

食米中重金屬(鎘、汞、鉛)含量調查

施如佳¹ 林麗美² 許惠美³ 傅淑英⁴ 周秀冠⁵ 鄭守訓⁶ 徐錦豐¹
黃明坤¹ 潘志寬¹

¹北區管理中心 ²南投縣政府衛生局 ³台南市衛生局 ⁴基隆市衛生局
⁵中區管理中心 ⁶南區管理中心

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99年4至10月間，由各縣市衛生局至其轄區，包括桃園縣、新竹縣、宜蘭縣、花蓮縣、台東縣、苗栗縣、台中縣、彰化縣、南投縣、雲林縣、嘉義市(縣)、台南縣、高雄縣及屏東縣等碾米廠抽樣一、二期作之食米檢體，分別為76及85件，共計161件，由本局與協力衛生局(基隆市、南投縣、台南市)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-0.18 ppm)，汞含量總平均值為0.004 ppm (未檢出-0.013 ppm)，鉛含量總平均值為0.02 ppm (未檢出-0.09 ppm)。其中第一期作食米檢體，鎘之平均含量為0.04 ppm (0.01-0.13 ppm)，汞之平均含量為0.004 ppm (未檢出-0.013 ppm)，鉛之平均含量為0.02 ppm (未檢出-0.09 ppm)；第二期作食米檢體，鎘之平均含量為0.04 ppm (未檢出-0.18 ppm)，汞之平均含量為0.005 ppm (未檢出-0.013 ppm)，鉛之平均含量為0.02 ppm (未檢出-0.07 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

稻米(*Oryza sativa* L.)為全球一半以上人口之主要糧食⁽¹⁾，尤其亞洲地區開發中國家人民的日常飲食所獲得的能量，70%源自於米食⁽²⁾。稻米的基質複雜，其組成為碳水化合物、蛋白質、脂肪、纖維以及維生素、礦物質等重要的營養成分。但是，稻米可能因含微量潛在性有毒元素(potentially toxic elements)⁽¹⁾，而影響人體健康安全，最著名的案例是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⁽³⁾，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)及腎功能不正常導致蛋白尿症(proteinuria)⁽⁴⁾，進而全身多處骨折疼痛不已，最後死亡。

環境中潛在性有毒元素(例如鎘、汞、鉛等金屬元素)濃度增加的趨勢已成為全世界關注的焦點⁽⁵⁾。因為社會經濟活動的發展，源自於工業和農業所產生之潛在性有毒元素隨著污染的土壤、輻射散流的廢水及污穢的空氣被農作物吸收而進入作物組織中⁽⁶⁾。有毒金屬元素不僅降低作物的生長情形，也會影響整個食物鏈的品質及安全⁽⁵⁾。持續攝食一段長時期低劑量的有毒金屬元素，可能導致人體的器官出現障礙或慢性症狀。作物其餘部位如殼(hull)、稻草(straw)及根(root)，部分

會回歸於土壤，部分被當成動物飼料，而這種情形也可能是攝食被污染的食物，導致有毒金屬元素進入人體的另一途徑⁽⁷⁾。

台灣以米食為主，從其攝取到多少金屬元素係由食米攝取量及其金屬含量而定。為避免人民因食米攝入過多的潛在性有毒金屬元素，目前我國對於食米的衛生規範訂有『食米重金屬限量標準』(鎘0.4 ppm、汞0.05 ppm及鉛0.2 ppm)⁽⁸⁾，鎘金屬元素不僅危害人類的腎臟和骨頭，也會嚴重影響女性生殖系統⁽⁹⁾；汞金屬，尤其是有機型式的甲基汞(methylmercury)，主要作用在中樞神經系統，文獻記載日本及伊拉克曾爆發甲基汞中毒事件，倖存受害者的後代子孫出現智力缺陷、腦性麻痺、啞疾等症狀⁽¹⁰⁾；鉛則會危害人體的神經及血液系統⁽¹¹⁾。此三項金屬元素(鉛、汞及鎘)在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(2009年)排行分別位居第二、第三及第七⁽¹²⁾，顯示出其對健康危害之重要性。

