

米穀中 搗精部位別 重金屬含量

金明燦 · 沈奇煥 · 鄭德和 · 曹基澤

慶尙大學校 農科大學 食品加工科

(1980년 3월 28일 수리)

Heavy Metal Contents in Different Bran Layers of Rice

Myung Chan Kim, Ki Hwan Shim, Duck Hoa Chung and Ki Taik Cho

Dept. of Food Science and Technology, College of Agriculture,

Gyeongsang National University, Jinju, Korea

Abstract

Contents of heavy metals in various bran layers of rice collected from Kyeong Nam province in 1978, were determined. The components of crude prote in, crude fat, crude cellulose, and ash in all the rice samples were found to be most concentrated in the rice of each layer of brown, 70% polished, and 90% polished, but the contents of crude protein (9.22%), crude fat (1.16%), crude cellulose (1.01%), and ash (0.38%) in polished rice decreased rapidly. On the other hand, the amounts of nitrogen-free extract in the rice were showed increasingly toward the inner layer and those of polished rice were 75.54%. The contents of lead, zinc, nickel, cadmium, and arsenic in bran layer of rice decreased in order of that of 90% polished, 70% polished, brown, and polished rice. Their amounts in polished rice were lead, 0.054~0.610ppm; zinc, 9.830~19.093ppm; nickel, trace-1.776ppm; cadmium, trace-0.039ppm; arsenic, ND-0.170ppm. It was shown that copper was more concentrated in the layer of 90% polished rice (0.581~1.476ppm), and iron more in brown rice (27.971~66.569ppm) than in any other portion, whereas mercury (0.006~0.072ppm), chromium (1.538~7.822ppm), and manganese (57.371~179.252ppm) were much contained in the layer of 70% polished rice. Their amounts in polished rice were copper, 0.218~0.858ppm; iron, 1.480~9.573ppm; mercury, 0.006~0.027ppm; chromium, ND-1.520ppm; and manganese, 6.730~11.562ppm.

머 리 말

최근 환경오염의 원인인 도시하수, 공장폐수, 광산폐수, 축산하수, 유기성 및 무기성 농약제 등에 의하여 농토, 하천 및 연해안들이 크게 오염되고 있는 실정이다.

구리, 아연, 철, 망간 등은 동식물의 생리작용에 생육인자로서 필요한 미량원소이나¹⁻³⁾, 수은, 납, 비소, 카드뮴, 니켈, 크롬 등은 원래 식품중에 함유된 것이 아니고 식품의 제조가공, 공장 및 광산 폐수, 화학비료, 농약제 등에서 기인된 것으로⁴⁻⁶⁾ 인체에 악영향을 미치며, 생리작용에 필요한 미

량원소도 과량축적되면 오히려 유해하다.

李등⁷⁾이 보고한 경남지방의 쌀중의 중금속 함량은 孫⁸⁾이 보고한 한국산 쌀중의 그것보다 적었으며, 논흙에서 쌀보다 훨씬 많은 량의 중금속이 검출되었다.

한편 金등⁹⁾은 경남지방에서 생산된 미곡에서 조곡, 현미, 7분도미, 9분도미 순으로 도정도가 커짐에 따라 그 함량이 감소하였으며, 吉川등^{10,11)}은 미곡중의 중금속류의 분포 및 형태를 조사한 결과 카드뮴, 구리, 아연등이 현미의 표층부위에 많이 분포하였고 마그네슘, 아연등이 여러가지 형태로 존재함을 보고하였다.

저자들은 1978년도에 생산된 경남지방의 밀양제통의 미곡중에 함유되어 있는 중금속의 함량을 미곡의 부위별로 측정하여 중금속의 분포상태와 그 함량을 조사하여 약간의 결과를 얻었기에 보고한다.

재료 및 방법

1. 재료

1978년 12월에 경남지방(진양군, 합천군, 함안군, 하동군, 진주시)에서 밀양제통의 벼 10점을 수집하여 곡류 600g을 도정할 수 있는 소규모 Mc Gill miller(H.T. McGill Inc.)를 이용하여 Table 1과 같은 수율로 도정되는 과정에서 시료를 부위별(현미층, 7분도미층, 9분도미층, 백미)로 채취하여 polyethylene주머니에 보존하고 원검체로 사용하였다.

Table 1. Moisture contents of brown rice and collection rate of its milling degree (Unit: %)

Sample	Moisture of brown rice	Collection rate of milling degree		
		70% Polished rice	90% Polished rice	Polished rice
A	12.8	93.37	91.78	90.98
B	12.6	94.22	92.62	91.82
C	11.9	94.18	92.58	91.78
D	12.6	94.53	92.93	92.13
E	14.2	94.28	92.68	91.88
F	13.8	93.75	92.17	91.37
G	13.0	93.93	92.35	91.55
H	12.9	93.85	92.27	91.47
I	12.7	94.50	92.90	92.10
J	13.1	93.93	92.35	91.55

2. 방법

1) 일반성분의 분석

수분, 조단백, 조지방, 조섬유, 회분, 가용성무질소물은 상법¹²⁾에 따라 분석하였다.

