KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL.
Vol. 18, *No.* 4 (1986)

쌀과 밀가루의 調理加工중 카드뮴 및 납 含量의 변화

鄭守然·李瑞來

이화여자대학교 식품영양학과

Changes in the Cadmium and Lead Contents of Rice and Wheat Flour during their Cooking and Processing

Sooyeun Jung and Su-Rae Lee

Department of Food & Nutrition, Ewha Woman's University, Seoul

Abstract

This study was undertaken to investigate the removal efficiency of heavy metals (Cd, Pb) in rice and wheat flour by cooking and processing. After four times washing of rice grains with water, the removal ratios of cadmium and lead from artificially-contaminated samples were 39.2% and 34.9%, respectively. In cooking of rice grains washed three-times with water, the residue levels of cadmium and lead decreased to 85.7%, 83.0% in electric rice cooker and 74.5%, 72.6% in pressure rice cooker, respectively. No significant difference was observed in the removal of the metals between naturally-contaminated and artificially-contaminated rice samples, and between the electric and pressure rice cookers. In baking of artificially-contaminated wheat flour into cookie and loaf bread, the removal ratios of cadmium and lead were negligible as expected. When knife-cut noodle was made from artificially-contaminated wheat flour and boiled in water, 75% of the metals were found in the noodle solids and only 25% of them were removed into the broth.

서 론

최근 공업의 급속한 발전에 따라 重金屬에 의한 環境汚染이 우려되고 있고 이에 따른 食品汚染이 국민보건을 위협하고 있어 食品衛生面에서 뿐만 아니라 社會的으로 큰 관심사가 되고 있다.

식품중의 중금속에는 人體에 필수불가결한 것과 극히 미량일지라도 인체에 나쁜 영향을 미치는 것이 있다. 인체에 비교적 毒性이 강한 것으로 알려진 Cd, Hg, Pb, As 등은 식품 본래의 正常성분이 아니고 식품의 생산 또는 제조가공중 외부에서 오염되는 環境汚染性 중금속이다.[1] 중금속에 의한 대표적인 中毒사건으로는 Cd에 의한 이따이이따이病과 Hg에 의한 미나마다病을 들 수 있고[2] 그 밖의 發生事例도 적지 않게 보고되어 있다.[1,3]

국내산 식품의 중금속 汚染에 관한 조사보고는 수많이 발표되고 있다.[4-17] 그러나 食品原料에 오염된 중금속이 섭취되기 전의 調理加工중 얼마나 分解 또는 除去되는가에 대해서는 국내외적으로 볼 때 그 연구가 매우 제한되어 있다.[18,19] 더우기 한국인에게 중요한 쌀과 밀가루의 調理加工중 일어나는 변화에 대한 연구는 국내에서 거의 찾아볼 수 없다.

따라서 본 연구에서는 環境汚染과 관련이 있는 有害중금속중 Cd와 Pb를 택하여 쌀에 오염된 경우 水洗 및 炊飯과정중의 변화와 아울러 밀가루의 加工利用중 일어나는 含量 변화를 조사하였기에 그 결과를 이에 보고한다.

재료 및 방법

공시재료

실험재료인 쌀은 서울 서대문구 신촌시장에서 유통되는 일반미와 오염지구로 생각되는 경기도 광명시 광산 근처의 논에서 재배된 것을 직접 구입하였다. 밀가루는 중력분으로 대한제분주식회사 제품을 사용하였다.

신촌시장에서 구입한 쌀에는 $Cd(No_3)_2$ 또는 $Pb(No_3)_2$수용액(금속원소 농도도 50 ppm)을 쌀 1*kg* 당 약 100*ml* 씩 각기 따로 분무기로 뿌려 쌀알에 골고루 오염시켰다. 중금속 용액이 쌀알에 골고루 침투되게 하기 위하여 이것을 폴리에틸렌 주머니에 싸서 냉장고(4~5℃)에 하루밤 보관한 후 tray에 펼쳐 그늘에서 이틀동안 건조시켰다. 밀가루의 경유는 Cd과 Pb 수용액 일정량을 반죽시에 넣어 골고루 혼합하였다.

