

市販魚類中の Cd과 Zn 含量에 關하여

韓 仙 嬭
食 品 分 析 科

On the Contents of Cadmium and Zinc in Fish on the Market

Sun Hie, Han

Food Analysis Division

= Abstract =

This study was carried out to investigate the present contamination level of heavy metals in food fishes on the market. The samples were collected at the marine products market in Norangjin, Seoul, and dissected into three parts; liver, head, and muscle tissue. Contents of cadmium and zinc in the parts were determined respectively by the atomic absorption spectrophotometer.

The results were summarized as follows:

1. In the liver, mean content of cadmium was 0.8740ppm; the highest was 2.8722 ± 0.0828 ppm in Horse mackerel, the lowest was 0.0649 ± 0.0083 ppm in Sand lance, and mean content of zinc was 38.2307ppm; the highest was 50.2444 ± 2.4929 ppm in Sand lance, the lowest was 21.2487 ± 1.6230 ppm in Alaska pollack.
2. In the head parts, mean content of cadmium was 0.0186ppm; the highest was 0.0354 ± 0.0086 ppm in Mackerel, the lowest was 0.0104 ± 0.0035 ppm in Promfret and mean content of zinc was 26.1860ppm; the highest was 38.2282 ± 6.8840 ppm in Sand lance, the lowest was 15.8520 ± 1.2302 ppm in Yellow tailrunner.
3. In the muscle tissue, mean content of cadmium was 0.0110ppm; the highest was 0.0177 ± 0.0071 ppm in Yellow tailrunner, the lowest was 5.2182 ± 0.2797 ppm in Alaska pollack and mean content of zinc was 9.3264ppm; the highest was 23.8847 ± 2.8031 ppm, the lowest was 5.2182 ± 5.2797 ppm in Hair tail.
4. It was statistically significant among the three parts; liver, head, and muscle tissue ($p < 0.05$), but not among the species in cadmium contents. On the other hand, in the zinc contents it was significant among the parts and the species respectively ($p < 0.01$).

I. 緒 論

Na, K, Ca, Mg, Al, Be, Sr 및 Li 등을 除外한 大部分의 金屬은 比重이 4以上인 重金屬으로서²⁾ 그 중 Fe, Mn, Zn, Cu, Co 등 5~6種은 人體의 生理作用에 必要한 것으로 알려져 있다.^{3,4,5)}

그러나 Hg, Pb, As, Cd, Cr 등은 人體生理에 반드시 必要한 것이 아닌데도 불구하고 人體에 들어 있는

것은 汚染된 食品을 通하여 人體에 蓄積된 것으로 생각된다.

이러한 重金屬의 汚染은 環境 및 産業公害에서 由來된 것으로 그 原因 중 한 例로 農業 技術의 發達에 의한 多量의 化學 肥料와 農藥의 使用을 들 수 있다.⁶⁾

더우기 産業의 高度 成長에서 오는 多量의 各種 産業 廢水 및 都市人口의 폭발적 증가에 따른 都市 下水의 汚染이 顯著하여 급기야 海洋 汚染의 問題까지 擡頭되게 되었다.

그리하여 이들 重金屬의 汚染이 人間의 健康에 미치는 영향이 問題되던 次 1960年代에 들어서서 日本에서의 수은에 의한 Minamata 事件,¹⁾ 카드미움에 의한 Itai-Itai병 等 集團 만성 중독 事例가 發生, 重金屬에 의한 環境 汚染이 社會 問題化 됨에 따라 本格的인 研究가 시작되었다.

즉 小林^{7,8)} 등은 Itai-Itai병이 發生한 地域에 살고 있던 住民들의 尿속에서 排泄된 카드미움 量이 非汚染 地域 住民들의 尿중 카드미움 排泄量보다 훨씬 높았다고 報告하였으며, Chung⁹⁾ 등은 江下流에서 生선을 採取하여 카드미움, 아연, 니켈 等の 含量을 調査한 結果 上流에서 採取한 生선보다 下流에서 採取한 生선에서의 重金屬 含量이 훨씬 높았었다고 報告하여 江上流보다 江下流에서 보다 더 重金屬에 의한 汚染이 進行되고 있음을 밝혔다.

Yamazoe¹⁰⁾ 등은 魚類 中の 카드미움의 含量을 調査한 結果, 時日이 經過함에 따라 계속 증가하는 경향이 있다고 報告하였다.

그 밖에도 Ciusa,^{11,12,13)} Hartung,¹⁴⁾ Patin¹⁵⁾ 等 많은 學者들이 河川, 江河口 및 海岸地域 또는 工業地域 등에서 生선을 구입하여 구리, 아연 카드미움, 수은 等 重金屬 含量에 대한 調査를 한 바 있다.