2) 각종 중금속의 분석

a) 검액의 조제 : 熊谷등이 사용한 방법¹³⁾에 따라 시료 10g을 취하여 HNO₃-H₂SO₄-HClO₄혼합분해액으로 분해시킨후 전체량을 100ml로 하여 검액으로 사용하였다.

b) 금속원소의 정량 : 구리, 납, 아연, 니켈, 카드뮴, 크롬, 망간 및 철의 함량은 菅野등¹⁴⁾의 방법에 준하여 검액 30ml를 250ml volumetric flask에 취하고 DDTC-MIBK 추출과정을 거쳐 MIBK층을 분리한 후 이 MIBK층을 Table 2와 같은 조건에서 atomic absorption spectrophotometer(IL-151)로 위의 각종 원소의 농도를 측정하였으며, 수은은 검액 20ml를 日本公審分析指針¹⁵⁾과 A.O.A.C.法¹⁶⁾에 준하여 조작한 후 Perkin-Elmer Mercury Analyzer-50A로써 그 함량을 측정하였고, 비소는 검액 20ml를 菅野등¹⁴⁾의 방법에 준하여 조작한 후 물을 가하여 정확히 50ml로한 후 이용액을 20분간 방치한 다음 Table 2와 같은 조건으로 원자흡광도를 측정하여 그 함량을 구하였다.

Table 2. Atomic absorption spectrophotometer condition

Element	Analysis line wavelength (nm)	Lamp current (mA)	Slit width (um)	Flame condition
Cu	324.7	5	320	air-acetylene oxidizing fuel lean, blue
Pb	217.0	5	320	"
Zn	213.9	3	320	"
Ni	232.0	10	40	"
Cd	228.8	3	320	"
As	193.7	12	320	"
Mn	279.5	5	160	"
Fe	248.3	10	80	"
Cr	357.9	7	160	nitrose oxide-acetylene fuel rich, red cone 20 mmhigh

결과 및 고찰

1. 미곡의 부위별 일반성분

미곡을 부위별로 채취한 시료의 일반성분을 분석한 결과는 Table 3과 같다.

Table 3. General composition in each portion of rice

(unit: %)

Layer of rice	Component					
	Moisure	Crude protein	Crude fat	Crude cellulose	Nitrogen-free extract	Ash
Brown rice	11.92~14.31 (12.87)	13.13~17.79 (14.74)	18.89~22.92 (20.93)	13.19~24.66 (17.65)	18.44~26.44 (23.42)	9.86~11.14 (10.38)
70% Polished rice	15.54~14.09 (12.49)	13.04~15.49 (14.15)	15.57~24.19 (19.94)	10.84~20.31 (15.59)	24.18~29.43 (2.706)	8.48~11.75 (10.17)
90% Polished rice	10.96~12.92 (12.08)	13.66~16.02 (15.29)	15.26~23.58 (19.24)	5.26~14.71 (10.75)	32.79~39.05 (34.98)	6.62~9.23 (7.76)
Polished rice	12.09~12.97 (12.69)	7.90~11.86 (9.22)	1.08~1.32 (1.16)	0.01~2.09 (1.01)	73.40~77.30 (75.54)	0.27~0.50 (0.38)

Table 3에서 보는 바와 같이 조단백은 현미층, 7분도층, 9분도층에서는 비슷한 양을 함유하고 있으나 백미에서는 7.90~11.86%로써 다소 줄어지는 경향을 나타내고 있으며, 조지방은 현미층에서는 18.89~22.92%인데 반하여 심부로 들어갈수록 다소 함량이 줄어 백미에서는 1.08~1.32%로 그 함량이 급격히 줄었으며, 회분도 역시 현미층에서는 9.86~11.14%인데 반하여 백미에서는 0.27~0.50%로 아주 그 함량이 줄었고, 조섬유도 회분과 비슷한 경향을 나타내었다. 그러나 가용성 질소물은 조단백, 조지방, 조섬유, 회분과는 반대로 미곡의 심부로 갈수록 함량이 증가하여 백미에서는 73.40~77.30%를 함유하였다.