중금속의 정량법

시료 일정량을 켈달분해병에 넣고 증류수 10~25ml, 질산 20~30ml 및 황산 20ml를 넣어 습식분해를 시킨 후 일정 용량으로 희석하여 검액으로 하였다.

Cd과 Pb의 함량은 dithizone법[20,21]에 따랐다. 즉 시료의 산분해액을 dithizone으로 추출한 후 Spectronic 21 분광광도계에 의해 520nm에서의 흡광도를 측정하였다. 바탕시험액도 같은 방법으로 흡광도를 측정하였으며 별도로 중금속 표준용액을 가지고 상기 조작에 준하여 측정한 흡광도로 부터 작성한 검량선에서 시료중의 중금속 농도를 산출하였다. 두 금속의 최저정량한계는 모두 0.1ppm이었다.

쌀의 水洗방법

수세효과를 보기 위하여 쌀을 일정량씩 500ml 비카에 취하여 쌀 30g당 물 100ml로 수세하였다. 1회 수세때마다 수저로 천천히 5회씩 저은 후 물을 따라버렸다. 수세된 쌀은 tray에 펼쳐 이틀동안 그늘에서 건조시켰으며 세척액 1, 2, 3, 4차분을 각각 분해시켜 중금속 함량을 정량하였다.

炊飮방법

쌀 180g씩을 취하여 물 600ml씩으로 3회 수세하였으며 1회 수세때마다 수저로 5회씩 저은 후 물을 따라버렸다. 3차에 걸친 수세액은 합친 후 중금속 함량을 정량하였다.

수세한 쌀은 전기밥솥과 압력밥솥에 의해 취반하였다. 전기밥솥에는 물 216ml(쌀 : 물=1 : 1.2)를, 압력밥솥에는 물 180ml(쌀 : 물=1 : 1)를 부어 20분동안 불린 다음 자동조절장치에 의해 취반하였다. 밥 일정량(150g)을 취해 습식분해한 후 중금속 함량을 정량하였다.

쿠키의 제조방법

밀가루를 주원료로 한 drop cookie를 표준적인 방법[22]으로 만들었으며 그 배합비는 다음과 같다. 밀가루 100g, 설탕 70g, 쇼트닝 40g, 달걀 25g, 소금 0.5g, 바닐라 1.5g, 베이킹 파우더 4.5g.

위의 재료중 달걀은 흰자와 노른자를 혼합하여 계산된 양의 중금속을 여기에 용해하였다. 제조순서는 밀가루에 소금과 베이킹파우더를 섞고 25메쉬 체로 쳐서 공기를 함유시켰다. 한편 쇼트닝에 설탕을 섞고 부드러워질때 까지 주걱으로 잘 섞은 후 여기에 달걀을 넣고 다시 잘 혼합하였다. 여기에 체로 친 밀가루 혼합물을 섞되 끈기가 생기지 않도록 가볍게 섞은 후 실온에 한시간 방치하였다가 drop으로 성형하여 190℃ 오븐에서 연한 갈색이 되도록 8~10분간 구웠다.

麵의 제조 및 조리방법

밀가루 300g에 6g의 소금과 중금속을 녹인 물 120ml를 넣고 상온에서 10~15분간 반죽한 다음 麵帶를 만들었으며 이것을 다시 두께 2mm, 넓이 4mm의 가는 칼국수로 썰었다. 이와같이 만든 칼국수 50g을 끓는물 500ml에 넣고 10분간 삶은 후 국수를 철망으로 건져 물기를 뺐다.

제빵방법

식빵을 표준방법[23]에 따라 구웠으며 원료배합은 다음과 같다. 밀가루 400g, 백설탕 16g, 쇼트닝 16g, 소금 8g, 베이킹파우더 8g, 물 240ml.

