

食米中重金屬(鎘、汞、鉛)含量調查

許哲綸¹ 高雅敏¹ 許惠美² 蔡永盛³ 賴麗紅⁴ 林國平⁵
周秀冠⁶ 鄭守訓⁷ 徐錦豐⁸ 施養志¹

¹研究檢驗組 ²台南市衛生局 ³雲林縣衛生局 ⁴南投縣政府衛生局 ⁵基隆市衛生局
⁶中區管理中心 ⁷南區管理中心 ⁸北區管理中心

摘 要

為瞭解臺灣地區生產之食米中重金屬(鎘、汞、鉛)含量之現況，於民國98年5月至10月間，由各縣市衛生局至其轄區，包括台北縣、桃園縣、新竹縣、基隆市、宜蘭縣、花蓮縣、台東縣、苗栗縣、台中縣、彰化縣、南投縣、雲林縣、嘉義縣(市)、台南縣、高雄縣、屏東縣等之碾米廠抽樣一、二期作之食米檢體，分別為77件及84件，共161件，由本局與衛生局(基隆市、南投縣、台南市及雲林縣)依據行政院衛生署公告方法執行檢驗。檢測結果，鎘含量總平均值為0.04 ppm (未檢出~0.37 ppm)，汞含量總平均值為0.002 ppm (未檢出~0.01 ppm)，鉛含量總平均值為0.02 ppm (未檢出~0.16 ppm)。其中第一期作食米檢體，鎘之平均含量為0.04 ppm (未檢出~0.17 ppm)，汞之平均含量為0.002 ppm (未檢出~0.007 ppm)，鉛之平均含量為0.02 ppm (未檢出~0.16 ppm)；第二期作食米檢體，鎘之平均含量為0.04 ppm (未檢出~0.37 ppm)，汞之平均含量為0.001 ppm (未檢出~0.01 ppm)，鉛之平均含量為0.02 ppm (未檢出~0.14 ppm)。161件食米檢驗之鎘、汞及鉛含量檢驗結果均未超出行政院衛生署公告之『食米重金屬限量標準』(鎘0.4 ppm、汞0.05 ppm及鉛0.2 ppm)。

關鍵詞：食米、重金屬、鎘、汞、鉛

前 言

重金屬對健康可能造成的影響各有不同，視金屬的特性和進入人體的途徑。存在於環境中的金屬經過各種途徑進入體內，例如，水中的金屬有時經飲用水直接被攝取，有時經水中生物再以食物被攝取；土壤中的金屬經植物吸收後再經牧草、蔬菜、穀物進入生物體內；大氣中的金屬多經呼吸道進入生物體內，但有時由間接污染的水及食品，再經口進入體內⁽¹⁾。鎘、汞、鉛為非必需金屬元素，主要經食物攝取途徑進入人體，由穀類及水攝入之鉛量約佔人體鉛攝入量之35%，鉛之來源為作物生長於含鉛量高之土壤、施用含鉛農藥、肥料或空氣中含鉛微粒沉降於作物表

面；人體攝入之汞大部份來自取食水產類食物，而田間作物含汞量極低⁽²⁾；鎘含量較高之食物有海藻、貝類，其次為穀類^(3,4)。

一、鎘之毒性

鎘會導致骨質軟化及變形，易引起骨折，國際癌症研究總署 (International Agency for Research on Cancer, IARC)將鎘及其化合物列為人體致癌物(Group 1)⁽⁵⁾。長期暴露於鎘，它會累積於人體器官，尤其是腎臟，要經數年才發現其不良作用，而腎臟一旦受到傷害便無法復原⁽⁶⁾。日本富山縣神通川流域發生的鎘中毒之「痛痛病(Itai-Itai disease)」，起因為礦山排出之廢水中含鎘，流入河川再累積於食米及魚貝類，農民食入這

些被污染食品而中毒⁽⁷⁾，其中毒機制為長期攝食微量之鎘引起尿細管之損害而妨礙鈣的再吸收，導致骨中鈣質之流失。此病的症狀為骨質軟化(osteomalacia)及腎功能不正常產生蛋白尿症(proteinuria)⁽⁶⁾，致全身多處骨折疼痛不已，最後死亡。如果大量攝食鎘所引起的急性中毒症狀有嘔吐、頭暈、腹瀉以及虛脫等現象⁽⁷⁾。

二、汞之毒性

汞為有毒化學物質，尤其是有機汞，對神經構成損害。汞化合物對有機體的影響取決於被吸收後蓄積於體內的汞化合物的物種和含量。金屬汞揮發性強，吸入後，很容易到達肺中，在肺內被吸收、氧化。汞化合物又可分無機離子型和有機汞；無機汞經口攝取由腸道吸收，大部分會和血漿蛋白結合，蓄積在腎臟，另一部分向神經組織遷移，影響神經系統。有機汞經口攝取後，尤其是低級烷基汞容易通過血腦屏障，侵入腦，造成中樞神經系統障礙。一般而言，汞急性中毒時可引起腹痛、嘔吐、循環障礙、貧血、神經障礙(巴金氏震顫)等。慢性中毒則會導致口腔炎、神經障礙、骨障礙及顎骨骨髓炎等。1958年於日本水俣灣及1965年於日本新潟縣阿賀野河流域皆發生汞中毒之「水俣症(Minamata disease)」⁽⁸⁾。因此美國食品藥物管理局(Food and Drug Administration, FDA)及聯合國糧農組織(Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO)均將汞列為對生物體最具威脅性的重金屬污染元素^(1,6,7)。