Juliano등¹⁷⁾의 결과에 의하면 현미에서 단백질(7.3~15.4%), 지방(2.4~3.9%), 섬유(0.8~2.6%), 회분(1.5~2.1%)이 백미에서의 단백질(6.5~13.3%), 지방(0.3~0.6%), 섬유질(0.1~0.6%), 회분(0.4~0.7%)보다 많이 함유하고 있었고, 가용성 무질소물은 현미보다 백미에서 많은 양을 함유하고 있었으며, Primo등¹⁸⁾에 의하면 배아에 함유되어 있는 단백질, 지방, 회분의 양은 백미보다 아주 많았으며 반대로 가용성 무질소물은 백미가 많았다.

본 실험의 결과로써 미곡의 부위에 따라 단백질, 지방, 섬유, 회분, 당질등의 조성의 차이가 있음을 알 수가 있었다.

2. 미곡의 부위별에 따른 각종 중금속의 함량

1) 구리(Cu) : 미곡을 소규모 McGill miller를 사용하여 현미, 7분도, 9분도, 백미등의 부위별로 시료를 채취하여 구리의 농도를 분석한 결과는 Table 4와 같다.

구리의 농도는 9분도층에서 0.851~1.476ppm 범위로 가장 높았으며, 백미에서 0.218~0.858ppm 범위로 가장 낮았다. 여기서 현미, 7분도, 9

Table 4. The content of copper in each layer of rice

(unit: ppm)

Sample	Layer			
	Brown rice	70% Polished rice	90% Polished rice	Polished rice
A	1.456	1.612	1.326	0.424
B	1.143	1.234	1.290	0.773
C	0.965	1.047	0.911	0.858
D	0.826	0.738	1.276	0.218
E	0.552	0.472	0.851	0.329
F	2.065	1.272	1.476	0.700
G	2.054	1.087	1.664	0.683
H	0.747	0.846	0.960	0.569
I	0.988	1.026	1.259	0.229
J	0.861	1.026	1.164	0.255
Range	0.552~2.065	0.472~1.612	0.851~1.476	0.218~0.858
Mean	1.166	1.036	1.218	0.504
Median	0.976	1.036	1.267	0.497

분도층에 함유된 구리의 함량보다 백미에서는 그 함량이 급격히 줄어지는데 이것은 앞의 일반성분에서 나타난 경향처럼 단백질, 지방과 금속염과의 어떤 상관관계가 있지 않거나 사료된다¹⁹⁾.

盧등⁴⁾에 의하면 한국산 백미층의 구리의 평균 함량은 1.45ppm(0.12~3.50)이었으며, 孫등⁸⁾의 결과는 한국산 현미층에 2.65ppm(2.05~3.08)이었다. 그리고 金등⁹⁾의 결과에 의하면 경남산 미곡층 구리의 함량은 현미 1.69ppm(1.26~2.74), 7분도미 1.53ppm(1.26~2.41), 9분도미 1.28ppm(0.86~1.52)이었으며, 李등⁷⁾의 결과는 경남산 백미층에 1.76ppm(0.62~2.59)으로 검출되었으며 吉川등¹⁰⁾에 의하면 현미를 6.5%도정했을 때 구리의 함량이 현미에서 보다 44%감소하였다는 보고가 있다.

본 실험에서 구리의 평균함량은 백미에서 0.50 ppm으로 다른 연구자들의 결과보다 다소 적은 함량을 나타내고 있으며 국제식품규격²⁰⁾에 있어서 당류에 허용하는 구리함량 2~10ppm이하 보다는 훨씬 적은 양이다.

2) 납(Pb) : Table 5에서 보는 바와 같이 미곡층의 납함량은 현미층 0.247ppm(trace~0.438), 7분도층 0.480ppm(trace~1.438), 9분도층 1.096ppm(0.472~1.585)으로 심부로 갈수록 그 함량이 증가하다가 백미에서는 0.258ppm(0.054~0.610)으로 급격히 줄었다.

金동⁹⁾에 의하면 납함량이 경남지방의 현미층에는 0.24ppm(ND~0.42)이었으며, 백미층에는 0.03ppm(ND~0.13)을 나타내었다. 또한 孫동⁸⁾의 결과에 의하면 한국산 현미층에는 0.42ppm(0.26~0.56)이었고, 高등²¹⁾의 결과에 의하면 한국산 백미층 납함량은 0.20ppm(0.10~0.54)이었다.

본 실험결과에서는 현미층과 백미층의 납함량보다 7분도층과 9분도층에서 다소 많은 양의 납을 함유하고 있었는데 이것은 미곡의 성장중 납의 대사와 어떤 관계가 있는 것으로 생각된다. 그런데 국제식품규격²⁰⁾에서는 당류에서 2ppm이하로 납의 허용량을 규정하고 있다.

