

서울시내 大衆食事로 부터 중금속의 總攝取量 評價

宋美蘭 · 李瑞來

이화여자대학교 식품영양학과

Assessment of Total Dietary Intake of Some Heavy Metals from Common Restaurant Meals in Seoul Area

Mi-Ran Song and Su-Rae Lee

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

Abstract

This study was conducted to investigate the contamination level of some heavy metals for common restaurant meals in Seoul area and further to estimate the total dietary intake of heavy metals from the meals. The samples included *seolong-tang* (beef and rice soup) or *galbi-tang* (beef-rib soup), *yeukkye-jang* (spicy beef soup), *doenjang-chigye-bab* (boiled rice with soy paste stew), *bibim-bab* (boiled rice with assorted mixtures), and *bibim-naengmyon* (buckwheat vermicelli with assorted mixtures), which were separated into drained residues and fluids and determined for their heavy metal contents by atomic absorption spectrophotometry.

The average concentrations of heavy metals in drained residues and fluids of 105 meal samples were 0.034 ppm, 0.017 ppm in Cd, 0.179 ppm, 0.073 ppm in Pb, 0.491 ppm, 0.308 ppm in Cu and 4.624 ppm, 1.403 ppm in Zn, respectively. The total amount of heavy metals per meal was 28 μg Cd, 145 μg Pb, 416 μg Cu and 3654 μg Zn. The total dietary intake per day was estimated to give 84 μg Cd, 434 μg Pb, 1247 μg Cu and 10960 μg Zn. Intake levels of Cd and Pb were higher than the daily intake limit established by FAO/WHO.

서 론

최근 산업의 급속한 발달과 함께 잔류농약이나 중금속 문제가 대두되면서 식품중의 잔류량에 대한 사회적 관심이 깊어졌고 오염실태 조사가 활발히 진행중이다. 중금속에 대한 조사연구를 보면 곡류⁽¹⁻⁵⁾, 야채나 과일^(6,7) 중의 함량, 토양오염과 농작물오염의 상관관계^(8,9), 調理水 및 炊飯에 의한 함량변화⁽¹⁰⁻¹²⁾등 수많은 이루어지고 있다. 그러나 우리가 실제로 섭취하는 것은 조리가공 후의 상태이므로 식품재료중의 오염상태만으로 중금속의 독성문제를 판단하는 데에는 무리가 있다.

미국이나 영국에서는 이미 어떤 화학물질의 섭취현황을 파악하기 위하여 식이섭취 총량조사(total diet study)^(13,14)를 실시하고 있다. 이러한 조사는 핵무기의 대기 실험에 의한 핵분열산물을 감시하기 위한 의도하에 1961년 미국의 FDA에 의해 실시된 이래 필수 무기질, 방사성핵종(radionuclide), 잔류농약, 중금속 및 미량 독성물질들에 대한 감시체도로 계속 활용되고 있다. 그러나 국내에서는 식품재료중 중금속의 잔류기준

을 아직 설정하지 않았고 섭취총량을 평가하기 위한 시도도 염등⁽¹⁵⁾의 보고 외에는 별로 찾아볼 수 없다.

따라서 본 연구에서는 식이섭취 총량조사의 일환으로 서울시내에 국한하여 대중음식점에서 판매되는 대표적인 식사를 대상으로 문제시될 수 있는 중금속 중 Cd, Pb, Cu, Zn의 함량을 측정하였고, 이들 중금속의 1인당 1일 총섭취량을 추정해 보았다. 이러한 조사·연구는 한국인에 대하여 유해 중금속의 危害 가능성을 평가하는 동시에 허용기준치 설정을 위한 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다.

재료 및 방법

시료의 수집

시료는 우리나라의 대중식당에서 판매되고 있는 설렁탕(또는 갈비탕), 육개장, 백반(된장찌개백반), 비빔밥과 비빔냉면의 5가지를 선택하여 1985년 7월부터 1986년 3월에 걸쳐 한 지점에서 각각 1인분씩을 서울시 전지역에 걸쳐서 수집하였다. 이 시료들이 서울특별시 전지역을 대표할 수 있도록 각 행정구역별로 常

住 인구수 및 買食 인구수(종로·중구)를 감안하여 Fig.1과 같이 수집하였다.

대중음식점은 식탁이 10~15개, 좌석이 40~60개 정도로 비교적 중류급에 해당되는 곳을 선택하여 판매되는 식사 1인분씩을 구입하였다. 수거용 용기는 미리 씻어 중류수로 닦은 뚜껑있는 내열성 플라스틱(폴리프로필렌) 통을 이용하였고 국물이 있는 것과 밥, 반찬은 구별하여 담았다.

시료의 전처리

수집된 시료들은 실험실로 운반한 후 즉시 고형물과 액체부분으로 분리하였다. 즉, 탕이나 찌개의 경우 고운 체로 걸러 체밑으로 액체가 더 이상 흘러내리지 않는 정도를 기준으로 고형물과 액체로 분리하고, 분리된 고형물과 액체는 각각 중량과 용량을 측정하였다. 고형물은 와링 블랜더를 이용해 된 죽의 상태로 균질화하였고 액체는 충분히 흔들었으며 이들 시료를 중금속 분석에 사용하였다.

중금속의 분석방법⁽¹⁶⁾

1) 고형물 시료의 분해

Kjeldahl flask 500ml 에 시료 50g 을 넣고 C-HNO₃ 40ml 를 가하여 하룻밤 방치한 후 후드장치 내에서 서서히 가열하였다. 적갈색의 가스가 발생되지 않으면 C-H₂SO₄ 10ml 를 넣고 계속 가열분해 하여 용액이 흑갈색으로 되면 C-HNO₃ 5ml 씩을 가하면서 계속 가열하였다. 용액이 무색~엷은 황색을 띠게 되면 분해가 완료된 것으로 보고 냉각한 후 중류수를 소량씩 넣어 전체량을 25ml 로 한 것을 검액으로 하였다.