三、鉛之毒性

鉛會傷害神經系統、腎臟及生殖系統，IARC將鉛化合物及無機鉛列為人體極有可能致癌物(Group 2)⁽⁵⁾。鉛對人具有嚴重的毒害，對兒童的毒害更甚，因為鉛對神經系統有很強的親和力，兒童的神經系統在發育期，更容易受到損害。鉛也可通過胎盤屏障影響到胎兒的發育，引起早產、流產、畸形等⁽⁹⁾。鉛之毒性主要會阻礙合成紅血素有關之 δ -胺基乙醯丙酸脫氫酵素(delta-

aminolevulinic acid dehydrogenase, ALAD)之作用⁽¹⁰⁾。急性的高血鉛會造成腎臟近端腎小管的病變，雖然是可以回復，但長期暴露，有可能變成慢性，且為不可逆的破壞。鉛導致的腎臟病可能造成尿酸的排泄受阻而容易產生痛風。除此之外，對於有鉛暴露又有高血壓的人必須特別注意，因為鉛會使高血壓更嚴重⁽¹¹⁾。鉛所引起的毒性症狀有三個階段：第一個階段，稱為無症狀階段，微量的鉛造成的初期毒性症狀為貧血，鉛會減少紅血球壽命和血紅素的合成。第二階段的毒性症狀會出現明顯的貧血，同時會有中樞神經系統的不協調，更嚴重的情況為心神不寧、頭痛、記憶力喪失等。第三階段的症狀包括嚴重的腎臟傷害、全身痙攣、昏迷、甚至死亡⁽⁹⁾。

鉛、汞及鎘於美國毒性物質及疾病登記署(The Agency for Toxic Substances and Disease Registry, ATSDR)之前20名危險物質中(2005年)分別排名第二、第三及第八⁽¹²⁾，相對顯示出其對健康危害之影響性。

比較不同作物中重金屬含量與土壤中重金屬含量之比，發現以米類吸收重金屬較多⁽¹³⁾，蔬果類次之；重金屬中又以鎘易為作物所吸收，且鎘對作物之毒性低，對人類及動物之毒性高⁽¹⁴⁾。目前我國訂有『食米重金屬限量標準』(鎘0.4 ppm、汞0.05 ppm及鉛0.2 ppm)⁽¹⁵⁾，台灣以米為主食，從食米中攝取到多少重金屬係由食米攝取量及其重金屬含量而定，對於食米中重金屬鎘、汞、鉛含量進行檢測，除了解其是否符合行政院衛生署公告限量標準外，並可據以計算國人每日經由米所攝入之鎘、汞、鉛總量，與聯合國糧農組織與世界衛生組織食品標準法典委員會(Joint FAO/WHO Food Standards Programmed, Codex Alimentarius Commission)建議鎘、汞、鉛之暫定每週容許攝取量(Provisional Tolerable Weekly Intake, PTWI)⁽²²⁻²⁴⁾作比較，以作健康風險之評估。為保障國民食之安全，本局自85年度開始進行食米中重金屬含量之調查，98年度仍持續進行監測，以評估其對國人健康之影響，並作為行政管理及衛生標準修訂之參考。

材料與方法

一、檢體來源與分工

為求樣品之普遍性，本計畫委請17個縣市衛生局至其轄區碾米廠抽樣，包括台北縣、桃園縣、新竹縣、基隆市、宜蘭縣、花蓮縣、台東縣、苗栗縣、台中縣、彰化縣、南投縣、雲林縣、嘉義縣(市)、台南縣、高雄縣及屏東縣。各衛生局依所規劃月份至轄區內所屬碾米廠抽檢98年度第一、二期稻作之食米檢體，分別為77件及84件，共計161件(如表一)。

食米檢體經採樣、分裝後，連同樣品編號、品牌、碾米廠商名稱等抽驗紀錄表送至本局，暫存於冷藏室中。至分析工作開始時，將樣品以粉碎機研磨均勻，並分樣送至衛生局(基隆市、南投縣、台南市及雲林縣)及北中南管理中心，依據行政院衛生署公告方法予以檢測。

表一、市售食米抽驗分配表

區域	縣市別	第一期作	第二期作
		件數	件數
北部地區	基隆市	1	1
	臺北縣	2	2
	桃園縣	4	4
	新竹縣	6	6
東部地區	宜蘭縣	0	6
	花蓮縣	6	6
	台東縣	4	4
中部地區	苗栗縣	4	4
	台中縣	7	7
	彰化縣	7	7
	南投縣	2	2
	雲林縣	7	7
南部地區	嘉義市	3	3
	嘉義縣	5	5
	台南縣	5	5
	高雄縣	10	10
	屏東縣	4	5
合計		77	84

二、裝置

- (一)茲曼石墨爐式原子吸收光譜儀(Zeeman Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrophotometer)：Perkin Elmer 4110ZL, U.S.A.。
- (二)汞螢光光譜儀(Mercury Atomic Fluorescence Spectrometer)：Merlin PSA 10.023, PS Analytical, U.K.。
- (三)粉碎器：Retsch ZM 100, Germany。
- (四)加熱板：Schott SLK2, Germany。
- (五)高溫灰化爐：Type 48000 Programmable Furnace, Barnstead/Thermolyne Corporation, U.S.A.。
- (六)聚焦式微波消化器(Focused Microwave Digester)：Prolabo Microdigest 301, France。

三、器具

坩堝、微波消化管、漏斗、容量瓶、吸量管等玻璃器具均為派勒斯(Pyrex)材質，使用前以洗劑刷洗，經清水洗滌後，浸於硝酸：水(1/1, v/v)溶液中放置過夜，取出後將附著之硝酸以去離子水清洗，乾燥備用。