3) 아연(Zn) : Table 6에서 보는 바와 같이 백미층의 아연함량은 9.830~19.063ppm 범위를 나

Table 5. The content of lead in each layer of rice (unit: ppm)

Sample	Layer			
	Brown rice	70% Polished rice	90% Polished rice	Polished rice
A	0.438	0.328	1.147	0.610
B	0.054	0.388	1.359	0.054
C	0.215	0.388	0.648	0.277
D	0.384	1.436	1.351	0.323
E	0.370	0.318	1.585	0.315
F	0.246	T	1.042	0.316
G	0.111	0.940	1.296	0.319
H	0.269	0.389	0.488	0.109
I	0.386	0.390	1.573	0.148
J	T	0.222	0.472	0.110
Range	T~ 0.438	T~ 1.438	0.472~ 1.585	0.054~ 0.610
Mean	0.247	0.480	1.096	0.258
Median	0.257	0.388	1.222	0.296

T ≤ 0.005ppm

타내고 있으며, 9분도층에서는 51.625~79.210 ppm범위로 가장 높은 분포를 나타내고 있다.

金동⁹⁾의 연구결과에 의하면 미곡층의 아연함량은 현미 12.53ppm(8.87~15.72), 7분도미 10.42ppm(7.93~15.40), 9분도미 9.51ppm(7.67~12.48)이었으며, 吉川¹⁰⁾은 토양오염지대에서 재배된 미곡층의 아연함량은 측정된 결과 6.5% 도정한 쌀에서 그 함량이 특히 많았다.

본 실험결과와 高등²¹⁾의 한국산 백미층의 아연의 평균함량 23.1ppm(16.5~42.2), 藤井²²⁾의 북해도 현미층의 22.16ppm(17.87~25.53)보다는 다소 적은 양의 아연을 함유하고 있으나, 李동⁷⁾의 경남산 쌀층의 0.23ppm(0.11~0.60)보다는 많은 양의 아연을 함유하고 있는데, Tipton²³⁾은 정상적인 사람의 뇌, 심장, 간, 허파등에 12~102 ppm의 아연을 함유하고 있는 것으로 보고하고 있다.

4) 니켈(Ni) : 니켈은 모든 동물의 조직과 혈액에 고르게 저농도로 함유되어 있으며, 음식물과 함께 섭취된 니켈은 대부분 배설물과 함께 체외로 분비되는 것으로 알려져 있다¹⁹⁾.

본 실험결과(Table 7)에 의하면 니켈의 함량은 9분도층에서 3.552ppm(1.891~5.190)으로 가장 많이 함유하고 있으며 7분도와 현미층에서는 다소 그 함량이 줄어, 백미에서는 0.838ppm(trace

Table 6. The content of zinc in each layer of rice (unit: ppm)

Sample	Layer			
	Brown rice	70% Polished rice	90% Polished rice	Polished rice
A	35.917	69.966	54.966	9.830
B	39.250	39.038	61.471	18.322
C	35.918	40.621	60.019	18.802
D	35.923	58.013	68.051	11.476
E	36.602	70.161	79.210	13.976
F	37.010	71.221	56.528	13.140
G	38.155	63.774	71.109	10.966
H	32.686	36.666	53.146	19.063
I	30.828	40.621	63.189	11.474
J	35.674	42.259	51.625	15.046
Range	30.828~ 39.250	36.666~ 71.161	51.625~ 79.210	9.830~ 19.063
Mean	35.796	53.234	61.931	14.209
Median	35.920	50.136	60.745	13.558

~1.776)으로 급격히 함량이 감소하였다.

Schroeder등²⁴⁾은 성인이 정상적으로 하루에 섭취하는 니켈의 양은 300~500ppm으로 보고하고 있으며 藤井등²²⁾은 북해도산의 현미에서 0.63ppm(0.13~1.52)을 검출하였다.

Table 7. The content of nickel in each layer of rice (unit: ppm)

Sample	Layer			
	Brown rice	70% Polished rice	90% Polished rice	Polished rice
A	1.316	2.627	3.282	1.776
B	0.879	2.445	4.664	0.658
C	1.509	3.111	4.083	1.332
D	0.880	3.199	3.476	0.432
E	0.900	3.824	4.082	1.053
F	1.516	2.518	4.173	0.844
G	0.889	3.013	5.190	1.057
H	1.510	2.667	2.740	0.436
I	1.987	2.000	1.938	0.795
J	0.884	1.111	1.891	T
Range	0.884~1.987	1.111~3.824	1.891~5.190	T~1.776
Mean	1.227	2.652	3.552	0.838
Median	1.108	2.647	3.779	0.819

T ≤ 0.005ppm

5) 크롬(Cr) : Table 8에서 보는 바와 같이 미곡종의 크롬함량은 7분도층에서 3.923ppm(1.538~7.822)으로 가장 높은 함량을 나타내었으며 9분도층에서 3.018ppm(0.654~5.988), 현미층에서 1.307ppm(Trace~2.693), 백미에서는 0.558ppm(ND~1.520)으로 그 함량이 크게 줄었다.