별도로 위 실험과 똑같은 방법으로 시료대신 중류수를 가하여 blank 를 만들었다.

2) 액체 시료의 분해

시료 100~200ml 를 500ml kjeldahl flask 에 취해 가열하여 시험상으로 농축시킨 후 고형물과 같은 방법으로 C-HNO₃, C-H₂SO₄를 가하여 분해한 것을 검액으로

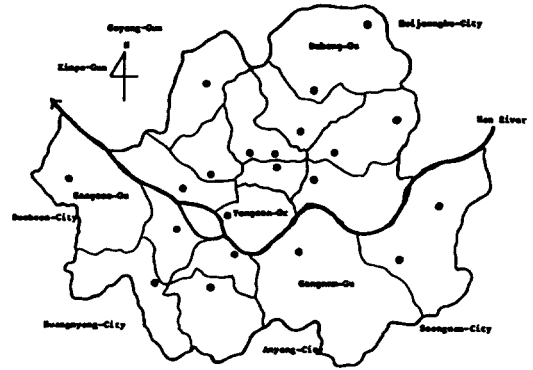


Fig. 1. Location of sampling sites for the heavy metal analysis of meals in Seoul area

로 하였다.

3) Cd, Pb, Cu, Zn 의 정량

위에서 처리하여 얻은 분해액중 20ml 를 250ml 분액깔대기에 정확히 취하여 25% Na·K-tartrate 5ml 와 bromphenolblue 지시약 2방울을 가하고 용액이 淡黃色~靑紫色이 될 때까지 NH₄OH(1:1)를 넣어 중화하고(pH 3.5~4.0) 중류수를 가해 일정량이 되게 한 후 여기에 포화(NH₄)₂SO₄ 용액 10ml 와 1% DDTC(sodium diethyldithiocarbamate) 5ml 를 넣고 약5분간 강하게 진탕혼합한 것을 수분간 정치시킨 다음 상층의 MIBK 층을 cap tube 에 분취하였다.

이 추출액에 대하여 atomic absorption spectrophotometer (Perkin-Elmer Co, Model 2380)로서 Table 1과 같은 조건에서 Cd, Pb, Cu, Zn 등 원소의 농도를 측정하였다.

Blank 에 대해서도 시료용액의 채취량과 같이 취하여 상기의 조작과 동등한 추출과정을 거쳐 농도를 측정하였으며 별도의 표준용액을 이용하여 각 금속의 함량을 산출하였다.

결과 및 고찰

Table 1. Operating conditions of atomic absorption spectrophotometer

Element	Wavelength (mm)	Lamp current (mA)	Slit width (mm)	Flame conditon
Cd	228.8	25	0.7	Air-acetylene oxidizing fuel (lean, blue)
Pb	283.3	10	0.7	
Cu	324.8	30	0.7	
Zn	213.9	30	0.7	

Table 2. Heavy metal contents of restaurant meals from Seoul area

(unit: ppm on an as-is basis)

Heavy metal	Drained residue (105 samples)			Fluid (63 samples)		
	Range	Mean ± S.D.		Range	Mean ± S.D.	
Cd	ND-0.202	0.034 ± 0.038		ND-0.117	0.017 ± 0.024	
Pb	ND-1.24	0.179 ± 0.178		ND-0.86	0.073 ± 0.116	
Cu	ND-4.33	0.491 ± 0.610		ND-2.62	0.308 ± 0.471	
Zn	1.53-14.10	4.624 ± 2.219		0.04-3.88	1.403 ± 0.915	

ND: not detected

전지역 및 행정구역별 식사중 중금속의 함량

서울시 전지역에 걸쳐서 수집한 식사 시료를 고형물 105개, 국물 63개로 분리한 다음 중금속의 함량을 조사한 결과는 Table 2와 같다.

한편 서울시 전지역에서 수집한 식사시료를 한강을 경계로 하여 강북지역(고형물 65개, 국물 39개)과 강남지역(고형물 40개, 국물 24개)으로 나누어 각각의 중금속 함량을 비교해 보면 Table 3과 같다.

각 행정구역별로는 수집한 시료수가 많지 않기 때문에 구역간 유의차 검정은 시도하지 않았다. 그러나 grab sample의 개념에 의하여 오염물질의 검출이 가능하다는 점을 고려하여 분석자료를 행정구역별로 검토하여 보았다.

1) 카드뮴(Cd)

전체식사에 대한 고형물의 Cd 농도는 Table 2에서 보는 바와 같이 전지역의 평균치가 0.034ppm이었으며 검출범위는 불검출~0.202ppm이었다. 또 각 행정구역별 평균치를 보면 종로구가 0.069ppm으로 서울시 전체 평균치의 2배에 이르는 농도를 보였으며 동대문구와 강서구가 0.015ppm으로 가장 낮은 것으로 나타났다.

다. 이러한 결과는 손등⁽¹¹⁾의 비오염 백미로 취반시의 불검출이나, 영국의 식이섭취 총량조사⁽¹²⁾의 결과로 영국의 평균식이(average diet)중 Cd 농도로 추정된 0.01~0.02ppm에 비하여 높은 편이었다.