四、試藥

硫酸、硝酸、鹽酸、過氧化氫、高錳酸鉀、尿素及氰化亞錫均採試藥特級，購自德國Merck公司(Darmstadt, Germany)。鎘標準品(1000 mg/L)、汞標準品(1000 mg/L)、鉛標準品(1000 mg/L)為Certified Pure級，購自德國Merck公司。標準參考物質SRM 1568a rice flour及1515 apple leaves均購自美國National Institute of Standards and Technology (NIST, U.S.A.)。

五、標準溶液之配製

- (一)鎘標準溶液：精確量取鎘標準品(1000 mg/L) 1 mL，以0.05 N硝酸溶液定容至100 mL，作為標準原液。使用時再以0.05 N硝酸溶液稀釋成0.1、0.5、1、2及3 $\mu\text{g/L}$ ，供作標準溶液。

(二)汞標準溶液：精確量取汞標準品(1000 mg/L)1 mL，以0.05 N硝酸溶液定容至100 mL，作為標準原液。使用時再以0.05 N硝酸溶液稀釋成0.05、0.1、0.2、0.3、0.4及0.5 $\mu\text{g/L}$ ，供作標準溶液。

(三)鉛標準溶液：精確量取鉛標準品(1000 mg/L)1 mL，以0.05 N硝酸溶液定容至100 mL，作為標準原液。使用時再以0.05 N硝酸溶液稀釋成10、20、30、40及50 $\mu\text{g/L}$ ，供作標準溶液。

六、檢液之調製及定量

檢體分別依據行政院衛生署公告「食品中重金屬檢驗方法－鎘之檢驗(二)」⁽¹⁶⁾、「食品中重金屬檢驗方法－鉛之檢驗(二)」⁽¹⁷⁾及「食品中重金屬檢驗方法－汞之檢驗(二)」⁽¹⁸⁾調製檢液，再以茲曼石墨爐式原子吸收光譜儀檢測鎘、鉛含量，另以汞螢光光譜儀檢測汞含量。

七、標準參考物質分析

於每批次檢體分析時分別進行鎘、汞及鉛之標準參考物質分析。鎘以SRM 1568a rice flour作為標準參考物質，精確稱取5 g，汞及鉛以SRM 1515 apple leaves作為標準參考物質，分別精確稱取1 g，再分別依公告檢驗方法調製檢液，再以茲曼石墨爐式原子吸收光譜儀分析鎘及鉛含量，以汞螢光光譜儀分析汞含量，最後計算出標準參考物質之回收率，回收率須在80~120%之間。

八、品質管制分析

每批次檢體於分析鎘含量時，分別進行空白分析、重複分析及標準參考物質分析。

結果與討論

一、標準參考物質分析

標準參考物質SRM 1568a rice flour鎘之檢測結果為 $0.020 \pm 0.002 \text{ mg/kg}$ ，其鎘標示值為 $0.022 \pm 0.002 \text{ mg/kg}$ ，回收率為 $90.8 \pm 5.5\%$ 。標準參考物質SRM 1515 apple leaves汞之檢測結果為 $0.047 \pm 0.003 \text{ mg/kg}$ ，其汞標示值為 $0.044 \pm 0.004 \text{ mg/kg}$ ，回收率為 $106.4 \pm 6.7\%$ ；鉛之檢測結果為 $0.418 \pm 0.058 \text{ mg/kg}$ ，其鉛標示值為 $0.470 \pm 0.024 \text{ mg/kg}$ ，回收率為 $88.9 \pm 1.2\%$ (如表二)。標準參考物質之鎘、汞及鉛回收率皆在80~120%之間。

二、品質管制分析

每批次食米(少於10個樣品)檢驗鎘時，至少作一次空白分析、重複分析及標準參考物質分析。品質管制圖之管制值依本局品保分冊中之規定計算，計算其平均值及標準偏差(SD)，平均值加3 SD為管制上值(upper control limit, UCL)，平均值加2 SD為警告上值(upper warning limit, UWL)，平均值減2 SD為警告下值(lower warning limit, LWL)，平均值減3 SD為管制下值(lower control limit, LCL)。以鎘之分析結果為例，空白分析值均於管制上下值(-0.30~0.22 ppb)之內(如圖一)，重複分析均於管制上值(12.4%)以下(如圖二)，標準參考物質回收率均於管制值上下值(74~107%)之內(如圖三)，顯示食米中鎘分析之品質管制良好。