또한 W.H.O./F.A.O.에서도 水産 食品중의 重金屬 含量에 대한 國際 規格 基準을 設定하기 위한 作業을 進行시키고 있을 뿐만아니라 여러나라에서도 나라에 따라 各種 食品을 비롯하여 水産 食品 中の 有害性 微量 金屬의 分布 狀態를 파악하고자 努力하는 중이다.⁶⁾

한편 우리나라에서 高,¹⁷⁾ 노^{18,19)} 등이 1972년에서 1976년에 걸쳐 國內 各 地方에서 生産되는 農産物 中の 카드미움, 수은, 납, 비소 등의 重金屬 含量에 대하여 調査하였고 金²⁰⁾ 등은 쌀 中の 重金屬 變化 狀態에 관해서 보고하였다.

그 밖에 朴²¹⁾ 이 우유 中の 망간 含量, 洪²²⁾ 등이 食品 中の 重金屬 含量을 調査한 바 있으며 우리나라 食品 衛生法에서도 一般 食品 및 食品添加物에 대한 重金屬 허용량을 강력히 規制하게 되었다.

最近에 이르러 우리나라에서도 重金屬이 들어있는 農藥과 化學 肥料의 使用量이 많아짐과 동시에 産業 廢水, 鑛山 廢水 및 出入船舶으로 부터의 各種 廢棄物 등의 增加로 河川 및 沿岸 海域에 重金屬 含量이 높아지고 있어, 韓國人 食生活에서 動物性 단백질의 主要 공급원의 하나인 魚介類 등의 水産 食品이 重金屬에 汚染될 危險性을 看過 할 수 없다.

그러나 아직 우리나라에서는 水産物중의 重金屬 허

용량에 대한 確실한 規制值가 定해져 있지 않을 뿐만 아니라 그에 대한 研究도 별로 많지 않은 실정이다. 다만 韓國 原子力 研究所에서 실시한 生體 試料 分析의 一部分으로 魚類 中の Cr, As, Na, K, Cu, Mn, Hg 등의 分析 結果와 宋²⁾ 등의 調査 報告가 있을 뿐이다.

따라서 著者는 우리나라의 海産物의 重金屬 汚染度를 알아 보기 위하여 市販되고 있는 고등어 外 6種의 生선에 대하여 간, 머리, 조직의 세 部位로 나누어 原子 吸光法에 의하여 아연과 카드미움의 含量을 分析, 定量함으로써 食品 衛生上의 有害性을 檢討하였다.

II. 實驗 材料 및 方法

1. 試 料

서울 市內에서 販賣되고 있는 7種의 魚類 ; 병어 (Promfret; *Stromateoides argentus*), 전갱어 (Horse mackerel), 조기 (Yellow tailrunner; *Pseudosciaena manchurica*), 양미리 (Sand lance; *Hypohychos dybo-roskii*), 칼치 (Hair tail; *Trichrus japonicus*), 등태 (Alaska pollack; *Theragra chalcogramma*), 고등어 (Mackerel; *Scomber japonicus*)를 노랑진 수산시장에서 구입하여 試料로 使用하였다.

2. 試藥 및 分析 裝置

(1) 試 藥²⁰⁾

$Cd(NO_3)_2$, $4H_2O$ 와 $Zn(NO_3)_2$, $6H_2O$ 는 특급 시약, HNO_3 와 H_2O_2 는 일급 시약을 사용하였다.

① 카드미움 標準 溶液

$Cd(NO_3)_2$, $4H_2O$ 를 0.8N- HNO_3 에 溶解시켜 1000 $\mu g. Cd/ml$ 로 만든 것을 標準原液으로 하여 0.001~0.005 $\mu g. Cd/ml$ 범위로 희석한 것을 標準溶液으로 사용하였다.

② 아연 標準 溶液

$Zn(NO_3)_2$, $6H_2O$ 를 0.8N- NO_3 에 溶解시켜 1000 $\mu g. Zn/ml$ 로 만든 것을 標準原液으로 하여 1~10 $\mu g. Zn/ml$ 범위로 희석한 것을 標準溶液으로 사용하였다.

(2) 裝置 및 器具

① 原子 吸光 分析 裝置

다음과 같은 두가지 原子 吸光 分析 裝置를 使用하여 카드미움과 아연을 定量하였다.

原子 吸光 裝置 (1); Perkin-Elmer-306型 flameless atomic absorption spectrophotometer

原子 吸光 裝置 (2); Hitachi-207型 flame atomic absorption spectrophotometer

② 灰化爐; Barber Colman 29C型

3. 分析 方法²⁴⁻²⁶⁾

(1) 試料의 前處理

수산시장에서 구입한 7종의 생선 70마리를 試料로 하여 간, 머리, 조직의 세 部位로 나누어 各各의 部位別로 均一하게 마쇄한 후 210개의 petri-dish에 담아 완전 밀봉하여 냉장고에 保管하였다가 分析 試料로 使用하였다.

(2) 分析用 試料 溶液의 調製

마쇄 試料 1~5g을 porcelain crucible에 取하여 乾한 질산 5ml를 넣고 열판 위에서 加熱, 溶解시켰다. 여기에 30% 과산화수소 몇 방울을 떨어뜨린 후 加熱을 계속하여 試料를 蒸發 乾固시켰다. 乾固된 試料를 420°C에서 10分間 灰化시켜서 냉각시켰다.