Cd는 생명유지에 필요한 것은 아니지만 환경에 널리 분포되어 있으며 공업에서 흔히 사용된다. 따라서 대부분의 식품에서 흔히 낮은 수준으로 존재하나 Cd 오염이 심한 지역에서는 식품에서 높은 수준으로 발견된다. 그 예로 일본에서의 Cd 만성중독사고인 이따이 이따이병⁽¹⁷⁾은 Cd이 0.6~1.1ppm 농도로 오염된 쌀의 섭취로부터 일어났다. 그래서 일본에서는 현미중 1.0ppm, 백미중 0.9ppm을 잠정적 허용기준으로 잡고 있는데 본 실험결과는 이에 훨씬 못미치나 조리된 식품이라는 점에서 볼때 최고치는 허용기준에 접근하고 있는 상당히 높은 수준으로 판단된다.

전체식사에 대한 국물의 농도는 전지역의 평균치가 0.017ppm으로 고형물의 1/2정도였으며 검출범위는 불검출~0.117ppm이었다. 또 각 행정구역별 평균치를 보면 성북구가 0.038ppm으로 평균치의 2배가량 되었으며 은평구와 구로구가 0.003ppm으로 가장 낮았다.

Table 3. Comparison of heavy metal contents between northern and southern areas of Seoul as divided by Han River

(unit: ppm on an as-is basis)

Heavy metal	Northern area		Southern area	
	Drained residue	Fluid	Drained residue	Fluid
Cd	0.034 ± 0.038*	0.020 ± 0.029	0.033 ± 0.037	0.012 ± 0.014
Pb	0.168 ± 0.193	0.059 ± 0.057	0.197 ± 0.152	0.096 ± 0.173
Cu	0.377 ± 0.494	0.351 ± 0.514	0.677 ± 0.731	0.239 ± 0.393
Zn	4.593 ± 2.334	1.560 ± 1.052	4.673 ± 2.046	1.150 ± 0.565
Number of samples	65	39	40	24

*Mean ± S.D.

일본에서는 Cd의 경우 非汚染지구에서는 인간의 전체 섭취량중 87.2%가 식품으로 부터, 5.1%가 음료수로 부터, 7.6%가 공기로 부터 由來되었다고 한다⁽¹⁸⁾. 최⁽¹⁹⁾에 의하면 Cd으로 오염된 조리용수로 市販되는 쌀을 찹지 또는 취반시 조리용수 중의 Cd 농도(0~2.0 ppm)가 증가할수록 쌀에 잔존하는 양(0.001~0.012 ppm)과 밥에 잔존하는 양(0.001~0.024ppm)도 비례적으로 증가했다고 한다. 이렇게 볼때 조리용수중의 Cd 농도가 높을수록 탕이나 찌개 조리시 국물에 잔존할 가능성도 높을 것으로 보인다.

우리나라도 최근 산업의 발전에 따라 몇몇 漢江支流의 Cd 함량이 0.01ppm을 넘어 섰다는 보고가 있으며, 조리된 식사중 Cd는 식품재료, 조리용수 또는 공기로 부터 오염되었을 것으로 생각된다.

고형물의 경우 강북지역의 전체식사에 대한 평균치는 0.034ppm, 강남이 0.033ppm으로 비슷하였다. 국물의 경우는 전체식사에 대한 평균치가 강북 0.020ppm, 강남 0.012ppm이었다. 그러나 고형물과 국물 모두 두 지역 사이에 유의적인 차이는 없었다.

2) 납(Pb)

전체식사에 대한 고형물의 Pb 농도는 Table 2에서 보듯이 전지역의 평균치가 0.179ppm, 검출범위는 불검출~1.24ppm이었다. 각 행정구역별로 평균치를 보면 중구가 0.374ppm, 구로구가 0.368ppm으로 평균치의 2배이상이나 되었으며 서대문구가 0.080ppm으로 가장 낮았다. 이 실험치는 영국⁽²⁰⁾의 평균식이중 0.13ppm이나 손등⁽²¹⁾의 비오염 백미로 취반시의 0.10ppm에 비하면 약간 높았으나 우리나라 식품위생법에서는 식품원료중 Pb의 허용기준이 아직 설정되지 않았으므로 오염 여부를 판정할 수는 없었다. 일본에서는 식품위생기준으로 Pb 0.4ppm을 전체 식품에 대한 허용기준으로 간주하고 있고 잔류농약으로의 허용기준을 과일, 채소에 대하여 1~5ppm으로 설정하고 있다. 그런데 본 실험결과를 조리하기 전의 식품원료로 환산하면 평균치가 0.5ppm으로 추산되므로 일본에서의 허용기준을 초과하고 있으며 더우기 최고치는 조리된 식품에서조차 허용기준을 초과하고 있다. 따라서 국내에서도 하루 빨리 Pb의 허용기준을 설정한 다음 체계적인 검색업무가 추진되어야 할 것이다.

전체식사에 대한 국물의 Pb 농도는 전지역 평균이 0.073ppm으로 고형물의 40%에 해당되는 양이었다. 검출범위를 보면 불검출~0.86ppm이었고, 각 행정구역별로 평균치는 영등포구가 0.353ppm으로 전지역 평균치에 비하여 5배가량 높게 나타났으며 강동구가 0.025ppm으로 가장 낮았다. 국물에서 발견되는 Pb의

농도는 Cd과 마찬가지로 조리용수 또는 공기로 부터 오염된 것이거나 陶器製 용기로 부터의 용출⁽²²⁾ 또는 원래 식품재료에 들어있던 Pb중 수용액인 국물로의 용출등이 원인인 것으로 생각된다. 그리고 영등포구에서의 시료가 강동구의 시료에서보다 Pb의 오염이 매우 높은 것은 그 지역의 상수도 급원이 다르기 때문이 아닌가 생각된다.