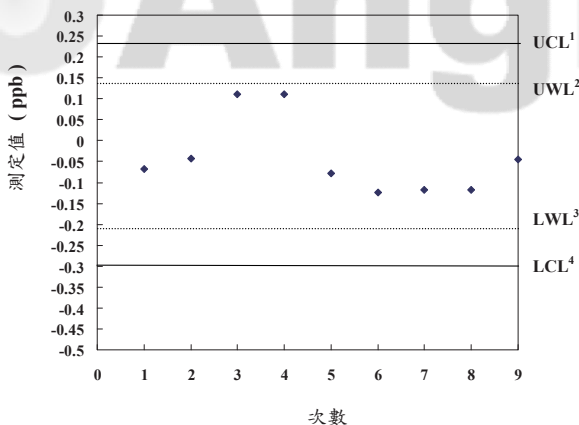
三、調查計畫檢驗結果

第一期作食米檢體共計77件，其鎘、汞、鉛含量如表三所示，鎘之平均含量為0.04 ppm (未檢

表二、標準參考物質之分析結果

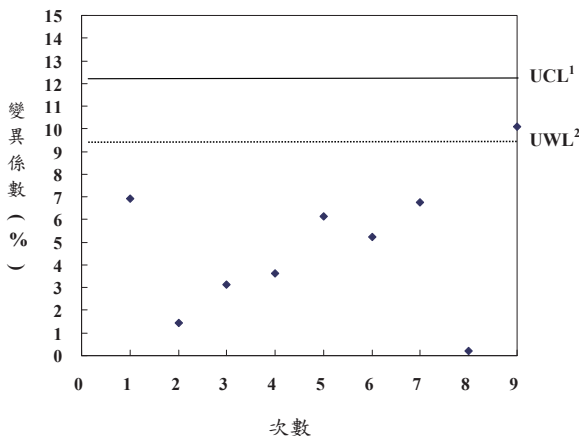
分析元素	標準參考物質	標示值 (mg/kg)	檢測值 (mg/kg)	回收率 (%)
鎘	SRM 1568a (Rice flour)	$0.022 \pm 0.002^*$	0.020 ± 0.002	90.8 ± 5.5
汞	SRM 1515 (Apple leaves)	0.044 ± 0.004	0.047 ± 0.003	106.4 ± 6.7
鉛	SRM 1515 (Apple leaves)	0.470 ± 0.024	0.418 ± 0.058	88.9 ± 1.2

*平均值 \pm 標準偏差



圖一、鎘之空白分析管制圖

- ¹ 平均值加 3 SD 為管制上值 (upper control limit, UCL)
- ² 平均值加 2 SD 為警告上值 (upper warning limit, UWL)
- ³ 平均值減 2 SD 為警告下值 (lower warning limit, LWL)
- ⁴ 平均值減 3 SD 為管制下值 (lower control limit, LCL)

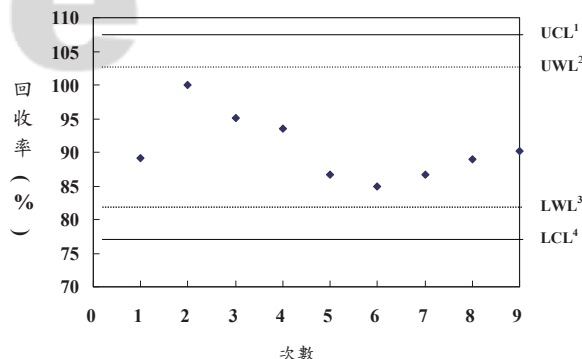


圖二、食米檢體中鎘之重複分析管制圖

- ¹ 平均值加 3 SD 為管制上值 (upper control limit, UCL)
- ² 平均值加 2 SD 為警告上值 (upper warning limit, UWL)

出~0.17 ppm)，汞之平均含量為0.002 ppm (未檢出~0.007 ppm)，鉛之平均含量為0.02 ppm (未檢出~0.16 ppm)。

第二期作食米檢體共計84件，其鎘、汞、鉛含量如表四所示，鎘之平均含量為0.04 ppm (未檢出~0.37 ppm)，汞之平均含量為0.001 ppm (未檢出~0.01 ppm)，鉛之平均含量為0.02 ppm (未檢出~0.14 ppm)。



圖三、鎘標準參考物質管制圖

- ¹ 平均值加 3 SD 為管制上值 (upper control limit, UCL)
- ² 平均值加 2 SD 為警告上值 (upper warning limit, UWL)
- ³ 平均值減 2 SD 為警告下值 (lower warning limit, LWL)
- ⁴ 平均值減 3 SD 為管制下值 (lower control limit, LCL)

綜觀第一、二期作食米檢體中，鎘含量之件數百分率分布均以0.01~0.05 ppm範圍者最多，分別為52件及37件，各佔67.5%及44.0%；而汞含量之件數百分率分布均以0.001 ppm以下最多，分別為28件及34件，各佔36.4%及40.5%；至於鉛含量之件數百分率分布，均以0.01 ppm以下最多，分別為31件及67件，各佔46.8%及36.9% (如圖四~六)。

由全台17個縣市抽驗之161件食米檢體中，鎘含量總平均值為0.04 ppm (未檢出~0.37 ppm)，汞含量總平均值為0.002 ppm (未檢出~0.01 ppm)，鉛含量總平均值為0.02 ppm (未檢出~0.16 ppm) (如表五)。其中鎘之最高值為0.37 ppm；汞之最高值為0.01 ppm；鉛之最高值為0.16 ppm。檢驗結果，161件食米檢體之鎘、汞及鉛含量均未超出行政院衛生署公告之『食米重金屬限量標準』(鎘0.4 ppm、汞0.05 ppm及鉛0.2 ppm)⁽¹⁵⁾。

四、歷年食米中重金屬含量檢驗結果比較

為監控食米中重金屬含量，全台碾米廠食米抽驗計畫自85年度起已執行13個年度(85-89及91-99年度)，經比較歷年食米中重金屬檢驗結果，汞的平均含量並無極大差異(0.002~0.004 ppm)，最高含量為0.02 ppm；鉛的平均含量亦