냉각된 crucible에 질산·과산화수소 혼합 용액(1:1 V/V) 수 방울을 떨어뜨려 試料를 습윤시킨 다음 다시 同溫에서 10分間 灰化시켰다. 이 때 試料가 白色으로 변하지 않았으면 위의 灰化 過程을 반복하여 試料가 白色으로 될 때까지 灰化시켰다.

灰化가 完全히 끝나면 6M-HNO₃ 5ml에 白色 試料를 완전히 溶解시켰다.

이것을 50ml volumetric flask에 定量的으로 옮긴 후 증류수로 標線까지 채워 이 용액을 原子 吸光 分析用

Table 1. Working condition for determination of zinc

Wave length	2138A°
Lamp current	8mA
Slit width	1.0mm
Coarse step	7
Air pressure	18kg/cm ²
Air flow rate	13l/min
Acetylene flow rate	2l/min
Acetylene pressure	0.5kg/cm ²

Table 2. Working condition for determination of cadmium

Wave length	228.8nm
Drying temp.	100°C
Drying time	20sec
Charring temp.	355°C
Charring time	30sec
Atomizing temp.	1470°C
Atomizing time	5sec
Argon gas flow	7.5
Slit Width	0.7mm
Mode	ABS

試料 溶液으로 사용하였다.

(3) 測定 條件

생선 중에 비교적 많은 量이 들어있는 아연은 Hitachi-207을 사용하여 flame法으로 測定하였고 그 때의 測定 條件은 Table 1과 같다.

flame法の 檢出 限界 以下로 微量 들어있는 카드미움은 Perkin-Elmer-306을 사용하여 flameless法으로 測定하였는데 그 때의 測定 條件은 Table 2와 같다.

III. 結果 및 考察

市販되는 魚類를 試料로 하여 간, 머리, 조직의 세 部位로 나누어 마쇄한 후 카드미움과 아연을 分析하였는데 肝部位에서의 카드미움과 아연 含量은 Table 3과 같다.

즉 肝에서 檢出된 카드미움의 含量은 0.0566~2.8845 ppm의 범위로 魚種에 따라 큰 差異를 나타냈으며 平均 含量은 0.0649~2.8722ppm의 범위로 나타났다. 가장 높게 檢出된 魚類는 전갱어(Horse mackerel)로써 2.8722(2.8363~2.8845)ppm 이었고 가장 낮게 檢出된 魚種은 양미리(Sand lance)로써 0.0649 (0.0566~0.0762)ppm으로 나타났다.

田中⁴⁷⁾ 등은 간장에서의 카드미움이 수십 ppm까지 檢

Table 3. Contents of cadmium and zinc in liver of food fishes

Species	Cadmium(ppm)	Zinc(ppm)
Promfret	0.1638±0.0071 ^a (0.0918~0.2670) ^b	40.1338± 4.3980 (33.3708~45.6308)
Horse mackerel	2.8722±0.0828 (2.8363~2.8845)	42.8302± 4.0759 (36.2677~47.9540)
Yellow tailrunner	0.6912±0.0063 (0.5783~0.6818)	38.0528± 1.1224 (36.2677~39.6011)
Sand lance	0.0649±0.0083 (0.0566~0.0762)	50.2444± 2.4929 (47.0886~54.7292)
Hair tail	1.0679±0.0180 (1.0484~1.0968)	36.2689± 1.3672 (36.1663~38.1153)
Alaska pollack	0.5632±0.0656 (0.4697~0.6341)	21.2487± 1.6230 (18.7449~35.6987)
Mackerel	0.6951±0.0002 (0.5786~0.9134)	31.8361± 3.9056 (25.8059~35.6987)

a All values are means of 10 determinations ±standard deviation.

b Values in parentheses indicate minimum to maximum.

출되었다고 報告하였으며 Mackay⁴⁵⁾ 등도 Black marlin의 肝에서 檢出된 카드미움의 平均 含量은 9.2ppm으로 나타났다고 報告하였다.

한편 Müller⁴⁰⁾는 魚類의 肝에서 카드미움이 5.99ppm 정도로 檢출되는 경우 食品으로서는 不適當하다고 報告하였다.

本 實驗에서 檢出된 카드미움의 含量은 대체로 1ppm 前後를 나타내고 있어 다른 研究者들의 結果보다 다소 낮은 含量을 보이고 있으며 最高值로 檢出된 전광어의 2.8845ppm도 Müller⁴⁰⁾가 設定한 5.99ppm보다는 훨씬 낮은 含量을 보였다.

肝에서 檢出된 아연의 含量도 18.7449~54.7292ppm의 범위로 魚種에 따라 큰 차이를 나타냈으며 아연의 平均 含量은 21.2487~50.2444ppm의 범위로 檢出되었다.

魚種別로는 양미리(Sand lance)가 50.2444(47.0886~54.7292)ppm으로 가장 높은 含量을 나타냈으며 동태(Alaska pollack)가 21.2487(18.7449~23.4880)ppm으로 가장 낮게 檢出되었다.