고형물의 경우 강북지역의 전체식사에 대한 평균치는 0.168ppm, 강남지역은 0.197ppm이었다. 국물은 전체식사의 평균치가 강북 0.059ppm, 강남 0.096ppm이었다. 이 결과로 보면 강남이 강북지역보다 고형물, 국물 모두 평균치가 큰것같이 보이지만 Scheffe 법으로 有意性 검정을 해본 결과로는 두 지역간에 차이가 없었다.

3) 구리(Cu)

고형물의 경우 전지역의 평균이 0.491ppm이었고 검출범위는 불검출~4.33ppm으로서 이는 손등⁽²¹⁾의 취반미에서의 0.98ppm에 비하면 낮은 수준이었다. 국물의 경우는 전지역의 평균이 0.308ppm이었고 검출범위는 불검출~2.62ppm이었으며 은평구가 1.090ppm, 서대문구가 0.783ppm, 동작구가 0.773ppm으로 평균치의 2배이상 되었으며 성북구가 0.060ppm으로 가장 낮았다.

고형물의 경우 전체식사에 대한 평균치는 강북이 0.377ppm이었고 강남이 0.677ppm으로 강북의 2배에 해당하였으며 두지역 사이에 유의적인 차이가 있었다. 이는 비빔냉면과 된장백반에 기인한 것임을 알 수 있었다. 즉 강남의 된장백반과 비빔냉면에서 강북보다 Cu 함량이 높았다.

국물의 경우 전체식사에 대한 평균치는 강북이 0.351ppm, 강남이 0.239ppm이었으나 강남북 지역에 따라 유의적인 차이는 없었다.

Schroeder et al.⁽²⁰⁾에 의하면 Cu는 음료수 특히, 軟水로 부터도 하루 0.4mg까지 섭취 가능하다고 하였으며 이로 보아 Cu는 환경에서 쉽게 섭취할 수 있는 것으로 보인다.

4) 아연(Zn)

고형물의 경우 전지역의 평균이 4.624ppm, 검출범위는 1.53~14.10ppm, 행정구역별로는 성북구가 9.208ppm으로 전지역 평균의 2배정도였다. 국물은 전지역의 평균이 1.403ppm이었으며 검출범위는 0.04~3.88ppm이었다.

국물은 전체식사에 대한 평균치가 강북이 1.560ppm, 강남이 1.150ppm이었다. 고형물의 경우 전체식사에 대한 평균치는 강북이 4.593ppm, 강남이 4.673ppm으로

Table 4. Weight and volume of different meal samples

Korean name	English name	Drained weight (g)	Fluid volume (ml)
Seolong-tang/ Galbi-tang	beef & rice soup /beef-rib soup	732 ± 158*	446 ± 143
Yeukkye-jang	spicy beef soup	768 ± 109	345 ± 93
Doenjang-chigye-bab	boiled rice with soy paste stew	749 ± 116	252 ± 92
Bibim-bab	boiled rice with assorted mixtures	684 ± 96	—
Bibim-naengmyon	buckwheat vermicelli with assorted mixtures	714 ± 142	—

* Mean ± S.D.

로 비슷했으며 고형물과 국물 모두 두지역간에 차이는 없었다.

Zn은 논토양중 자연賦存量도 높을 뿐만 아니라⁽¹⁰⁾ 물, 공기, 생물체등 환경 어디에나 존재하는 필수 미량원소로서 식물체의 요구도에 의한 흡수가 많아 타 원소에 비하여 식품중 높은 함량으로 발견된다고 한다.

식사종류별 중금속의 함량

서울시 전지역에 걸쳐 수집된 각 식사시료들에 대한 고형물과 국물의 양 및 중금속의 함량은 Table 4~8과 같다.

1) 카드뮴 (Cd)

전체식사의 고형물에 대한 평균치 0.034ppm에 비하여 설렁탕(또는 갈비탕)이 0.050ppm으로 가장 높았고 비빔밥과 비빔냉면이 0.027ppm으로 가장 낮았으나 각 식사들간에 유의적인 차이는 없었다.

또한 국물에서도 전체식사의 0.017ppm에 비하여 된

Table 5. Cd contents in different meals collected from Seoul area

(unit: ppm on an as-is basis)

Name of meals	Partition	Number of samples	Content	
			Range	Mean ± S.D.
Seolong-tang/ Galbi-tang	Drained residue	21	ND-0.125	0.050 ± 0.044
	Fluid	21	ND-0.054	0.012 ± 0.017
Yeukkye-jang	Drained residue	21	ND-0.104	0.032 ± 0.029
	Fluid	21	ND-0.117	0.018 ± 0.029
Doenjang -chigye-bab	Drained residue	21	ND-0.202	0.033 ± 0.047
	Fluid	21	ND-0.116	0.019 ± 0.027
Bibim-bab	Drained residue	21	ND-0.134	0.027 ± 0.036
Bibim- naengmyon	Drained residue	21	ND-0.091	0.027 ± 0.027
Total	Drained residue	105	ND-0.202	0.034 ± 0.038
	Fluid	63	ND-0.117	0.017 ± 0.024

Table 6. Pb contents in different meals collected from Seoul area

(unit: ppm on an as-is basis)

Name of meals	Partition	Number of samples	Content	
			Range	Mean \pm S.D.
Seolong-tang/ Galbi-tang	Drained residue	21	ND-1.24	0.211 \pm 0.253
	Fluid	21	ND-0.22	0.069 \pm 0.059
Yeukkye-jang	Drained residue	21	ND-0.54	0.186 \pm 0.132
	Fluid	21	ND-0.14	0.044 \pm 0.042
Doenjang -chigye-bab	Drained residue	21	ND-0.99	0.167 \pm 0.205
	Fluid	21	ND-0.86	0.101 \pm 0.185
Bibim-bab	Drained residue	21	ND-0.73	0.186 \pm 0.188
Bibim- naengmyon	Drained residue	21	0.05-0.29	0.144 \pm 0.064
Total	Drained residue	105	ND-1.24	0.179 \pm 0.178
	Fluid	63	ND-0.86	0.073 \pm 0.116

장백만 국물이 0.019ppm 으로 약간 높았다. 그러나 역시 각 식사들간의 Cd 함량에 있어 유의적인 차이는 발견되지 않았다.