食米中重金屬(鎘、汞、鉛)含量調查

表三、各縣市第一期作食米中鎘、汞、鉛含量

地區	件數	鎘(ppm)	汞(ppm)	鉛(ppm)
基隆市	1	0.06 (0.06)*	N.D.** (N.D.)	0.01 (0.01)
台北縣	2	0.04 (0.03、0.05)	0.0003 (N.D.、0.0005)	0.002 (0.002、0.002)
桃園縣	4	0.03 (0.01~0.06)	0.001 (N.D.~0.003)	0.002 (N.D.~0.01)
新竹縣	6	0.09 (0.01~0.17)	0.0006 (N.D.~0.002)	0.01 (N.D.~0.06)
花蓮縣	6	0.03 (0.01~0.06)	0.0008 (N.D.~0.003)	0.005 (N.D.~0.02)
台東縣	4	0.02 (0.007~0.04)	0.003 (N.D.~0.006)	0.03 (N.D.~0.01)
苗栗縣	4	0.03 (0.01~0.06)	0.002 (N.D.~0.004)	0.06 (0.02~0.13)
台中縣	7	0.04 (0.01~0.13)	0.003 (0.0005~0.004)	0.02 (0.01~0.05)
彰化縣	7	0.04 (0.002~0.11)	0.003 (0.002~0.007)	0.04 (0.01~0.16)
南投縣	2	0.09 (0.08、0.1)	0.003 (0.003、0.003)	0.08 (0.07、0.09)
雲林縣	7	0.03 (N.D.~0.07)	0.002 (0.001~0.002)	0.06 (N.D.~0.09)
嘉義市	3	0.02 (0.02~0.03)	0.003 (0.001~0.005)	0.07 (N.D.~0.02)
嘉義縣	5	0.03 (0.005~0.05)	0.002 (N.D.~0.007)	0.003 (N.D.~0.01)
台南縣	5	0.02 (0.005~0.03)	0.002 (N.D.~0.003)	0.006 (N.D.~0.06)
高雄縣	10	0.06 (0.04~0.07)	0.002 (N.D.~0.005)	0.008(N.D.~0.04)
屏東縣	4	0.03 (0.02~0.04)	N.D. (N.D.)	0.001 (N.D.~0.003)
合計	77	0.04 (N.D.~0.17)	0.002 (N.D.~0.007)	0.02 (N.D.~0.16)

*平均值(含量範圍)

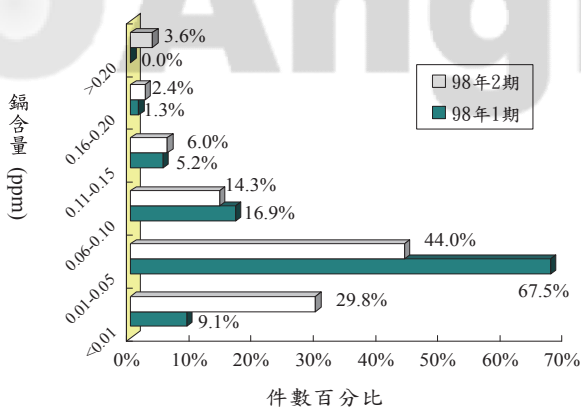
** N.D.: 未檢出。鎘之檢出限量為0.002 ppm；汞之檢出限量為0.0005 ppm；鉛之檢出限量為0.002 ppm

表四、各縣市第二期作食米中鎘、汞、鉛含量

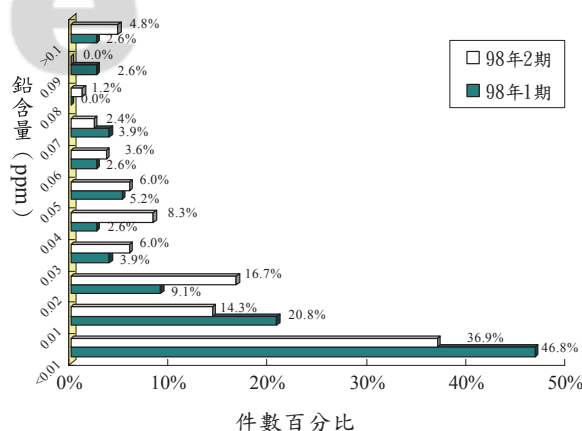
地區	件數	鎘(ppm)	汞(ppm)	鉛(ppm)
基隆市	1	0.02 (0.02) *	0.004 (0.004)	0.01 (0.01)
台北縣	2	0.04 (0.03、0.04)	0.003 (0.003、0.003)	0.03 (0.02、0.04)
桃園縣	4	0.04 (0.01~0.08)	0.003 (0.003~0.004)	0.03 (0.01~0.05)
新竹縣	6	0.08 (0.05~0.12)	0.004 (0.003~0.006)	0.04 (N.D.**~0.08)
宜蘭縣	6	0.23 (0.13~0.37)	0.005 (0.003~0.007)	0.07 (0.03~0.14)
花蓮縣	6	0.02 (0.01~0.04)	0.004 (0.003~0.01)	0.05 (0.03~0.07)
台東縣	4	0.003 (N.D.~0.01)	0.001 (N.D.~0.003)	0.005 (N.D.~0.02)
苗栗縣	4	0.02 (N.D.~0.04)	0.0004 (N.D.~0.001)	0.007 (0.002~0.02)
台中縣	7	0.08 (0.009~0.14)	0.001 (N.D.~0.002)	0.02 (0.002~0.03)
彰化縣	7	0.05 (0.01~0.14)	0.001 (N.D.~0.003)	0.02 (0.004~0.1)
南投縣	2	0.08 (0.07、0.08)	0.003 (0.003、0.003)	0.05 (0.002、0.1)
雲林縣	7	0.002 (N.D.~0.08)	0.0007 ((N.D.~0.002)	0.01 (0.006~0.04)
嘉義市	3	N.D.	N.D.	0.003 (0.02~0.01)
嘉義縣	5	0.006 (N.D. ~ 0.02)	0.0008 (N.D.~0.004)	0.02 (N.D.~0.04)
台南縣	5	0.006 (N.D.~0.02)	0.0004 (N.D.~0.001)	0.006 (N.D.~0.02)
高雄縣	10	0.007 (N.D.~0.02)	0.0005 (N.D.~0.002)	0.01 (N.D.~0.04)
屏東縣	5	N.D.	0.0002 (N.D.~0.001)	N.D.
合計	84	0.04 (N.D.~0.37)	0.001 (N.D.~0.01)	0.02 (N.D.~0.14)

*平均值(含量範圍)