田中⁴⁰⁾ 등은 간장에서의 아연 含量은 카드미움의 경우와 같이 조직 部位에서 보다 더 높게 나타나는 경향이 있다고 報告하고 있으며 Mackay⁴⁵⁾ 등의 結果에 의하면 肝에서 檢出된 아연의 平均 含量을 47.5ppm으로 報告하고 있어 本 實驗의 結果와 대체로 一致하고 있다.

그리고 本 實驗에서 最高 含量을 나타낸 양미리의 54.7292ppm도 Mackay⁴⁵⁾ 등의 調査에서 檢出된 375ppm에 비하면 매우 낮은 수치를 보였다.

以上の 結果로써 우리나라 市販 魚類의 肝 部位에 있어서의 카드미움과 아연 함량에 關한 限 食品으로서는 크게 問題되지 않는 것으로 본다.

머리 部位에 있어서의 카드미움과 아연을 分析한 結果는 Table 4와 같다.

즉 머리 부위에서 檢출된 카드미움의 함량은 0.0081~0.0457ppm의 범위로 나타났고 各 魚種의 平均 含量은 0.0104~0.0354ppm의 범위로 檢出되었다.

魚種別로는 병어(Promfret)가 0.0104~0.0354ppm으로 가장 낮게 檢出되었고 고등어(Mackerel)가 0.0354(0.0249~0.0457)ppm으로 가장 높게 檢出되었으나 대체로 0.01ppm 前後를 나타내고 있어 魚種間 含量 差는 비교적 크지 않았다.

한편 아연 함량은 13.7124~46.2242ppm의 범위로 檢出되었으며 平均 含量은 15.8520~38.2282ppm의 범위로 나타났다.

魚種別로는 양미리(Sand lance)가 38.2282(29.4356

Table 4. Contents of cadmium and zinc in head of food fishes

Species	Cadmium(ppm)	Zinc(ppm)
Promfret	0.0104±0.0035 ^a (0.0081~0.0156) ^b	33.2101± 5.9451 (24.8860~38.9827)
Horse mackerel	0.0166~0.0020 (0.0150±0.0196)	26.8820± 2.6909 (23.2819~30.1061)
Yellow tailrunner	0.0179±0.0010 (0.0164~0.0194)	15.8520± 1.2302 (13.7124~17.6589)
Sand lance	0.0193±0.0047 (0.0152~0.0257)	38.2282± 6.8840 (29.4356~46.2242)
Hair tail	0.0122±0.0134 (0.0112~0.0134)	19.7557± 3.2741 (19.0122~20.8643)
Alaska pollack	0.0183±0.0020 (0.0164~0.0214)	19.7015± 0.7052 (17.1955~24.8843)
Mackerel	0.0354±0.0086 (0.0249~0.0457)	29.6729± 5.1551 (21.0191~35.3014)

a All values are means of 10 determination ± standard deviation.

b Values in parentheses indicate minimum to maximum.

~46.2242)ppm으로 가장 높게 檢出되었으며 그 다음이 병어(Promfret)로서 33.2101(24.8860~38.9827)ppm, 고등어(Mackerel)가 29.6729(21.0191~35.3104)ppm으로 나타났고 가장 낮은 含量을 보인 것은 조기(Yellow tailrunner)로 15.8520(13.7124~17.9589)ppm으로 檢出되었다.

조직 部位에서 카드미움과 아연을 分析한 結果는 Table 5와 같다.

즉 조직 부위에서 檢출된 카드미움의 含量은 0.0035~0.0223ppm으로 비교적 큰 差異는 나타내지 않았으며 魚種의 各 平均 含量은 0.0059~0.0177ppm의 범위로 檢出되었다.

이 값은 우리나라 食品衛生法¹⁰⁾에서 規制하고 있는 一般 食品에 있어서의 重金屬 허용량보다 훨씬 낮은 含量이며 Australia의 NHMRC⁴⁰⁾ (National Health and Medical Research Council)에서 規定하고 있는 카드미움의 濃度인 2.0ppm보다도 훨씬 낮은 含量으로 檢出되었다.

한편 Ciusa^{11,12,13)} 등은 魚類 조직 부위에서 檢出된 카드미움의 含量을 0.017~0.025ppm으로 報告하였고 Bebbington⁴⁹⁾ 등은 0.01~0.09ppm, Weiser⁴¹⁾ 등의 結果에서는 0.039ppm으로 報告하고 있어 本 實驗 結果보다 다소 높은 경향을 보이고 있다.

Table 5. Contents of cadmium and zinc in muscle of food fishes

Species	Cadmium(ppm)	Zinc(ppm)
Promfret	0.0077±0.0011 ^a (0.0063~0.0089) ^b	9.4500± 2.3669 (7.6240~13.0581)
Horse mackerel	0.0146±0.0032 (0.0102~0.0175)	9.8726± 0.6133 (8.9947~10.4991)
Yellow tailrunner	0.0177±0.0071 (0.0118~0.0276)	5.4937± 0.9087 (4.3645~ 6.7116)
Sand lance	0.0086±0.0004 (0.0080~0.0091)	23.8847± 2.8031 (19.7143~26.8498)
Hair tail	0.0152±0.0032 (0.0077~0.0223)	5.2182± 0.2797 (4.5794~ 5.5113)
Alaska pollack	0.0059±0.0017 (0.0035~0.0072)	5.8607± 1.2767 (4.7394~ 7.9855)
Mackerel	0.0075±0.0010 (0.0062~0.0089)	5.5049± 0.7460 (4.6841~ 7.0062)

a All values are means of 10 determinations ± standard deviation.

b Values in parentheses indicate minimum to maximum.