2) 납(Pb)

전체식사의 고형물에 대한 평균치는 0.179ppm, 설렁탕이 0.211ppm 으로 가장 높았고 비빔냉면이 0.144

Table 7. Cu contents in different meals collected from Seoul area

(unit: ppm on an as-is basis)

Name of meals	Partition	Number of samples	Content	
			Range	Mean \pm S.D.
Seolong-tang/ Galbi-tang	Drained residue	21	ND-4.33	0.556 \pm 0.908
	Fluid	21	ND-0.64	0.120 \pm 0.136
Yeukkye-jang	Drained residue	21	ND-3.72	0.502 \pm 0.776
	Fluid	21	0.01-1.74	0.294 \pm 0.424
Doenjang -chigye-bab	Drained residue	21	ND-1.66	0.512 \pm 0.452
	Fluid	21	0.01-2.62	0.510 \pm 0.640
Bibim-bab	Drained residue	21	0.05-1.00	0.459 \pm 0.273
Bibim- naengmyon	Drained residue	21	0.04-1.93	0.428 \pm 0.470
Total	Drained residue	105	ND-4.33	0.491 \pm 0.610
	Fluid	63	ND-2.62	0.308 \pm 0.471

Table 8. Zn contents in different meals collected from Seoul area

(unit: ppm on an as-is basis)

Name of meals	Partition	Number of samples	Content	
			Range	Mean \pm S.D.
Seolong-tang/ Galbi-tang	Drained residue	21	1.92 - 9.92	5.012 \pm 2.549
	Fluid	21	0.04 - 3.74	0.902 \pm 0.819
Yeukkye-jang	Drained residue	21	1.95 - 8.52	4.652 \pm 1.894
	Fluid	21	0.24 - 3.02	1.475 \pm 0.709
Doenjang -chigye-bab	Drained residue	21	2.23 - 9.93	5.260 \pm 1.996
	Fluid	21	0.48 - 3.88	1.833 \pm 0.979
Bibim-bab	Drained residue	21	1.54 - 7.98	4.567 \pm 1.762
Bibim- naengmyon	Drained residue	21	1.53 - 14.10	3.628 \pm 2.608
Total	Drained residue	105	1.53 - 14.10	4.624 \pm 2.219
	Fluid	63	0.04 - 3.88	1.403 \pm 0.915

ppm으로 가장 낮았다.

또한 국물도 전체식사의 평균치인 0.073ppm에 비하여 된장백반 국물이 0.101ppm, 설렁탕 국물이 0.069ppm, 육개장 국물이 0.044ppm이었다. 그러나 Pb도 고형물이나 국물 모두 식사들간의 유의적인 차이가 없었다.

3) 구리(Cu)

전체식사의 고형물에 대한 평균치인 0.491ppm에 비하여 설렁탕이 0.556ppm으로 가장 높았고 비빔냉면이 0.428ppm으로 가장 낮았으나 각 식사들간에 유의적인 차이는 보이지 않았다.

반면, 전체식사의 국물에 대한 평균치인 0.308ppm에 비하여 된장백반 국물이 0.510ppm, 설렁탕 국물이 0.120ppm이었으며, 국물들 사이에서는 유의적인 차이가 발견되었다.

4) 아연(Zn)

전체식사에 대한 고형물에서의 평균치인 4.624ppm에 비하여 된장백반이 5.260ppm, 비빔냉면이 3.628ppm을 보였으나 식사들간에 유의적인 차이는 발견할 수 없었다.

반면 전체식사에 대한 국물의 평균치인 1.403ppm에 비하여 된장백반 국물이 1.833ppm, 설렁탕 국물이 0.902ppm을 보였으며 이들 사이에서는 유의적인 차이가 발견되었다. 즉, 된장백반 국물은 설렁탕 국물 보다

Zn 함량이 높았다.

대중식사중 중금속의 총량

서울 시내 대중음식점에서 수집한 식사 5종에 대한 Cd, Pb, Cu, Zn의 총량을 보면 Table 9와 같다. 여기에서는 각 식사별 고형물에서의 평균농도와 국물에서의 평균농도에 Table 4에서 알아본 각 식사별 평균 중량 및

Table 9. Total level of individual heavy metals in restaurant meals collected from Seoul area

(unit: μ g/meal)

Meals	Cd	Pb	Cu	Zn
Seolong-tang/ Galbi-tang	41.9 ^{a*}	185.1 ^{ns}	460.3 ^{ns}	4070 ^b
Yeukkye-jang	30.8 ^b	158.1 ^{ns}	487.2 ^{ns}	4084 ^b
Doenjang-chigye- bab	29.5 ^b	150.6 ^{ns}	512.0 ^{ns}	4403 ^a
Bibim-bab	18.5 ^c	127.1 ^{ns}	313.8 ^{ns}	3122 ^c
Bibim- naengmyon	19.3 ^c	102.8 ^{ns}	305.5 ^{ns}	2590 ^d
Average	28.0	144.7	415.8	3654

* Total amount in different meals not followed by the same letter in the same column are significantly different at $\alpha=0.05$ level by Scheffé's test. ns means no significant difference in the same comparison.

용량을 각각 곱하여 합한 양을 총량으로 하였다.