먼저 밀가루를 40메쉬 체로 쳐놓고 설탕, 소금, 베이킹파우더와 중금속을 물에 녹인 용액을 섞어 반죽에 들어갔다. 마지막으로 쇼트닝을 섞은 후 빵틀에 넣고 210℃ 오븐에서 30분간 구웠다.

결과 및 고찰

쌀의 洗滌에 따른 중금속 함량의 변화

신촌 시장에서 구입한 쌀의 중금속 함량을 분석한 결과 Cd는 검출되지 않았고 Pb는 0.15ppm이었다. 이와같이 낮은 농도로 오염된 쌀을 사용하여 수세나 취반과정 중 중금속의 제거효과를 실험하는 것은 매우 곤란한 것으로 생각되었다. 따라서 이 시료에 두가지 중금속을 각각 약 5ppm 수준으로 인위적으로 오염시켰다.

이 쌀을 실온의 물에서 씻은 다음 세척액 중의 중금속 함량을 정량한 값으로 부터 쌀시료 중 Cd와 Pb의 잔류량 및 제거율을 계산한 결과는 Table 1및 Fig.1과 같다. 수세과정에 의한 중금속의 제거효율을 보면 Cd의 경우 1회수세로 부착된 중금속 중 10.2%가 제거되었고, 2회수세 후에 22.7%, 3회수세 후 31.5%, 4회수세 후에 39.2%가 제거되었다. 한편 Pb의 경우는 1, 2, 3, 4회 수세 후에 각각 13.8%, 24.9%, 30.1% 및 34.9%가 제거되었다.

각 수세단계에 따른 중금속의 제거율을 보면 Fig.1에서 보는 바와 같다. 세척횟수가 늘어남에 따라 중금속의 전체 제거량은 많아졌지만 각 횟수마다의 제거효율은 떨어졌다.

堤[24]는 Cd로 오염된 쌀을 1N HCl에 침지하면 70~85%나 제거할 수 있으나 제거한 후 쌀의 식용으로서의 용도가 제한된다고 하였다. 배[25]는 채소에서 중금속의 수세효과를 실험하였는데 3회수세까지는 잔류

Table 1. Effect of water washings on the removal of heavy metal residues from rice

(Unit: ppm on air-dry basis)

Sample	Cadmium	Lead
Before washing	4.80±0.13*	5.22±0.02
After 1st washing	4.31±0.03	4.50±0.08
After 2nd washing	3.71±0.06	3.92±0.13
After 3rd washing	3.29±0.10	3.65±0.06
After 4th washing	2.92±0.12	3.40±0.29
Removal efficiency (%)**	39.2	34.9

* Mean ± S.D. of triplicate runs

** Removal efficiency (%) =

$$(1 - \frac{\text{residue level after washing, ppm}}{\text{residue level before washing, ppm}}) \times 100$$

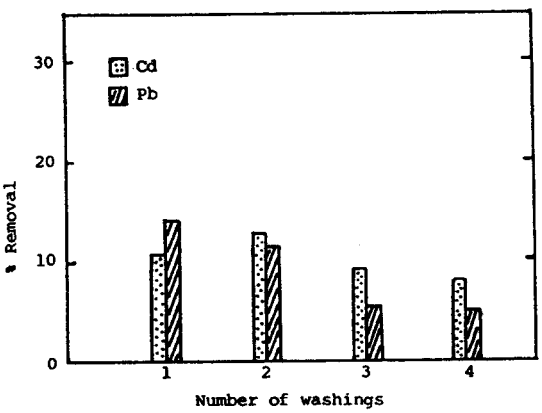

Fig. 1. Removal efficiency of cadmium and lead residues from rice by water washings

량이 줄었으나 4회이상에서는 별로 차이가 없었다고 하였다.