反面에 石崎,⁴⁶⁾ 田中⁴⁷⁾ 등은 魚類의 조직 部位에서 檢出된 카드미움의 含量은 0.01ppm 前後였다고 報告하고 있어 本實驗 結果와 대체로 一致하는 경향을 나타냈다.

魚種別로는 조기(Yellow tailrunner)가 0.0177(0.0118~0.0276)ppm으로 가장 높게 檢出되었으며 가장 낮게 나타난 것은 동태(Alaska pollack)로 0.0059(0.0035~0.0072)ppm으로 檢出되었다.

Bebbington⁴⁹⁾ 등은 조기에서의 카드미움의 含量이 0.04(0.02~0.06)ppm으로 檢출되었다고 報告하였고 池邊⁴⁸⁾ 등은 0.01ppm 前後로 檢出되었다고 報告하고 있다.

그리고 W.H.O.⁴¹⁾에서는 一時的으로 섭취해도 좋은 카드미움의 含量을 400~500µg. Cd/week로 정하고 있으며 田中⁴⁷⁾ 등은 생선 조직(Muscle tissue)에서 카드미움의 0.04ppm정도 檢出되어도 食品 利用上 問題되는 含量은 아니라고 報告하였다.

本實驗에서 檢出된 카드미움의 含量은 전 광어(Horse mackerel), 칼치(Hair tail), 그리고 조기(Yellow tailrunner)가 0.01~0.02ppm사이에서 檢出되었고 나머지 4種의 魚類는 0.01ppm 以下에서 檢出되었으므로 食品 安全性 面에서 고려해 볼 때 現段階로서는 別로 問題視되지 않는 것으로 생각된다.

한편 조직 部位에서 檢出된 아연 含量은 4.3645~

26.8498ppm의 범위로 나타났으며 魚種別 平均 含量은 5.5049~23.8847ppm의 범위로 檢出되었다.

가장 높게 나타난 것은 양미리(Sand lance)로 23.8847(19.7143~26.8498)ppm이었고 가장 낮게 檢出된 것은 칼치(Hair tail)로 5.2182(4.5794~5.5113)ppm으로 나타났다.

그러나 Table 5에서 보는 바와 같이 양미리를 제외한 다른 여섯 種의 생선에서 檢出된 아연 含量은 4~13.52ppm의 범위로 이 값은 Giaccio^{11,12)}가 報告한 2.15~13.52ppm, Walter¹³⁾가 報告한 2.89~14.50ppm, 또 石崎,⁴⁶⁾ 田中^{47,48)} 등이 報告한 3~10ppm과 잘 一致하는 경향을 보이고 있다.

한편 양미리의 19.7143~26.8498ppm도 Australia의 NHMRC⁴⁹⁾에서 選定한 아연 濃度인 2000ppm보다 훨씬 낮은 값으로 나타났으며 Canada⁵⁰⁾의 야채류와 과일류의 아연 허용량인 50ppm 以下와 비교해보면 매우 낮은 含量으로 檢出되었다. 뿐만 아니라 Bebbington⁴⁹⁾ 등도 생선 조직에서 檢出된 아연 含量을 1.3~24.0ppm의 범위로 報告하고 있어 本實驗에서 最高値를 나타낸 양미리의 23.8847ppm도 문제시 되지 않는다고 생각된다.

田中^{47,48)} 등의 調査 結果와 本實驗 結果를 비교해보면 대체로 비슷한 경향을 보이고 있으나 고등어의 경우 田中 등은 8.01(3.28~16.00)ppm으로 報告하여 本實驗 結果가 다소 낮게 나타난 反面에 전 광어의 경우는 3.85(3.70~4.00)ppm으로 報告하므로써 本實驗 結果가 다소 높은 含量을 보였다.

部位別 카드미움의 平均 含量은 Table 6과 같다.

魚種의 部位別 카드미움의 總 平均 含量은 肝에서 0.8740ppm, 머리 부위에서는 0.0186ppm, 조직 부위에서는 0.9110ppm으로 檢出되었으며 各各의 部位間에서 有意성이 認定되었다. (F=5.8032; P<0.05)

各 생선별로도 部位間에 有意성이 認定되었다. 즉 머리 부위와 조직 부위 사이에서는 有意한 差異가 認定되지 않았으나 肝 部位와 머리·조직 부위 사이에서는 유의한 차이가 인정되었다. (P<0.01)

양미리(Sand lance)의 경우만 예외로 各各의 部位間에 高度의 有意성이 認定되었는데(F=276.00; P<0.01) 이는 다른 여섯 種類의 생선에 비해 양미리의 肝에서 檢出된 카드미움의 含量이 특히 낮았기 때문이라고 생각한다.