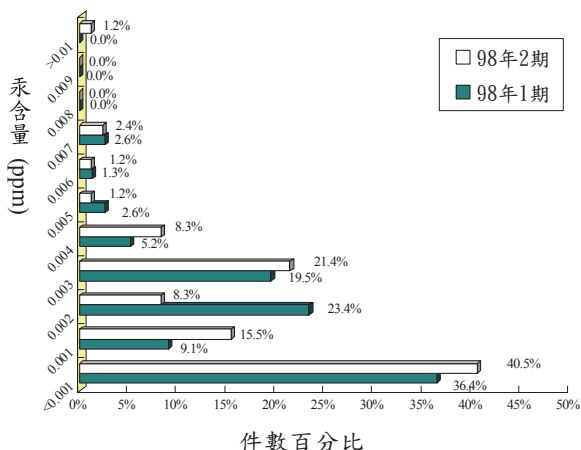
** N.D.: 未檢出。鎘之檢出限量為0.002 ppm；汞之檢出限量為0.0005 ppm；鉛之檢出限量為0.002 ppm



圖四、食米檢體中鎘含量之件數百分率分布圖



圖六、食米檢體中鉛含量之件數百分率分布圖



圖五、食米檢體中汞含量之件數百分率分布圖

無極大差異(0.02~0.04 ppm)，最高含量為0.29 ppm；鎘的平均含量亦無極大差異(0.04~0.06 ppm)，最高含量為0.38 ppm (如表六)。

五、國外文獻調查結果

根據文獻報告⁽²⁾，世界各地所產白米中鎘之平均含量，美國及澳洲均低於0.01 ppm；印尼、韓國、泰國、馬來西亞、菲律賓、法國、義大利及西班牙之鎘平均含量0.02~0.04 ppm；日本為0.06 ppm。台灣歷年食米鎘含量調查(85至98年度)，其平均含量為0.04~0.06 ppm，僅次於日本。Kawada及Suzuki指出日本民眾腎臟鎘含量為全世界最高，其次為以米為主食之民族如泰國、香港、台灣⁽¹⁹⁾。其亦指出1970年日本民眾食米攝

取量為261 g/day，1994年攝取量降到182 g/day，每日鎘攝入量也從35-50 $\mu\text{g/day}$ 成比例降至30 $\mu\text{g/day}$ ，即經由食米攝取量之減少而降低鎘之危害風險。

Zhang等學者⁽²⁰⁾收集世界17個國家自1990至1995年食米中鉛的含量(如表七)，澳洲、日本、韓國、泰國、馬來西亞、越南、哥倫比亞、芬蘭、義大利及美國食米中鉛平均含量均低於0.01 ppm，台灣、中國、加拿大及法國食米中鉛平均含量為0.01~0.03 ppm，印尼及菲律賓分別為0.039及0.038 ppm，西班牙食米中鉛平均含量最高，為0.058 ppm。台灣歷年食米鉛含量調查(86至98年度)，其平均含量為0.02~0.04 ppm，最高平均含量僅次於西班牙，但是仍遠低於我國食米鉛限量標準(0.2 ppm以下)。

Lee等學者⁽²¹⁾調查韓國民眾從日常飲食中攝入重金屬的風險，結果發現煮熟的米飯中汞含量為0.002 ppm，每週攝入量為3.231 $\mu\text{g/week}$ ，以韓國人平均體重55公斤換算，民眾從食米中攝入汞的量佔聯合國糧農組織與世界衛生組織建議暫定每週容許攝取量(PTWI)的3.7%。台灣歷年食米中的汞含量調查(85至98年度)，其平均含量為0.002~0.004 ppm，以98年度米中汞含量之總平均值0.002 ppm來計算，男性從食米中攝入汞的量佔PTWI的3.1%，女性為1.9%，均較韓國低。

六、危害風險評估

食米中重金屬(鎘、汞、鉛)含量調查

表五、各縣市全年食米中鎘、汞、鉛含量

地區	件數	鎘(ppm)	汞(ppm)	鉛(ppm)
基隆市	2	0.04 (0.02、0.06) *	0.002 (N.D.**、0.004)	0.01 (0.01、0.01)
台北縣	4	0.04 (0.03~0.05)	0.002 (N.D.~0.003)	0.02 (0.002~0.04)
桃園縣	8	0.03 (0.01~0.08)	0.002 (N.D.~0.004)	0.02 (N.D.~0.05)
新竹縣	12	0.08 (0.01~0.17)	0.002 (N.D.~0.006)	0.03 (N.D.~0.08)
宜蘭縣	6	0.23 (0.13~0.37)	0.005 (0.003~0.007)	0.07 (0.03~0.14)
花蓮縣	12	0.03 (0.01~0.06)	0.003 (N.D.~0.01)	0.03 (N.D.~0.07)
台東縣	8	0.01 (N.D.~0.04)	0.002 (N.D.~0.006)	0.04 (N.D.~0.02)
苗栗縣	8	0.03 (N.D.~0.06)	0.001 (N.D.~0.004)	0.03 (0.002~0.13)
台中縣	14	0.06 (0.009~0.14)	0.002 (N.D.~0.004)	0.02 (0.002~0.05)
彰化縣	14	0.04 (0.002~0.14)	0.002 (N.D.~0.007)	0.03 (0.004~0.16)
南投縣	4	0.08 (0.07~0.1)	0.003 (0.003~0.003)	0.07 (0.002~0.1)
雲林縣	14	0.03 (N.D.~0.08)	0.001 (N.D.~0.002)	0.04 (N.D.~0.09)
嘉義市	6	0.01 (N.D.~0.03)	0.002 (N.D.~0.005)	0.005 (N.D.~0.02)
嘉義縣	10	0.02 (N.D.~0.05)	0.002 (N.D.~0.007)	0.009 (N.D.~0.04)
台南縣	10	0.01 (N.D.~0.03)	0.001 (N.D.~0.003)	0.06 (N.D.~0.02)
高雄縣	20	0.02 (N.D.~0.07)	0.001 (N.D.~0.005)	0.01 (N.D.~0.04)
屏東縣	9	0.01 (N.D.~0.04)	0.0001 (N.D.~0.001)	0.0006 (N.D.~0.003)
合計	161	0.04 (N.D.~0.37)	0.002 (N.D.~0.01)	0.02 (N.D.~0.16)