이러한 방법으로 계산한 결과 Cd는 한 식사당 평균 28.0 μ g을 섭취하는 것으로 나타났으며, 각 식사별로는 유의성 검정시 가장 많은 것으로 설렁탕에서 41.9 μ g, 가장 적은 것으로 비빔밥과 비빔냉면에서 19 μ g을 섭취하게 되는 것으로 나타났다. 그리고 고형물과 국물이 구분되는 3가지 식사를 보면 고형물에서 28.6 μ g(84%)을, 국물에서 5.4 μ g(16%)을 섭취하는 셈이었다.

Pb는 한끼 식사당 평균 144.7 μ g을, 식사별도는 설렁탕이 185.1 μ g~비빔냉면 102.8 μ g을, 고형물과 국물이 구분되는 3가지 식사를 보면 고형물에서 140.8 μ g(86%), 국물에서 23.8 μ g(14%)을 섭취하는 셈이었다. 그러나 각 식사들의 Pb 총량간에 유의적인 차이는 없었다.

또한 Cu는 한끼 식사당 평균 415.8 μ g을, 이중 된장백반에서 512.0 μ g~비빔냉면에서 305.5 μ g을 섭취하며, 고형물과 국물로 분리되는 3가지 식사로는 고형물에서 392.1 μ g(81%)을, 국물에서 94.4 μ g(19%)을 섭취하는 것으로 나타났다. 그러나 각 식사들의 Cu 총량간에 유의적인 차이는 없었다.

Zn은 한끼 식사당 평균 3654 μ g을 섭취하게 되며 유의차 검정시 된장백반에서 4403 μ g으로 가장 높은 양을, 비빔냉면에서 2590 μ g으로 가장 적은 양을 섭취하는 것으로 나타났다. 그리고 고형물과 국물로 구분되는 3가지 식사로는 고형물에서 3728 μ g(89%)을, 국물에서 458 μ g(11%)을 섭취하는 것으로 나타났다.

이상에서 볼때 한끼 식사중 고형물과 국물이 구분되는 3가지 식사에서 각 중금속의 평균 섭취량을 보면 고형물이 거의 80~90%를 차지하며 국물은 10~20%를 섭취하는 것으로 나타났다. 따라서 식사중 국물의 일부를 남긴다 하더라도 중금속의 섭취량 추정에는 큰 차이를 가져오지 않을 것이다.

그리고 Pb와 Cu의 섭취에는 각 식사들의 총량에 따른 유의적인 차이가 없었으나, Cd와 Zn의 섭취는 각각 설렁탕과 된장백반에서 높은 것으로 나타났다. 그 이유가 식사의 원료에 의한 차이인지 또는 조리용수나 다른 어떤 원인에 의한 차이인지를 알려면 후속연구가 수행되어야 할 것이다.

대중식사를 통한 중금속의 1일 총섭취량 推定

이상에서 얻은 한끼 식사별 중금속의 평균 함량을 토대로 하루 세끼를 먹는다는 가정하에 각 중금속별 1인당 1일 총섭취량을 추정해 본 결과는 Table 10과 같다. 대중식사 한끼당 열량은 500~600Kcal로 알려져 있고 한국인의 1인당 1일 열량섭취량은 약 2,000Kcal가 되므로 실제로는 본 연구에서 추정한 총섭취량보다 더 많은 중금속을 섭취하고 있을 것으로 판단된다.

1) 카드뮴(Cd)

Cd의 1인당 1일 총섭취수준은 84 μ g으로 계산되었다. 이 값은 염동⁽²⁰⁾이 추정한 70.5 μ g이나 FAO/WHO의⁽²¹⁾ 1일 최고 허용량인 71.4 μ g을 초과하였으며, 단위 체중당으로 계산하면 1.40 μ g/kg B.W.이 되어 최고 허용량인 1.19 μ g/kg B.W.을 역시 넘어서고 있었다. 그 이외에도 뉴질랜드의 젊은 여자 성인에서의 60~92 μ g/day⁽²²⁾, 미국의 시장바구니조사 (market basket survey)에서의 26 μ g/day⁽²³⁾, 영국 성인식사에서의 64 \pm 30 μ g/day⁽²⁴⁾, 캐나다 식품분석에서의 67 μ g/day⁽²⁵⁾, 영국의 식품과 음료로부터 분석된 1일 평균섭취량 15 \pm 30 μ g,⁽²⁶⁾ 일본의 시장바구니조사에 의한 36~52 μ g/day⁽²⁷⁾과 같은 조사 결과들이 있는데 우리나라의 수준은 뉴질랜드와 영국 성인식사의 최고 수준을 제외하고는 모두 초과하였다.

1972년 WHO에서의 인간의 식이를 통한 Cd의 섭취가 50 μ g/day 부터 150 μ g/day 까지 국가에 따라 다

Table 10. Estimation of total dietary intake of heavy metals from restaurant meals collected in Seoul area

Heavy metals	Intake level		FAO/WHO limits*	
	(μ g/person/day) (mean \pm S.D.)	(μ g/kg B.W./ day)***	(μ g/person/ day)	(μ g/kg B.W./ day)***
Cd	84.0 \pm 91.2	1.40	57.1-71.4	0.95-1.19
Pb	434 \pm 407	7.24	429**	7.15
Cu	1247 \pm 1281	20.3	Not established	
Zn	10960 \pm 5650	183	Not established	

* From 16th report of joint FAO/WHO expert committee on food additives⁽²¹⁾

** By FAO/WHO intake of Pb as specially stated as not being applicable to infants and children.

*** Average body weight was assumed to be 60 kg/person.

양한 것이라고 보았는데⁽²⁰⁾이와 비교하면 큰 문제는 없었다. 그러나 식사의 종류에 따라 중금속 함량에 큰 편차가 있음이 발견되었고 같은 식당에서 동일한 식사를 취하게 되는 경우 많은 양의 중금속을 섭취할 수 있는 가능성이 있음을 시사해주고 있다.