魚種別 카드미움의 總 含量은 0.0928~2.9034ppm의 범위로 나타났으나 各 魚種에 따른 카드미움 含量 사이에서는 有意성이 認定되지 않았다(F=1.0055; P>0.05).

Table 6. Analysis of variance of cadmium content in parts of food fishes

Classification Species	Liver (ppm)	Head (ppm)	Muscle tissue (ppm)	F value
Promfret	0.1638	<u>0.0104</u>	<u>0.0077</u>	29.2391**
Horse mackerel	2.8722	<u>0.0166</u>	<u>0.0146</u>	10991.8590**
Yellow tailrunner	0.6912	<u>0.0179</u>	<u>0.0177</u>	46642.2850**
Sand lance	0.0649	0.0193	0.0086	276.0000**
Hair tail	1.0679	<u>0.0122</u>	<u>0.0152</u>	2622.7930**
Alaska pollack	0.5632	<u>0.0183</u>	<u>0.0059</u>	68.3800**
Mackerel	0.6951	<u>0.0354</u>	<u>0.0075</u>	169.1355**
Mean	0.8740	0.0186	0.0110	—
Statistical Analysis	Species; F=1.0058 (Nonsignificant) Parts ; F=5.8052* Liver <u>Head Muscle tissue</u>			

* Signicfiant ($P < 0.05$), ** significant ($P < 0.01$), no difference between underlined treatments by Duncan's multiful range test ($P < 0.01$).

Table 7. Analysis of variance of zinc content in parts of food fishes

Classification Species	Liver (ppm)	Head (ppm)	Muscle tissue (ppm)	F value
Promfret	40.1338	33.2101	9.4500	115.9821**
Horse mackerel	42.8302	26.8820	9.8726	302.6981**
Yellow tailrunner	38.0528	15.8520	5.4937	1999.0539**
Sand lance	50.2444	38.2282	23.8847	76.5084**
Hair tail	36.2689	19.7557	5.2182	2524.1404**
Alaska pollack	<u>21.2487</u>	<u>19.7015</u>	5.8607	111.0630**
Mackerel	<u>31.8361</u>	<u>29.6727</u>	5.5049	135.1180**
Mean	37.2307	26.1860	9.3264	—
Statistical Analysis	Species; F=7.2303** Sand <u>Horse Hair</u> <u>lance promfret mackerel Mackerel tail</u> Yellow Alaska <u>tailrunner pollack</u> Parts; F=65.8341** Liver <u>Head Muscle tissue</u>			

** Significant ($P < 0.01$), no difference between underlined treatments by Duncan's multiful range test ($P < 0.01$).

이상의 결과로써 物質代謝가 일어나고 있는 肝에 카드미움이 有意하게 축적됨을 認定할 수 있었으며 이는 다른 研究者들의 結果와 一致하였다.

그러나 魚種에 따른 카드미움의 축적량의 差異는 認定되지 않았다.

部位別 아연의 平均 含量은 Table 7과 같다.

즉 肝 부위에서의 아연 함량은 37.2307ppm, 머리 부위에서는 21.1860ppm, 조직 부위에서는 9.3264ppm으로 檢出되었으며 특이하게도 양미리(Sand lance)가 각

部位別로 가장 높게 檢出되었다.

아연의 경우는 카드미움과는 달리 생선의 各各의 部位間에 高度의 有意성이 認定되었다 ($F=65.8341$; $P < 0.01$).

그러나 魚種에 따라서는 相異하여 고등어의 동태의 경우는 肝과 머리 부위 간에서는 有意한 差異를 認定할 수 없었고, 조직과 위의 두 部位間에서만 有意한 差異가 認定되었다($F=136.1180$, 111.0658 ; $P < 0.01$).

魚種別 아연의 總 含量은 46.8104~112.3573ppm의

범위로 檢出되었고 카드미움과는 달리 魚種間에서도 有意한 差異가 認定되었다($F=7.2303$; $P<0.01$).

위의 結果로써 아연도 다른 重金屬과 마찬가지로 物質代謝가 일어나는 肝에 有意하게 蓄積됨을 알 수 있었고 머리와 조직, 各各의 部位에 蓄積되는 아연 含量에도 差異가 있음을 알 수 있었다.

그러나 아연 含量에 있어서 魚種間의 有意성이 認定된 것이 種에 따른 아연의 선택적 흡수 차이에서 온 것인지, 혹은 地域性에 의한 것인지는 더 調査하여야 할 問題라고 생각한다.

IV. 要 約

魚類의 重金屬 汚染度를 알아 보기 위하여 市販되는 生鮮을 試料로 하여 간·머리·조직의 세 部位로 나누어 카드미움과 아연 含量을 原子吸光法으로 分析하여 다음과 같은 結果를 얻었다.

1. 肝에서 檢出된 카드미움과 아연의 平均 含量은 各各 0.8740ppm, 38.2307ppm으로 나타났다.