인위적으로 오염시킨 쌀과 자연적으로 오염된 쌀에 대한 중금속의 수세효과를 비교하기 위해서 중금속으로 오염된 지역으로 알려진 광명시에서 재배된 쌀로 실험을 수행하였다. 광명시 오염지역에서 구입한 쌀중 Cd 함량은 0.21ppm, Pb 함량은 0.18ppm으로 비오염지역의 쌀보다 더 높아 실험하기에 충분한 농도로 판단되었다. 이들로 실험한 결과는 Table 2와 같다. 자연적으로 오염된 쌀을 물로 3회수세시 Cd는 38.1%, Pb는 33.3%가 제거되었다. 이러한 결과는 쌀을 5ppm 수준의 중금속으로 인위적으로 오염시킨 쌀과 비교할 때 비슷한 경향이라 할 수 있다.

쌀의 炊飯에 따른 중금속 함량의 변화

쌀을 취반하는 과정은 100℃의 고온과 수증기 발생이라고 하는 조리조건이 적용되므로 취반과정 중 쌀에 오염된 중금속이 어느정도 제거되는가 하는 문제는 식품의 소비단계에서 큰 관심사가 될 수 있다. 따라서 중금속을 인위적으로 오염시킨 쌀을 3회수세 후 전기밥솥과 압력밥솥을 이용하여 취반하고 잔존하는 중금속 함량을 분석한 결과는 Table 3과 같다.

그 결과를 보면 Cd와 Pb 모두 전기밥솥과 압력밥솥 간에는 Scheffé 법에 의해 유의적인 차이가 없었다. 그러나 수세한 쌀과 밥 사이에는 어느 경우에나 유의적인 차이가 있었다. 다시말해서 전기밥솥과 압력밥솥을 사용하여 취반시 Cd 함량은 20%, Pb 함량은 22% 감소되는 것을 인정할 수 있었지만 전기밥솥과 압력밥솥 간에는 유의적인 차이가 없었다.

秋田등[19]은 중금속으로 오염된 쌀을 일정 온도의 물에 일정시간 침지시킴으로써 어느정도 중금속을 제거할 수 있다고 하였다. 권[26]의 보고에 의하면 공장폐수가 흐르는 지역에서 폐수 속의 중금속 함량과 같은 농도의 물로 쌀을 재배한 결과 현미 중 Cd는 0.33ppm, Pb는 0.34ppm으로 오염되어 있었으며 이와 같이 오

Table 2. Comparison between naturally and artificially contaminated rice samples in the removal of heavy metals by washing

(Unit: air-dry basis)

Sample	Naturally contaminated		Artificially contaminated	
	Cadmium	Lead	Cadmium	Lead
Before washing (ppm)	0.21±0.02*	0.18±0.01	4.80±0.13	5.22±0.02
After three times washing (ppm)	0.13±0.03	0.12±0.02	3.29±0.10	3.65±0.06
Removal efficiency (%)	38.1	33.3	31.5	30.1

* Mean ± S.D. of triplicate runs

Table 3. Residue levels of cadmium and lead in cooking of artificially-contaminated rice grains

(Unit: air-dry basis)

Sample		Cadmium	Lead
Washed rice (ppm)		3.29±0.10*[a]	3.65±0.06[a]
Cooked rice (ppm)	Electric rice cooker	2.82±0.06[b]	3.03±0.15[b]
	Pressure rice cooker	2.43±0.19[b]	2.65±0.14[b]
Average removal efficiency (%)		20.2	22.2

* Mean ± S.D. of triplicate runs
Any means with different alphabets in the same column are significantly different at $\alpha=0.05$ by Scheffé test.

염된 현미를 백미로 도정한 후 취반하였을 때 중금속의 양이 다소 감소하였으나 상당량의 중금속은 그대로 잔존하고 있었다고 보고하였다.

광명시의 오염지역에서 재배된 쌀을 3회 수세 후 전술한 바와 같이 전기밥솥으로 취반하였을 때 제거되는 중금속 함량을 분석한 결과는 Table 4와 같다.

