p.231 (1973)
- 권숙표, 윤명조, 김정현, 경용, 임창국: *中央 醫學*, 22, 573 (1972)
- 高仁錫, 盧晶培, 宋哲, 權赫姬, 金吉生, 鄭國熙, 朱昌栢: *국립 보건 연구원 보*, 9, 389 (1972)
- 高仁錫, 盧晶培, 宋哲, 權赫姬, 金吉生, 延圭奉, 俞炳天: *국립 보건 연구원보*, 10, 437 (1973)
- 孫東憲, 許仁會: *中央 大學校 論文集*, 19, 75 (1974)
- 孫東憲, 許仁會: *中央 大學校 論文集*, 20, 63 (1975/6)
- 日本分析化學會 關東支部編: *公害 分析 指針* 7, 食品編, 共立 出版 株式 會社 (1972)
- Horwitz, W. (Ed.): *Official Methods of Analysis of A.O.A.C.*, 12th Ed., Association of Official Analytical Chemists, p.451-453(1975)
- Anonymous: *Analytical Methods for Flame Spectroscopy*, Varian Techtron Pty. Ltd., Australia, p.10 (1978)
- 盧在植: 1976년도 國內外 韓國 科學 技術者 종합학술 대회 논문집(생명 과학, 환경 공학 부문), p.27-51(1976)
- 盧在植: *서울 農藥*, 4 (3), 1 (1978)
- 朴聖錫, 韓成植: *農村 振興廳 試驗 研究 報告書(植環)*, 1, 173 (1967)
- 朴大成, 文昌奎: *現代 醫學*, 9, 409 (1968)
- 盧晶培, 朴容厚, 金基璽, 金榮錫, 張映京, 金吉生: *과학 기술처 사업 보고서*, E68-68, 19 p.(1968)
- 전세열: *한국 식품 과학 회지*, 3, 135 (1971)
- 노경배, 송철, 김기경, 윤공덕, 권혁희, 이정수: *국립 보건 연구원 보*, 7, 237 (1970)
- 盧晶培, 宋哲, 權赫姬, 金吉生, 申碩釘, 李興在, 元敬豐, 朱昌栢: *국립 보건 연구 원보*, 8, 261(1971)
- 金東俊, 朴奉奎: *韓國 生活 科學 研究院論叢(梨大)*, 17, 321 (1976)
- 吳英根, 吳秀燾, 金乙祥, 朴弘鉉, 柳邦烈, 姜熙坤 朴在柱: *서울 特別市 保健 研究所報*, 11, 21 (1975)
- 이동근, 임경택: *한국 영양 식량 학회지*, 6 (1), 73 (1977)
- 金明燦, 沈奇煥, 河永來: *한국 식품 과학 회지*, 10, 299 (1978)
- 坂井 弘(監修): *農業 公害 핸드ブック, 地人書館*, p.126 (1974)