카드미움의 경우 전광어가 2.8722±0.0828ppm으로 가장 높았으며 양미리가 0.0649±0.0083ppm으로 가장 낮게 檢出되었다.

아연에 있어서는 동태가 21.2487±1.6230ppm으로 가장 낮게 檢出되었고 양미리가 50.2444±2.4929ppm으로 가장 높게 檢出되었다.

2. 머리에서 檢出된 카드미움과 아연의 平均 含量은 各各 0.0186ppm, 26.1860ppm으로 나타났다.

魚種別로는 카드미움의 경우 고등어가 0.0354±0.0086ppm으로 가장 높았으며 병어가 0.0104±0.0035ppm으로 가장 낮았고, 아연의 경우는 양미리가 38.2282±6.8840ppm으로 가장 높게 檢出되었으며 조기가 15.8520±1.2302ppm으로 가장 낮게 나타났다.

3. 조직에서 檢出된 카드미움과 아연의 平均 含量은 0.0110ppm, 9.3264ppm으로 가장 낮게 나타났다.

카드미움의 含量은 조기가 0.0177±0.0071ppm으로 가장 높게 檢出되었고 동태가 0.0059±0.0017ppm으로 가장 낮게 檢出되었다.

아연 含量은 양미리가 23.8847±2.8031ppm으로 가장 높았으며 갈치가 5.2182±0.2797ppm으로 가장 낮게 檢出되었다.

4. 카드미움의 含量에 있어서 간·머리 조직의 세 部位間에서는 有意한 차이가 認定되었으나($p<0.05$), 魚種間에서는 有意한 差異가 認定되지 않았다.

5. 아연 含量의 경우 세 部位間에서 有意한 差異가 認定되었을 뿐만 아니라($p<0.01$), 魚種間에서도 有意

한 差異가 認定되었다($p<0.001$).

參 考 文 獻

1. Kobayashi, J.: Relation between the "itai-itai" disease and the pollution of river water by cadmium from mine, *Advance in Water Pollution Research*, p.1 (1971)
2. 宋哲: 水産食品중 有容性 微量金屬에 관한 研究, *보건 장학 회보 論文集*, 4:32 (1975)
3. DeMan, J.M.: *Principle of Food Chemistry*, Topan company, p.171 (1976)
4. 李瑞來·辛孝善: 最新食品化學, 新光出版社, p.168 (1977)
5. 南賢根: 最新生化學, 新光出版社, p.377 (1977)
6. F.A.O.: The joint FAO/WHO food-contamination monitoring programme: objectives and outlines, *food and nutrition* 1(2):20 (1975)
7. 小林純, 森井あじ, 村本茂樹, 中島進: 카드미움 汚染地區住民의 尿中에 含まれる 重金屬について, *日衛誌*, 25:80 (1970)
8. 小林純, 村本茂樹, 原一惠, 中島進: 카드미움 汚染地區住民의 尿中에 量まれる 重金屬について (等二報), *日衛誌*, 26:144 (1971)
9. Chung, I.H. and Jeng, S.S.: Heavy metal pollution of Ta-Tu River, *Chemical Abstracts*, 83:105 (1975)
10. Yamazoe, Y. and Otubo, F.: Seasonal variation of cadmium content in mutugoro(*Boleophthalmus pectinirostris*) muscle, canned food and bottom mud in Arake Bay, *Chemical Abstracts* 84:330 (1976)
11. Ciusa, W. and Giaccio, M.: Trace element content in fish from the Eolian and Tremiti Islands, *Chemical Abstracts* 83:142 (1975)
12. Giaccio, M. and Ciusa, W.: Copper, zinc, cadmium, mercury, and lead content in some fish species from the Ligurian Sea, *Chemical Abstracts* 83:142 (1975)
13. Ciusa, W., D'Arrigo, V., DiDonato, F., and Santoprete, G.: Copper zinc, cadmium, mercury, and lead content in some fish species from the Sardinian Sea, *Chemical Abstracts* 83:142 (1975)
14. Hartung, R.: Heavy metals in the lower Mississippi, *Chemical Abstracts* 83:110 (1975)