전기밥솥으로 취반시 Cd의 경우는 광명시의 자연오염된 쌀은 15.4%가 제거되었으며, 인위적으로 오염시킨 쌀은 14.3%가 제거되었다. Pb의 경우는 자연오염 쌀에서 8.3%, 인위적으로 오염시킨 쌀에서 17.0%가 제거되었다. 중금속으로 오염된 쌀로 취반시 10~20%의 감소는 인정할 수 있었으나 상당량의 중금속이 그대로 잔존하고 있음을 볼 수 있었다. 그 이유로서는 이들 중금속은 증기압이 매우 낮아 취반조건에서의 휘발은 크게 기대할 수 없을 것이다. 그러나 취반시 미량이지만 중금속의 감소경향은 수증기에 의한 휘산 또는 산화물 생성에 따른 손실 등에 의하지 않을까 생각할 수 있겠으나 그의 정확한 원인은 더 규명되어야 할 것이다.

식품에 있어서 중금속이나 잔류농약과 같은 미량으로 오염된 유해성분의 제거실험을 위해서는 유해성분이 정량하기에 충분한 농도로 존재하는 동시에 자연상태로 오염된 시료가 필요하다.[27] 그러나 이러한 이상적인 천연시료를 구하기는 매우 곤난하므로 인위적인 오염절차를 따르는 수가 흔히 있다. 본 실험에서는 쌀 입자에 인위적으로 오염시킨 것과 자연적으로 오염된 시료간에 수세 및 취반에 의한 제거율이 비슷하였으므로 이러한 목적의 실험을 위해서는 본연구에서 시도한 오염방법에 큰 문제가 없을 것으로 생각된다.

製菓시 중금속 함량의 변화

중금속으로 오염된 밀가루로 부터 쿠키를 구었을 때 그 잔류량이 얼마나 되는지를 알기 위하여 실험한 결과는 Table 5와 같다. 분석시료를 상압건조법에 의해 수분함량을 측정하였을 때 반죽은 18.5%였고, 쿠키는 3.3%였다. 밀가루 반죽시 중금속 용액 일정량을 따로 첨가하였을 때, Cd와 Pb의 함량은 건물기준으로 각각 2.89ppm, 2.94ppm 이었으며 이 반죽으로 부터 쿠키를 구었을 때는 Cd와 Pb 모두 2.66ppm 이었다.

Table 5. Residue levels of cadmium and lead in cookie preparation from contaminated wheat flour

(Unit: dry matter basis)

Sample	Cadmium	Lead
Dough (ppm)	2.89±0.24*[NS]	2.94±0.19[NS]
Cookie (ppm)	2.66±0.31[NS]	2.66±0.23[NS]
Removal efficiency (%)	8.0	9.5

* Mesn ± S.D. of triplicate runs
NS: not significantly different between dough and cookie at 5% level by Tukey's test.

Table 4. Comparison between naturally and artificially contaminated rice samples in the removal of heavy metals in cooking with an electric cooker

(Unit: air-dry basis)

Sample	Naturally contaminated		Artifically contaminated	
	Cadium	Lead	Cadmium	Lead
Washed rice (ppm)	0.13±0.03*	0.12±0.02	3.29±0.10	3.65±0.06
Cooked rice (ppm)	0.11±0.01	0.11±0.01	2.82±0.06	3.03±0.15
Removal efficiency (%)	15.4	8.3	14.3	17.0

* Mean ± S.D. of triplicate runs

Table 6. Residue levels of cadmium and lead in noodle preparation from contaminated wheat flour

Sample		Cadium	Lead
Dough (*mg/kg* solid)		4.89±0.06*	4.89±0.54
Cooked noodle strips (*mg/kg* solids)		3.69±0.07	3.68±0.56
Noodle broth (*mg/L*)		0.035±0.007	0.029±0.002
Partition	Noodle strips (%)	75.5	75.3
	Noodle broth (%)	24.5	24.7

* Mean ± S.D. of triplicate runs

쿠키를 구었을 때는 고온의 건열을 이용하기 때문에 비록 중금속 화합물의 증기압은 낮으나 미량의 중금속이 휘산되지 않을까 기대하였으나 8~10% 정도만이 제거되었으며 이 차이는 통계적으로 유의성이 없었다.