*平均值(含量範圍)

** N.D.: 未檢出。鎘之檢出限量為0.002 ppm；汞之檢出限量為0.0005 ppm；鉛之檢出限量為0.002 ppm

表六、歷年食米中鎘、汞、鉛含量之調查結果

年度	件數	鎘含量(ppm)	汞含量(ppm)	鉛含量(ppm)
85	200	0.05* (N.D.***~0.26)**	0.002 (N.D.~0.012)	-
86	200	-	-	0.04 (N.D.~0.16)
87	200	0.06 (N.D.~0.26)	0.004 (N.D.~0.010)	-
88	91	0.04 (N.D.~0.10)	0.003 (N.D.~0.009)	-
89	134	0.05 (N.D.~0.21)	0.003 (N.D.~0.008)	-
91	146	0.06 (N.D.~0.38)	0.003 (N.D.~0.020)	0.02 (N.D.~0.29)
92	166	0.05 (N.D.~0.28)	0.003 (N.D.~0.009)	0.03 (N.D.~0.15)
93	159	0.04 (N.D.~0.24)	0.002 (N.D.~0.008)	0.03 (N.D.~0.11)
94	149	0.05 (N.D.~0.18)	0.003 (N.D.~0.011)	0.03 (N.D.~0.10)
95	159	0.05 (N.D.~0.16)	0.002 (N.D.~0.008)	0.02 (N.D.~0.06)
96	163	0.04 (0.002~0.26)	0.002 (N.D.~0.012)	0.03 (N.D.~0.11)
97	161	0.05 (N.D.~0.12)	0.002 (N.D.~0.011)	0.03 (N.D.~0.09)
98	161	0.04 (N.D.~0.37)	0.002 (N.D.~0.01)	0.02 (N.D.~0.16)

* 平均值

** 含量範圍

*** N.D.: 未檢出

表七、世界各國食米中鉛含量之比較

地區	國家	鉛含量(ppm)	件數
亞洲地區			
1	澳洲	0.002	8
2	中國	0.022	215
3	台灣	0.011	104
4	印尼	0.039	24
5	日本	0.005	788
6	韓國	0.008	172
7	泰國	0.009	13
8	馬來西亞	0.009	97
9	菲律賓	0.038	26
10	越南	0.007	1
其他地區			
11	加拿大	0.011	4
12	哥倫比亞	0.008	22
13	芬蘭	0.002	2
14	法國	0.027	5
15	義大利	0.007	15
16	西班牙	0.058	3
17	美國	0.003	29

聯合國糧農組織與世界衛生組織(FAO/WHO)建議鎘之暫定每週容許攝取量(PTWI)為7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ⁽²²⁾，以國人之平均體重60 kg換算，每人每週容許攝取量為420 μg ；汞之PTWI為1.6 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ⁽²³⁾，換算每人每週容許攝取量為96 μg ；鉛之PTWI為25 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ，換算每人每週容許攝取量為1500 μg ⁽²⁴⁾。我國以米為主食，成年男性食米攝取量每天約210 g，成年女性約129 g⁽²⁵⁾，以98年度食米中鎘含量之總平均值0.04 ppm來計算，男性從食米中攝入鎘的量佔每週PTWI的14.0%，女性為8.6%，每日至少約需食用1.5公斤，才會達到鎘的PTWI上限值；汞以總平均值0.002 ppm來計算，男性從食米中攝入汞的量佔PTWI的3.1%，女性為1.9%，每日至少約需食用6.9公斤，才會達到汞的PTWI上限值；鉛以總平均值0.02 ppm來計算，男性從食米中攝入鉛的量佔PTWI的2.0%，女性為1.2%，每日至少約需食用10.7公斤，才會達到鉛的PTWI

表八、國人食米中重金屬攝入量與PTWI之比較

參數項目	鎘	汞	鉛
食米中平均濃度(ppm)	0.04	0.002	0.02
重金屬攝入量*($\mu\text{g}/\text{week}$)	男性	58.8	2.9
	女性	36.1	1.8
攝入量佔PTWI **(%)	男性	14.0	3.1
	女性	8.6	1.9

* 依據行政院衛生署國民營養現況1993~1996國民營養健康狀況變遷調查結果(修訂版)，男性每天食米攝取量為210 g，女性為129 g。

** PTWI: FAO/WHO Provisional Tolerable Weekly Intake 暫定每週容許攝取量(以每人60 kg計算)：鎘420 μg ，汞96 μg ，鉛1500 μg 。

上限值(如表八)。

七、結論

由本調查結果顯示，國內碾米廠所生產的食米中重金屬含量均與規定相符，國人經由食米攝入之重金屬並無健康危害的顧慮。基於重金屬具累積性，必須大量且長期攝入才会有危害的特性，因此建議消費者在選購食米時，最好選擇信譽良好的廠商，以及有CAS優良產品標誌且包裝標示完整者，以確保食的安全。

為落實稻米來源及生產過程的管控，以期能保障食米安全，維護民眾健康，衛生、環保及農政單位將持續監測管理。98年度之檢驗結果，可作為食米重金屬監視之參考依據，並提供行政管理及衛生標準修訂之參考。

參考文獻

1. 王有忠。1989。食品安全。p.116-130。華香園出版社。
2. 林浩潭、翁素慎、李國欽。2002。食品中重金屬含量及管制標準。行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所。
3. Kikuchi, Y., Nomiyama, T., Kumagai, N., Uemura, T. and Omae, K. 2002. Cadmium concentration in current Japanese foods and beverages. Journal of Occupational Health 44: 240-247.
4. Food and Environmental Hygiene Department,