金등⁹⁾에 의하면 미곡종의 크롬의 함량은 현미에서 1.29ppm(0.54~2.39), 7분도미에서 0.43ppm(ND~1.28), 9분도미에서는 거의 함유하지 않는 것으로 보고되고 있는데 크롬은 그 흡수위치 및 기작이 확실하게 알려져 있지는 않으나 당, 지방대사 및 단백질합성에 관여하는 것으로 알려져 있으며¹⁹⁾, 일본에서는 크롬의 허용량을 25~50ppm이하로 규정²⁵⁾하고 있다.

6) 수은(Hg) : 본 실험결과(Table 9)에 의하면 수은의 분포상태는 7분도층에서 평균 0.027ppm으로 가장 높은 함량을 나타내었으며 현미층과 9분도층에서는 다소 그 함량이 적었으며, 백미에서

Table 8. The content of chromium in each layer of rice (unit: ppm)

Sample	Layer			
	Brown rice	70% Polished rice	90% Polished rice	Polished rice
A	1.518	4.547	2.272	0.769
B	1.522	1.923	2.691	1.520
C	0.129	3.076	3.212	0.384
D	1.904	4.425	2.674	ND
E	T	5.515	2.354	ND
F	2.249	6.537	4.597	0.730
G	2.693	7.822	5.988	0.731
H	T	1.923	2.710	0.379
I	1.528	1.923	3.031	0.688
J	1.529	1.538	0.654	0.382
Range	T~2.693	1.538~7.822	0.654~5.988	ND~1.520
Mean	1.307	3.923	3.018	0.558
Median	1.525	3.751	2.701	0.536

T ≤ 0.005ppm, ND : not detected

는 평균함량이 0.011ppm으로 나타났다.

梁등²⁶⁾은 전국각지에서 수집한 현미 112개 시료에서 수은의 농도를 분석한 결과 전국평균치는 0.053ppm(ND~0.310), 경남지방은 0.040ppm(ND~0.092)이었다. 한편 孫등⁸⁾은 한국산 현미층의 수은의 평균함량은 0.014ppm(0~0.025)으로 보고하였고, 李등⁷⁾은 경남지방의 15개 지역중 6개소의 쌀에서만 0.0089ppm이하로 수은을 함유하고 있음을 보고하였다. 그리고 藤田등²⁷⁾은 미곡종의 잔유수은의 화학적 형태에 관하여 조사한 결과 수은은 단백질과 결합되어 phenylmercury의 형태로서 단백질에 축적되어 있음을 확인하였다.

수은은 독성이 강하여 동식물체에 존재하여서는 안 될 금속으로 일본에서 발생한 Minamata병²⁸⁾이 수은에 의한 일례이다. 우리나라에서는 아직도 식품중의 중금속류의 허용량이 제대로 설정되어 있지 않는데 FAO/WHO에서는 식품첨가물에 0.5ppm이하로 수은의 허용량을 규정²⁹⁾하고 있으며 일본의 식품위생법²⁵⁾에는 청량음료에는 0.4ppm, 야채, 과일류에는 수은이 없어야 되는 것으로 되어 있는데 저자들의 실험결과는 외국에서 규정되고 있는 양보다 적다.

7) 카드뮴(Cd) : Table 10에서 보는 바와 같이 미곡의 부위별에 따른 카드뮴의 함량은 현미, 7분

Table 9. The content of mercury in each layer of rice
(unit: ppm)

Sample	Layer			
	Brown rice	70% Polished rice	90% Polished rice	Polished rice
A	0.015	0.024	0.011	0.008
B	0.014	0.011	0.022	0.020
C	0.010	0.021	0.019	0.027
D	0.011	0.022	0.026	0.013
E	0.006	0.023	0.006	0.014
F	0.008	0.025	0.018	0.006
G	0.021	0.022	0.018	0.014
H	0.035	0.072	0.072	0.012
I	0.024	0.006	0.025	0.009
J	0.013	0.046	0.012	0.006
Range	0.006~0.035	0.006~0.072	0.006~0.026	0.006~0.027
Mean	0.016	0.027	0.017	0.011
Median	0.014	0.023	0.018	0.013

도, 9분도층이 비슷한 함량을 나타내고 있으며 백미에서는 0.019ppm(Trace~0.036)으로 카드뮴의 함량이 급격히 줄었다.