한편 1973년 FAO의 식이섭취 총량조사의 결과⁽¹⁰⁾ Cd 51.2 $\mu\text{g}/\text{day}$ 중 곡물군에서 22.8%로 식품군별로 볼때 가장 높은 비율을 차지하였으며 일본에서의 조사결과⁽²⁷⁾는 Cd 총섭취량의 60% 이상이 쌀에서 유래되었다. 이렇게 볼때 우리나라의 식생활에서 곡물이 50% 이상을 차지하고 있다는 점을 생각하면 염동⁽²⁰⁾이나 본 실험의 결과에서 Cd의 총섭취량이 높은 이유를 쉽게 이해할 수 있을 것이다.

2) 납(Pb)

1일 총섭취량을 보면 1인당 434 μg 으로 나타났다. 이 값은 염동⁽²⁰⁾의 326 $\mu\text{g}/\text{day}$ 나 Monier-Williams⁽²⁸⁾의 영국의 건강한 정상인은 식품과 음료로부터 320 $\mu\text{g}/\text{day}$ 를 섭취하고 있다는 보고⁽²⁴⁾, 미국의 식품이나 음료로부터 평균 280 $\mu\text{g}/\text{day}$ 의 총섭취량⁽³⁰⁾, 일본인의 72~103 $\mu\text{g}/\text{day}$ ⁽²⁷⁾, 전체 네덜란드 국민의 105 $\mu\text{g}/\text{day}$ ⁽³⁰⁾등과 비교할때 상당히 높은 양이었다. 또한 FAO/WHO의 기준인 429 $\mu\text{g}/\text{day}$ 도 약간 넘어서는 것으로 나타났다. 마찬가지로 단위 체중으로 계산된 7.24 $\mu\text{g}/\text{kg B.W.}$ 도 허용량인 7.15 $\mu\text{g}/\text{kg B.W.}$ 를 넘어서고 있었다.

Mahaffey *et al.*⁽²¹⁾의 보고에 의하면 미국인의 경우 하루 Pb를 300 μg 정도 섭취하고 있다 하며 이의 60% 정도는 오염된 식품의 섭취로부터 온 것이라고 하였다. 또 1973년 FAO의 식이섭취총량조사⁽¹⁶⁾를 보면 Pb 60.4 $\mu\text{g}/\text{day}$ 중 과일 및 채소군에서 각각 34.5%, 42.5%의 비율을 차지하였다.

3) 구리(Cu)

Cu의 경우는 최대 섭취허용 기준치가 없어 비교가 곤란하였다. 그렇지만 본 실험치 1247 $\mu\text{g}/\text{day}$ 는 염동⁽²⁰⁾의 1650 $\mu\text{g}/\text{day}$ 나 영국⁽²⁴⁾, 뉴질랜드⁽²²⁾, 미국⁽¹⁹⁾의 2000~4000 $\mu\text{g}/\text{day}$ 에 모두 미달되는 양이었다. 더우기 Cu는 인체에 대한 필수 원소로서 권장량은 설정되지 않고 있으나 1인당 1일 2~3mg이 소요되는 것으로 알려져 있다. 따라서 한국인의 식사에서 Cu의 오염은 걱정할 필요가 없다고 본다.

4) 아연(Zn)

Zn은 1일 평균 섭취량 11mg으로 나타났으며, 이는 염동⁽²⁰⁾의 4mg/day는 훨씬 초과하였으나 대부분 미국 성인의 12~15mg/day^(31,32)나 영국⁽²⁴⁾, 일본 성인의 평균 14mg/day⁽²²⁾나, 뉴질랜드의 젊은 여자성인의 16~21mg/day⁽²²⁾등에 비교하면 적은 양이었다. 더우기 Zn에

대한 미국인의 영양권장량이 성인 1인당 1일 15mg임을 감안할때 본 조사에서의 Zn 함량은 권장량에도 미달되는 수준으로 평균식에서의 Zn 오염은 걱정할 단계가 아니라고 생각된다.

이상에서 살펴본 바를 종합해보면 독성이 비교적 적은 Cu와 Zn은 다른 나라와 비교시 별 문제가 없는 것으로 보이나 오히려 독성이 문제되고 있는 Cu와 Pb는 FAO/WHO의 허용한도를 넘어서고 있었다. 이로써 우리나라 대중음식은 유해 중금속 함량이 비교적 높다고 보여진다. 그리고 중금속의 오염원이 대개 곡물과 야채, 과일류라는 것을 위에서 살펴보았는데 우리 국민의 주식도 쌀·보리 같은 곡물이며, 부식은 야채류가 큰 비중을 차지하고 있다.

따라서 이러한 식사원료의 중금속 오염에 대하여 특별한 주의를 기울여야 할 것이다. 그 외에도 원료의 세척에 따라 중금속이 제거 될 수 있을 것으로 생각되는 반면에 조리중의 오염 가능성도 무시할 수 없다고 본다. 한편 본 실험은 지역선정에 있어 서울 시내에 한정하였을 뿐 아니라, 시료수집시기도 한정되어 있었고, 식당에서의 매식종류를 전국민의 가정에서의 일상식이라고 할 수 없다는 한계성이 있었다. 그러므로 이런 점들은 보완하여 각 지방과의 긴밀한 연결속에 이루어지는 시료수집, 조리의 표준화 작업, 그리고 시료의 종류에 따른 체계적인 분석에 의해 전국적인 규모의 식이섭취 총량조사 즉, total diet study 또는 market basket survey가 이루어져야 할 것이다.