따라서 일단 중금속으로 오염된 밀가루로 쿠키를 구었을 때 중금속의 제거 효과는 별로 기대할 수 없었다.

製麵시 중금속 함량의 변화

중금속으로 오염된 밀가루로 칼국수를 만들고 이것을 삶았을 때 중금속의 잔류성을 실험한 결과는 Table 6과 같다. 분석시료들의 수분함량을 보면 밀가루 반죽에서 36.1%, 삶은 칼국수에서 63.7%였다. 칼국수를 삶았을 때 대부분의 중금속이 국물보다는 국수 고형물에 있었으며 국물로의 제거율은 Cd와 Pb 모두 25% 미만이었다.

제빵시 중금속 함량의 변화

중금속이 제빵시 얼마나 잔류하는가를 알기 위하여 실험한 결과는 Table 7과 같다. 수분함량은 반죽에서 40.5%, 빵에서 35.4%였다. Cd와 Pb 용액 일정량을 각각 밀가루에 인위적으로 오염시켰을 때 반죽에서의 Cd는 5.06ppm, Pb는 3.70ppm이었다. 이 반죽으로 부터 빵을 구었을 때 고형물 기준으로 환산하면 Cd는 4.77ppm으로, Pb는 3.58ppm으로 나타났다. 그리고 빵을 구었을 때 중금속의 제거율은 3~6%로 매우 낮게 나타났으나 그 차이는 통계적으로 유의성이 없었다. 결국 밀가루에 오염된 중금속은 거의 대부분이 빵에 그대로 남아 있었다.

Table 7. Residue levels of cadmium and lead in bread-making from contaminated wheat flour

(Unit: dry matter basis)

Sample	Cadmium	Lead
Dough (*mg/kg*)	5.06±0.56*^{NS}	3.70±0.36^{NS}
Bread (*mg/kg*)	4.77±0.56^{NS}	3.58±0.33^{NS}
Removal efficiency (%)	5.7	3.2

* Mean ± S.D. of triplicate runs

NS: not significantly different between dough and bread at 5% level by Tukey's test.

이상의 실험결과를 종합하여 볼 때 중금속으로 한번 오염된 밀가루는 제과, 제면, 제빵과 같은 일반적인 가공방법으로 이용하였을 때 중금속의 제거효과는 기대할 수 없다고 본다.

요 약

식품원료의 調理 및 加工중 오염된 重金屬의 함량 변화를 규명하기 위해 쌀과 밀가루를 시료로 水洗, 炊飯과정 그리고 쿠키, 국수, 빵으로의 加工중 카드뮴(Cd) 및 납(Pb) 함량의 변화를 측정하였다.

중금속을 인위적으로 오염시킨 쌀을 4회 수세하였을 때 Cd는 39.2%, Pb는 34.9%제거되었다. 쌀을 3회 수세후 취반하였을 때 전기밥솥의 경우 Cd는 14.3%, Pb는 17.0% 제거되었으며 압력밥솥의 경우 Cd는 25.5%, Pb는 27.4%가 제거되었다. 취반시 Cd와 Pb의 제거효율을 자연적으로 오염된 쌀과 인위적으로 오염시킨 쌀 간에 또는 전기밥솥과 압력밥솥 간에 유의적인 차이가 없었다. 중금속으로 오염된 밀가루로 쿠키를 구울 때와 제빵시 Cd와 Pb의 제거효과는 기대할 수 없었다. 밀가루로 칼국수를 만들고 이것을 삶았을 때 Cd 및 Pb 함량은 국수 고형물에 75%, 국물에 25%가 이동하였다.