- the Government of the Hong Kong Special Administrative Region. 2003. Dietary exposure to heavy metals of secondary school students. [<http://www.fehd.gov.hk/safefood/report/heavymetal/hmDietaryExposureFull.pdf>].
5. International Agency of Research on Cancer. 2008. Agents reviewed by the IARC monographs. [<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/PDFs/index.php>].
 6. 顏國欽。1997。食品安全學。p.25-26，p.118-119。藝軒圖書出版社。
 7. Woodwell G. M. 1967. Toxic substances and ecological cycles Sci. American 216(3): 24-31.
 8. 原田正純著。謝旺全譯。1985。水俣症：日本工廠廢水所引發的公害病例。行政院衛生署環境保護局。
 9. 鍾崇燊、柯捷男。2002。可怕的鉛污染。科學發展，357: 52-55。
 10. 陳石松、鄭秋真、周薰修。1998。以石墨爐式原子吸收光譜儀直接測量酒中鉛、銅及鎘方法之探討。中國農業化學會誌，36(4): 333-343。
 11. 林意凡、王榮德。2003。鉛危害之防治。環境及職業醫學專欄。 [<http://omih.mc.ntu.edu.tw/creod/iosh/articles/Pb.htm>].
 12. U.S. ATSDR. Top 20 hazardous substances. [<http://www.atsdr.cdc.gov/cxex3.html>].
 13. Codex Alimentarius Commission: Discussion paper on cadmium. [http://ftp.fao.org/codex/ccfac31/fa99_21e.pdf].
 14. 李國欽、林浩潭。1996。農地污染及其防治。農業藥物毒物試驗所專題報導，43: 12-13。
 15. 行政院衛生署。2007。食米重金屬限量標準。96.08.29衛署食字第0960406206號公告。
 16. 行政院衛生署。2003。食品中重金屬檢驗方法－鎘之檢驗(二)。92.04.04署授食字第0929206232號公告。
 17. 行政院衛生署。2003。食品中重金屬檢驗方法－鉛之檢驗(二)。92.12.23署授食字第0929227157號公告。
 18. 行政院衛生署。2004。食品中重金屬檢驗方法－汞之檢驗(二)。93.01.08署授食字第0939300138號公告。
 19. Kawada, T. and Suzuki, S. 1998. A review on the cadmium content of rice, daily cadmium intake and accumulation in the kidney. Journal of Occupational Health 40: 264-269.
 20. Zhang, Z. W., Moon, C. S., Watanabe, T., Shimbo, S. and Ikeda, M. 1996. Lead content of rice collected from various areas in the world. The Science of the Total Environment 191: 169-175.
 21. Lee, H. S., Cho, Y. H., Park, S. O., Hye, S. H., Kim, B. H., Hahm, T. H., Kim, M., Lee, J. O. and Kim, C. I. 2006. Dietary exposure of the Korean population to arsenic, cadmium, lead and mercury. Journal of Food Composition and Analysis 19: 31-37.
 22. Nordic Council of Ministers. 2003. Cadmium Review 4: 16. [http://www.who.int/ifcs/documents/forums/forum5/nmr_cadmium.pdf].
 23. UN Committee recommends new dietary intake limits for mercury. [<http://www.who.int/mediacentre/news/notes/2003/np20/en/>].
 24. Nordic Council of Ministers. 2003. Lead Review. 4: 17. [http://www.who.int/ifcs/documents/forums/forum5/nmr_lead.pdf].
 25. 行政院衛生署。1999。國民營養現況：1993~1996國民營養健康狀況變遷調查結果(修訂版)。

The Investigation on Heavy Metals (Cadmium, Mercury and Lead) in Rice

CHE-LUN HSU¹, YA-MIN KAO¹, HUI-MEI HSU², YUNG-SHENG TSAI³,
LAI LI HONG⁴, QUO PING LIN⁵, HSIU-KUAN CHOU⁶, SHOU-HSUN CHENG⁷,
JIIN-FUNG SHYU⁸ AND DANIEL YANG-CHIH SHIH⁹

¹Division of Research and Analysis ²Tainan City Public Health Bureau ³Yunlin County Public Health Bureau

⁴Nantou County Public Health Bureau ⁵Keelung City Public Health Bureau

⁶Central Center for Regional Administration ⁷Southern Center for Regional Administration

⁸Northern Center for Regional Administration ⁹Center for Science and Technology

ABSTRACT

In order to investigate the contents of heavy metals (cadmium, mercury and lead) in rice in Taiwan, rice samples from the rice millers were collected from March to October, 2009. Seventy-seven samples of the first crop rice and 84 samples of the second crop were analyzed. The results showed that the total average content of cadmium, mercury and lead in rice were 0.04 ppm (N.D.~0.37 ppm), 0.002 ppm (N.D.~0.01 ppm) and 0.02 ppm (N.D.~0.16 ppm), respectively. The average contents of cadmium, mercury and lead for the first crop rice were 0.04 ppm (N.D.~0.17 ppm), 0.002 ppm (N.D.~0.007 ppm) and 0.02 ppm (N.D.~0.16 ppm), respectively. The average contents of cadmium, mercury and lead for the second crop rice were 0.04 ppm (N.D.~0.37 ppm), 0.001 ppm (N.D.~0.01 ppm) and 0.02 ppm (N.D.~0.14 ppm), respectively. All rice samples have shown for good safety and under control. The contents of cadmium, mercury and lead in rice were all in compliance with the regulation set by the Department of Health, Executive Yuan.

Key words: rice, heavy metals, cadmium, mercury, lead