梁 등²⁶⁾의 결과에 의하면 전국 각 산지에서 수집한 현미중 카드뮴의 전국평균치는 0.021ppm(Trace~0.029)이었으며, 경남지방은 0.027ppm(0.022~0.028)으로 보고하고 있다. 伊藤 등³⁰⁾은 수경재배법을 이용하여 벼를 재배하여 카드뮴의 흡수 및 축적에 대하여 실험한 바 벼의 뿌리>줄기>잎>현미 순으로 카드뮴이 축적된다는 사실을 확인하였고, 北岸 등³¹⁾은 오염된 현미중의 카드뮴의 미세분포를 조사한 결과 현미중의 카드뮴량의 80% 이상이 배젖에 편재해 있으며 주로 glutelin과 결합하여 존재해 있으며 protein body라고 부르는 직경 1~3m μ 의 과립중에 집중되어 있는 것으로 추정하고 있으며, 吉川 등¹⁰⁾의 결과에 의하면 6.5% 도정미에서 카드뮴이 52.7% 감소하였다고 보고하였다.

그런데 현미를 정백하여도 카드뮴이 가식부에서 제거되지 않는데 광산, 제련소등 환경오염에 의해서 나타나는 카드뮴을 미연에 방지할 수 있는 대책이 강구되어야 하겠다.

8) 비소(As) : Table 11에서 보는 바와 같이 비소는 미곡의 9분도층에서 0.242ppm(0.086~0.442)으로 가장 많고 7분도층이 0.223ppm(0.156~0.

Table 10 The content of cadmium in each layer of rice
(unit: ppm)

Sample	Layer			
	Brown rice	70% Polished rice	90% Polished rice	Polished rice
A	0.037	0.084	0.072	0.027
B	0.020	0.038	0.069	0.009
C	0.046	0.057	0.079	0.028
D	0.047	0.092	0.074	0.036
E	0.058	0.064	0.075	0.034
F	0.056	0.027	0.072	0.018
G	0.019	0.064	0.063	0.016
H	0.037	0.057	0.064	T.
I	0.066	0.057	0.072	0.015
J	0.019	0.020	0.065	0.009
Range	0.019~0.066	0.020~0.092	0.063~0.079	T.~0.036
Mean	0.041	0.065	0.071	0.019
Median	0.042	0.057	0.072	0.017

T. \leq 0.005ppm

431)으로 그 다음이며, 백미에서는 0.072ppm(ND~0.170)으로 가장 함유량이 적었다.

盧 등⁴⁾은 전국각지에서 생산된 쌀중의 비소(As₂

Table 11. The content of arsenic in each layer of rice
(unit: ppm)

Sample	Layer			
	Brown rice	70% Polished rice	90% Polished rice	Polished rice
A	0.136	0.201	0.086	0.073
B	0.086	0.097	0.170	0.032
C	0.113	0.141	0.204	0.119
D	0.127	0.266	0.203	0.005
E	0.193	0.431	0.348	0.170
F	0.125	0.365	0.291	0.104
G	0.121	0.297	0.442	0.092
H	0.104	0.102	0.214	0.052
I	0.121	0.176	0.159	ND
J	0.135	0.156	0.298	0.077
Range	0.086~0.193	0.097~0.431	0.086~0.443	ND~0.170
Mean	0.126	0.223	0.242	0.072
Median	0.123	0.189	0.209	0.075

ND: not detected

O₃ 로써) 함량을 0.17ppm(0.13~0.20)으로 보고하였으며, 藤井등²²⁾은 현미에서 비소(As₂O₃로써)의 함량을 0.36ppm(0.21~0.55)으로 보고하였는데 국제식품규격에는 식품첨가물에 비소의 허용량을 1ppm이하로 규정²⁰⁾하고 있는데 본 실험결과는 이에 훨씬 못 미치고 있다.

9) 망간(Mn) : Table 12에서 보는 바와 같이 망간의 함량은 7분도층에서 85.870ppm(57.371~179.252)으로 가장 많았으며 현미층 82.252ppm(67.506~115.293), 9분도층 64.186ppm(45.506~91.574)이며 백미에서는 그 함량이 아주 줄어 8.258ppm(6.730~11.562)이었는데 본 실험결과에서 망간의 부위별 분포상태가 다른 중금속과 다소 차이가 있었다.

金동⁹⁾은 경남일원의 미곡을 도정도별로 망간의 함량을 조사한 결과 현미에서 22.99ppm(14.64~32.24), 7분도미에서 12.46ppm(8.40~25.79), 9분도미에서 8.99ppm(6.72~11.59)으로 도정도가 커짐에 따라 망간의 함량이 줄어지는 것으로 보고하고 있으며, 高등³²⁾에 의하면 백미층에서 9.0ppm이 검출되었으며, 藤井등²²⁾은 일본의 현미에서 33.52ppm(17.45~42.13)의 망간을 검출하였다.