15. Patin, S.A., and Morozov, N.P.: Trace element composition in ichthyofauna of the Caspian Basin, *Chemical Abstracts*, 83:114 (1975)
16. 保健社會部: 食品·添加物の規格 및 基準, 第八號, 食品工業協會(1977)
17. 高仁錫, 盧晶培, 宋哲, 權赫姬, 金吉生, 鄭國熙, 朱昌栢: 食品中有害性微量金屬에 대한 研究(第一報) 國立保健研究院報, 9:389 (1972)
18. 盧晶培, 宋哲, 金吉生, 沈漢燮, 俞炳天: 食品중有害性微量金屬에 대한 研究(第三報), 國立保健研究院報, 13:249 (1976)
20. 金明燦, 沈奇煥, 河永來: 米穀中の 重金屬 含量에 대한 研究, 韓國食品科學會誌, 10(3):299 (1978)
21. 朴鏞溜: 韓國 常用 食品중의 無機物 含量에 대한 研究, 韓國營養學會誌, 7(1):31 (1974)
22. 洪永淑, 辛正來: 穀類중의 微量元素에 관한 研究, 韓國營養學會誌, 8(1):39 (1975)
23. 吳英根, 吳秀暻, 金乙祥, 朴弘鉉: 食品중 殘留農藥에 대한 研究調查(第三報), 서울市 보건연구소보, 11:21 (1975)
24. MacLean, K.S., Byers, D.L., and Browen, M.H.: Spectrographic determination of lead in agricultural and related materials, *J.A.O.A.C.*, 50:1366 (1967)
25. Edward, F.D., and Anthony, J.M.: Atomic absorption analysis of copper and lead in meat and meat products, *J.A.O.A.C.* 52(5):1035 (1969)
26. Raymond, J.G. and Damon, L.: Determination of lead in fish by atomic absorption spectrophotometry method, *J.A.O.C.* 55(4): 727 (1972)
27. Benzamin, K. and Vincent, F.; Collaborative study of an atomic absorption method for the determination of lead and cadmium extracted from glazed ceramic surface, *J.A.O.A.C* 56(4): 869 (1973)
28. Richard, A.B., and Charles, J.K.; Determination of low levels of cadmium in food using a chelating in exchange resin, *J.A.O.A.C.*, 57(1): 14 (1974)
29. Walter, H.; Determination of heavy metals in food by anodic stripping voltammetry after sample decomposition with sodium and potassium nitrate fusion, *J.A.O.A.C* 58(4):777 (1975)
30. Iwao, O., James, A.W., and Robert, E.W.: Flameless atomic absorption spectroscopic determination of heavy metals in whole fish samples, *J.A.O.A.C* 61(3):664 (1978)
31. 土屋 健三郎: 重金屬 中毒學における 問題點, 日公衛誌, 22(1):3 (1974)
32. 札用紀子, 用瀬 晃: 原子吸光法による茶葉中の銅と亞鉛の 定量, 分析化學, 27:353 (1978)
33. 石野二三枝, 松前 久子, 紫田實一, 有賀那加夫, 五島文韶: 原子吸光分析法による骨中に銅, カドミウム及び亞鉛の定量, 分析化學, 27:232 (1978)
34. 三島 昌夫: 原子吸光による血中重金屬の分析, 分析機器 15(1):31 (1977)
35. 堤京一, 小泉英夫, 吉川誠次: 溶媒抽出による原子吸光法のための各種食品の乾式灰化方法, 分析化學 25:155 (1975)
36. 失野郎子, 小高 伸介, 武井秀一, 長島弘三: 環境試料中の微量重金屬の定量, 分析化學, 27:T-25 (1978)
37. 松本 裕之, 常松 潔, 白石 忠雄: 原子吸光分析による亞鉛の定量存らびに人血清亞鉛定量への應用, *Japan analyst*, 17:203 (1968)
38. Gordon, K.P., Dennis, R.N., and Ray, W.: Determination of lead in fish by furnace atomic absorption, *Analytical Chemistry*, 44(13):2248 (1972)
39. Roach, A.G., Sanderson, P., and William, D.R.: Determination of trace elements of copper, zinc, and magnesium in animal feeds by atomic absorption spectrophotometry, *Analyst*, 93:42 (1968)
40. Müller, F.: Cadmium enrichment in Neckarfish, *Naturwissenschaften*, 60(5):258 (1973)
41. Weiser, M., Lottermoser, A., Weingarten, H., and Krocza, W.E.: Determination of cadmium in fish from carinthian lakes, *Wien. Tierärztl.* 62: 214 (1975)
42. Webb, M.: Binding of cadmium ions by rat liver and kidney, *Biochem. Pharmacol.*, 21: 2767 (1972)
43. Webb, M.: Protection by zinc against cadmium toxicity, *Biochem. Pharmacol.*, 21:2767 (1972)
44. Lagerwerff, J.V. and Biersdorf, G.T.: Interaction of zinc with up take and translocation of cadmium in radish, *Chemical Abstracts*. 83:111 (1975)
45. Mackay, N.J.: Selenium and heavy metals in black marlin, *Mar. Pollut. Bull.*, 6(4):57 (1975)
46. 石崎 有信, 福島 國昭, 坂元 倫子: 日衛誌, 25, 207 (1970)

47. 田中 之雄, 池邊 克彦, 田中涼一, 國團信治: 食品中重金属の含有量について(第三報), 魚介類中の重金属の含有量, 食衛誌, 15(5):390 (1974)
48. 池邊 克彦, 田中之雄, 田中涼一, 國田信治: 食品中重金属の含有量について(第六報), 魚介類おるび獸島肉類の重金属の含有量, 食衛誌, 18(1):(1977)
49. Bebbington, G.N., Mackay, N.J., Chvořka, R., Williams, R.J., Dumn, A., and Auty, E.H.: Heavy metals, selenium and arsenic in nine species of Austrilan Commercial fish, Aust, J. Mar. Freshwater Res., 28:277 (1977)
50. 齊藤態谷: 食品衛生研究, 共立出版社, p. 62 (1970)