요 약

서울 시내의 대중음식점에서의 판매되는 식사 유해 중금속 (Cd, Pb, Cu, Zn)의 오염정도를 분석하고 이들 식사로부터 섭취하게 되는 중금속의 1일 총섭취량을 계산하였다. 시료는 설렁탕(또는 갈비탕), 육개장, 된장찌개백반, 비빔밥, 비빔냉면이며 이들을 다시 고형물과 국물로 분리하여 원자흡광분광도계로 중금속 함량을 분석하였다.

전 지역의 식사 105점중 고형물과 국물에서의 평균 농도는 각각 Cd 0.034ppm, 0.017ppm, Pb 0.179ppm, 0.073ppm, Cu 0.491ppm, 0.308ppm, Zn 4.624ppm, 1.403ppm 이었으며 대중식사 1식당 중금속의 평균함량은 Cd 28 μg , Pb 145 μg , Cu 416 μg , Zn 3654 μg 이었다. 대중식사로 부터 섭취하게 되는 중금속의 1인당 1일 총섭취량을 추정해보면 Cd 84 μg , Pb 434 μg 으로 FAO/WHO의 허용량보다 약간 높았으나 Cu와

Zn 은 유해한 수준이 아니었다.

감사의 말

본 연구는 한국과학재단 1985~86년도 일반연구비에 의하여 이루어졌으며 "환경 오염성 중금속의 식품영양학적 연구" 제2보로 한다.

문 헌

1. 양재승, 이서래, 노재식: 한국식품과학회지, 11(3), 176(1979)
2. 이재관, 원경풍, 이달수, 김오한, 송철: 국립보건연구원보, 16, 435(1979)
3. 김동준: 한국생활과학연구원 논총(이대): 25, 145(1980)
4. 김동준: 한국생활과학연구원 논총(이대): 29, 187(1982)
5. 박승희: 충남대학교 농업기술 연구보고, 8(1), 126(1981)
6. 김길생, 원경풍, 김준환, 이달수, 소유섭, 송철: 국립보건연구원보, 18, 363(1981)
7. 김명찬, 성낙계, 심기환, 이민효, 이재인: 한국식품과학회지, 13(4), 299(1981)
8. 김재봉, 김동한, 정연보, 장성기, 최광수, 강덕희: 국립환경연구소보, 2, 203(1980)
9. 김복영, 김규식, 조재규, 이민효, 김선실, 박영선, 김복진: 농사시험 연구보고, 24, 51(1982)
10. 최봉준: 효성여자대학교 대학원 석사학위논문(1976)
11. 손태화, 권영택: 경북대학교 논문집(자연과학편), 30, 451(1980)
12. 정수연, 이서래: 한국식품과학회지, 18, 264(1986)
13. Egan, H. and Hubbard, A.W.: *British Medical Bulletin*, 31(3), 201 (1975)
14. Harland, B.F., Johnson, R.D., Blendermann, E.M., Prosky, L., Vanderveen, J.E., Reed, G.L., Forbes, A.L. and Roberts, H.R.: *J. Am. Diet. Assoc.*, 77(7), 16 (1980)
15. 염용태, 배은상, 윤배중: 대한 예방의학회지, 13(1), 3(1980)
16. 日本分析化學會 関東支部(編): 公害分析指針, 食品編 1-a, 共立出版株式會社, 東京 p.1(1972)
17. Kobayashi, J.: in *Toxicity of Heavy Metals in the Environment*, Oehme, F.W.(ed.), Marcel Dekker, Inc., New York, Vol. 1, p.199 (1978)
18. 赤枝 宏: 長崎醫學會誌, 52, 189(1976)
19. 池應業: 韓國寤業學會誌, 9(1), 77(1972)
20. Schroeder, H.A., Nason, A.P., Tipton, I.H. and Balassa, J.J.: *J. Chronic Disease*, 19, 1007 (1966)
21. Mahaffey, K.R., Corneliusen, P.E., Jelinek, C.F. and Fiorino, T.A.: *Environ. Health Persp.*, 12, 63 (1975)
22. Robinson, M.F., McKenzie, J.M., Thomson, C.D. and Van Rij, A.L.: *Brit. J. Nutr.*, 30, 195 (1973)
23. Duggan, R.E. and Lipscomb, G.Q.: *Pest. Monit. J.*, 2, 153 (1969)
24. Hamilton, E.I. and Minski, M.J.: *Sci. Total Environ.*, 1: 375 (1972)
25. Kirkpatrick, D.C. and Coffin, D.E.: *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.*, 7(1), 56 (1974)
26. Kirkpatrick, D.C. and Coffin, D.E.: *Survey of Cadmium in Food*, HM Stationary Office, London(1973)
27. 内山 充: 食品汚染物 Monitoring Data I (1971-1980) 報告書 139pp. (1982)
28. World Health Organization: *Tech. Rept. Ser.*, 84, 505 (1972)
29. Monier-Williams, G.W.: *Trace Elements in Food*, Chapman & Hall, London (1949)
30. Underwood, E.J.: *Trace Elements in Human and Animal Nutrition*, Academic Press, New York, p.410 (1977)
31. Standstead, H.H., Prasad, A.S., Schultert, A.S., Farid, Z., Miale, A., Bassily, S. and Darby, J.W.: *Am. J. Clin. Nutr.*, 20, 422 (1967)
32. Schroeder, H.A., Nason, A.P., Tipton, I.H. and Balassa, J.J.: *J. Chronic Disease*, 20, 179 (1967)

(1986년 8월 8일 접수)