10) 철(Fe) : Table 13에서 보는 바와 같이 미

Table 12. The content of manganese in each layer of rice (unit: ppm)

Sample	Layer			
	Brown rice	70% Polished rice	90% Polished rice	Polished rice
A	75.405	89.995	56.811	6.730
B	85.007	58.653	56.626	8.551
C	67.506	57.371	45.506	7.367
D	78.090	61.766	55.708	8.099
E	99.283	179.252	91.574	6.897
F	115.293	118.942	80.446	11.562
G	73.436	89.090	72.364	7.319
H	77.782	58.653	56.461	8.854
I	77.729	59.371	71.276	8.603
J	72.986	85.576	55.084	8.599
Range	67.506~115.293	57.371~179.252	45.506~91.574	6.730~11.562
Mean	82.252	85.870	64.186	8.258
Median	77.756	73.671	56.719	8.325

곡층의 부위별 철함량은 현미층이 44.287ppm(27.971~66.569)으로 가장 많고 싼부로 갈수록 그 함량이 줄었으며 백미에서는 5.125ppm(1.480~9.573)으로 급격히 줄었다.

농산물검사소³³⁾에서 도정도에 따른 쌀의 철분 함량의 변화를 조사한 결과에 의하면 철의 함량은 현미에서 3.15ppm, 7분도미 5.45ppm, 9분도미 2.25ppm, 백미 2.85ppm이었는데 본 실험결과는 위의 결과보다 다소 많은 양의 철을 함유하고 있는 것으로 나타났다. 그런데 성인의 체내에는 4~5g의 철을 함유하고 있는데 매일 일정량의 철을 섭취하여야만 되는 것으로 알려져 있다¹⁹⁾.

Table 13. The content of iron in each layer of rice (unit: ppm)

Sample	Layer			
	Brown rice	70% Polished rice	90% Polished rice	Polished rice
A	35.233	40.348	26.238	1.480
B	45.087	35.855	40.566	3.088
C	66.569	58.059	66.760	4.602
D	52.290	41.157	44.024	8.632
E	27.971	32.548	34.908	3.273
F	38.480	52.184	37.631	2.810
G	59.571	59.098	46.524	7.198
H	36.402	28.618	35.637	9.573
I	38.089	36.348	39.803	4.709
J	43.178	51.480	29.946	5.884
Range	27.971~66.569	28.618~59.098	26.238~66.760	1.480~9.573
Mean	44.287	43.570	40.204	5.125
Median	40.829	40.750	38.717	4.656

이상의 결과를 종합하여 보면 미곡의 부위별에 따라 단백질, 지방, 당질, 회분등의 일반성분이 상당한 차이를 보이고 있으며, 각종 중금속의 분포상태에서 납, 아연, 니켈, 카드뮴, 비소는 9분도층>7분도층>현미층>백미 순으로 그들의 함량이 감소하였고, 구리는 9분도층>현미층>7분도층>백미 순으로, 그리고 망간, 수은및 크롬은 7분도층>현미층>9분도층>백미 순으로 감소하였으며, 철은 내부로 갈수록 함량이 줄어들었다.

위와 같은 결과는 벼가 생육하는데 있어서 각종 생리대사와 관계가 있는 것으로 생각되며 대체로 9분도층에서 중금속의 함량이 많았으며 백미

에서는 그 함량이 급격히 줄었다.

따라서 미곡에 오염된 중금속의 양을 줄이기 위해서는 쌀을 도정도를 크게 찢어 이용하는 것이 바람직스러우나 도정도를 크게 함에 따라 단백질 지방, 무기염, 비타민등과 같은 영양원의 손실을 가져올 우려가 있으므로 무엇보다도 환경오염의 원인과 전국 각지역에 있어서의 중금속 오염도를 철저히 조사하여 농산물에 유해한 중금속이 미곡에 오염되지 않도록 미연에 방지하는 것이 중요한 것으로 생각된다.

요 약

경남지방의 일원에서 1978년도에 생산된 밀양 계통의 미곡중에 함유되어 있는 일반성분과 중금속의 함량을 부위별로 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 미곡중 조단백, 조지방, 조섭유, 회분은 대부분 현미층, 7분도층, 9분도층에 분포되어 있으나 백미에서는 그 함량이 급격히 줄어 조단백 9.22%, 조지방 1.16%, 조섭유 1.01% 그리고 회분이 0.38%로 감소하는 반면 가용성무질소물은 미곡의 심부로 갈수록 많은 양을 함유하여 백미에서는 75.54%이었다.

2. 납, 아연, 니켈, 카드뮴, 비소는 9분도층 > 7분도층 > 현미층 > 백미 순으로 그 함량이 감소하였으며, 백미에서는 납 0.258ppm(0.054~0.610), 아연 14.209ppm(9.830~19.063), 니켈 0.838ppm(trace~1.776), 카드뮴 0.019ppm(trace~0.036), 비소 0.072ppm(ND~0.170)으로 함량이 급격히 줄었다.