감사의 말

본 연구는 한국과학재단 1985~86년도 일반연구비에 의하여 이루어졌으며 "환경오염성 중금속의 식품영양학적 연구" 제1보로 한다.

문 헌

1. Friberg, L., Nordberg, G.F. and Vouk, V. B.: *Handbook on the Toxicology of Metals*, Elsevier/North-Holland Biomedical Press, Amsterdam (1979)
2. Coulston, F., Korte, F. and Goto, M.: *New Methods in Environmental Chemistry and Toxicology*, Internat'l Academic Printing Co., Tokyo, p. 217 and 231 (1973)
3. Doull, J., Klaassen, C.D. and Amdur, M.O.: *Toxicology*, 2nd edition, Mcmillan Pub. Co., New York, Chapter 17 (1980)
4. 梁在昇, 李瑞来, 盧在植: 한국식품과학회지, **11**, 176 (1979)
5. 이재관, 원경풍, 이달수, 김화현, 김오한, 송 철: 국립보건연구원보, **16**, 435 (1979)
6. 廉容泰, 裵恩相, 尹培重: **大韓豫防醫學會誌**, **13** (1), 3 (1980)
7. 柳順昊, 李春寧: **學術院論文集(自然科學編)**, **19**, 255 (1980)
8. 金東俊: **韓國生活科學研究院 論叢**, **25**, 145 (1980)
9. 金東俊: **韓國生活科學研究院 論叢**, **27**, 221 (1981)
10. 金東俊: **韓國生活科學研究院 論叢**, **29**, 187 (1982)
11. 김길생, 원경풍, 김준환, 이달수, 소유섭, 송 철: 국립보건연구원보, **18**, 363 (1981)
12. 金明燦, 成洛癸, 沈奇煥, 李敏孝, 李在仁: 한국식품과학회지, **13**, 299 (1981)
13. 李圭男, 趙男俊, 李光國, 金珍坤, 蔡伶周, 吉龍煥: **서울綜合技術試驗所 研究報告**, **7**, 264 (1981)
14. 박승희: 충남대학교 농업기술연구소 보고, 8(1), 126 (1981)
15. 김복영, 김규식, 조재규, 이민효, 김선관, 박영선, 김복진: 농사시험 연구보고, **24**(S.P.M.U), 51 (1982)
16. 이민효, 조재규, 김규식, 김선관, 김복영, 박천서: 농사시험 연구보고, **25**(S.P.M.U), 69 (1983)
17. 洪思澳, 朴承嬉: **環境衛生學會誌**, **10**, 33 (1984)
18. 金明燦, 沈奇煥, 鄭德和, 曺基澤: 한국농화학회지, **23**, 141 (1980)
19. 秋田善美, 高橋 正, 湯本弘忠, 山添三郎: **日本公衆衛生雜誌**, **21**(1), 11 (1974)
20. **日本分析化學會 關東支部**: 公害分析指針 8, 食品編 2—6, 共立出版社株式會社 東京, p.22 (1972)
21. **環境廳**: 環境汚染 公定試驗法, p.642 (1983)
22. Campbell, A.M., Penfield, M.P. and Griswold, R.M.: *The Experimental Study of Food*, Houghton Mifflin Co., Boston, p. 360 (1979)
23. 金榮洙, 金鏞揮, 禹昌命, 李瑞来: 한국식품과학회지, **5**, 16 (1973)
24. 堤忠一: 食の 科學, **9**, 5 (1972)
25. 배선애: 효성여자대학교 석사학위 논문 (1978)
26. 권영택: 경북대학교 석사학위 논문 (1979)
27. 金容華, 金惠男, 金尙淳, 李瑞来: 한국식품과학회지 **11**, 18 (1979)

(1986년 4월 28일 접수)