3. 구리의 함량은 9분도층(0.851~1.476ppm), 철은 현미층(27.971~66.569ppm), 수은(0.006~0.027ppm), 크롬(1.538~7.822ppm) 및 망간(57.371~179.252ppm)은 7분도층에서 각각 가장 많았으며, 백미에는 구리 0.504ppm(0.218~0.858), 수은 0.011ppm(0.006~0.027), 크롬 0.558ppm(ND~1.520), 철 5.125ppm(1.480~9.573)이었다.

본 연구는 1979년도 嶺山社會福祉事業財團의 연구비 지원으로 이루어진 것임을 밝히며 아울러 同財團에 깊은 사의를 표하는 바입니다.

참고 문헌

1. DE Man J.M., in 'Principles of Food Chemistry,' p.171~187, AVI Press, Inc., Westport, Connecticut (1976)

2. Fennena O.R., in 'Principles of Food Science(II)' p.350, Marcel Dekker, Inc., New York and Basel (1976)
3. 李瑞來, 辛孝善: 最新食品化學 p.168~177. 新光出版社, 서울 (1977)
4. 盧晶培, 宋哲, 權赫姬, 金吉生, 李興在, 元敬豐, 池文煥: 國立保健研究院報 9: 191(1972)
5. 宋哲, 金吉生, 李興在, 李哲遠: 國立保健研究院報 11: 141(1975)
6. 金東勳: 食品化學 p.610~614. 探求堂, 서울 (1975)
7. 이동근, 임경택: 한국영양식량학회지, 6: 73 (1977)
8. 孫東憲, 許仁會: 中央大學校論文集, 19: 75(1974)
9. 金明燦, 沈奇煥, 河永來: 韓國食品科學會誌, 10: 299(1978)
10. 吉川年彥, 日下昭二, 直原毅, 吉田徹志: 日本土壤肥料學雜誌, 48: 523(1977)
11. 吉川年彥, 日下昭二, 元山宗之, 橋詰源藏, 吉田徹志: 日本土壤肥料學雜誌, 48: 529(1977)
12. 鄭東孝, 張賢基, 金明燦, 朴商憲: 最新食品分析法, p.74~146, 三中堂, 서울 (1979)
13. 熊谷洋, 佐伯清子: 日本食品衛生學雜誌, 17: 200(1976)
14. 菅野三郎, 福井昭三: 環境公害學 その基礎と分析法, p.188~212, 廣川書店, 東京 (1978)
15. 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, 東京 (1972)
16. Horwitz, W., in 'Official Methods of Analysis of A.O. A.C.' 12th Ed., p.451~455, George Bonta Company, Inc., Menasha, Wisconsin, (1975).
17. Juliano, B.O., Bautista, G.M. Lugay, J.C. and Reyes, A.C.: J. Agr. Food Chem., 12: 131(1964)
18. Primo E., Barber, S., Tortosa, E. Camacho, J. Ulldemolins, J. Jimenez, A. and Vega, R.: Rev. Agroquim Technol. Alimentos 10: 244(1970)
19. Underwood, E.J., in 'Trace Elements in Human and Animal Nutrition' 4th Ed., Academic Press, Inc., New York, 1977
20. 國際食糧農業協會: 國際食品規格(I), 產學社 東京 (1977)

21. 高仁錫, 盧晶培, 宋哲, 權赫姬, 金吉生, 鄭國熙, 朱昌栢: 國立保健研究院報, 9 : 389(1972)
22. 藤井, 近藤: 公害, 3(2) : 72(1971)
23. Tipton, I.H. and Cook, M.J.: Health Phys., 9 : 103(1963)
24. Schroeder, H.A., Balassa, J.J. and Jipton, I.H.: J. Chronic. Dis., 15 : 51(1961)
25. 末永泉二: 日本藥局誌, 25(10) : 25(1974)
26. 梁在昇, 李瑞來, 盧在植: 韓國食品科學會誌, 10 : 137(1977)
27. 藤田昌彥, 岩島清: 日本公衆衛生院研究報告, 19 : 212(1970)
28. Kurland, L.T. Faro, S.N. and Siedler, H.S.: World Neural. 1 : 320(1960)
29. World Health Organization, WHO: Tech. Rep. Ser., 505(1972)
30. 伊藤秀文, 飯村康二: 日本土壤肥科學雜誌, 47 : 482(1976)
31. 比岸確三, 小畑仁: 三重大環研紀要, 1 : 129(1976)
32. 高仁錫, 盧晶培, 宋哲, 權赫姬, 金吉生, 廷圭奉, 俞炳天: 國立保健研究院報, 10 : 437(1973)
33. 농산물검사소: 米穀의 微量成分分析試驗사업 보고서, 133(1964)