本局自85年度開始進行食米中重金屬含量之調查，至99年度仍持續監控食米中重金屬鎘、汞、鉛之含量。除了解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，並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)⁽¹⁹⁻²¹⁾比較，以進行健康風險之評估，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15個縣市衛生局至其轄區碾米廠抽樣，包括桃園縣、新竹縣、宜蘭縣、花蓮縣、台東縣、苗栗縣、台中縣、彰化縣、南投縣、雲林縣、嘉義市(縣)、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99年度第一、二期稻作之食米檢體，分別為76及85件，共計161件(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，並分樣送至協力衛生局(基隆市、南投縣、台南市)及北、中、南區管理中心，依據行政院衛生署公告方法予以檢測。

表一、市售食米各縣市抽驗件數

區域	縣市別	第一期作	第二期作
北部地區	桃園縣	5	5
	新竹縣	4	4
	宜蘭縣	0	10
東部地區	花蓮縣	8	8
	台東縣	5	5
	苗栗縣	4	4
中部地區	台中縣	7	7
	彰化縣	7	7
	南投縣	2	2
南部地區	雲林縣	7	7
	嘉義市	3	3
	嘉義縣	5	5
	台南縣	5	5
	高雄縣	8	8
	屏東縣	6	5
合計		76	85

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, USA。
- (二)汞螢光光譜儀(Mercury Atomic Fluorescence Spectrometer)：Merlin PSA 10.023, PS Analytical, UK。
- (三)粉碎機：Retsch ZM 100, Germany。
- (四)加熱板：Schott SLK2, Germany。
- (五)高溫灰化爐：Type 48000 Programmable Furnace, Barnstead/Thermolyne Corporation,

USA。

(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、尿素及氯化亞錫均採試藥特級，購自德國Merck公司(Darmstadt)。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)。

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)」⁽¹³⁾、「食品中重金屬檢驗方法—鉛之檢驗(二)」⁽¹⁴⁾及「食品中重金屬檢驗方法—汞之檢驗(二)」⁽¹⁵⁾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

每批次檢體分析時同時進行鎘、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及5 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

每批次檢體須於分析鎘含量時，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

稱取標準參考物質(SRM 1568a rice flour)依公告檢驗方法調製後檢測，鎘之檢測結果為 $0.021 \pm 0.001 \text{ mg/kg}$ ，其標示值為 $0.022 \pm 0.002 \text{ mg/kg}$ ，回收率為 $99.2 \pm 10.0\%$ 。標準參考物質(SRM 1515 apple leaves)檢測汞之結果為 $0.039 \pm 0.005 \text{ mg/kg}$ ，其標示值為 $0.044 \pm 0.004 \text{ mg/kg}$ ，回收率為 $89.7 \pm 10.5\%$ ；檢測鉛之結果為 $0.438 \pm 0.053 \text{ mg/kg}$ ，其標示值為 $0.470 \pm 0.024 \text{ mg/kg}$ ，回收率為 $93.2 \pm 11.2\%$ (如表二)。標準參考物質之鎘、汞及鉛回收率皆在80-120%之間。

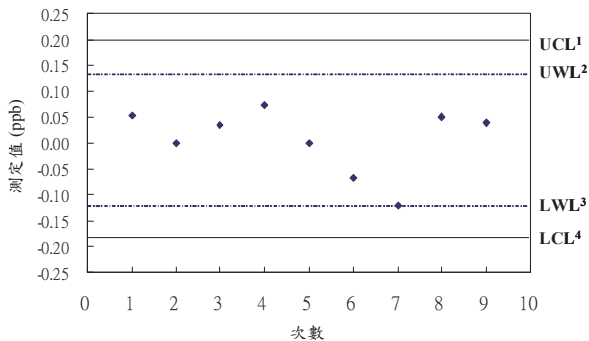
二、品質管制分析

每批次(樣品數須小於10)食米檢驗鎘時，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之規定，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)。以鎘之分析結果為範例，空白分析值均於管制上下值(-0.18至0.20 ppb)之內(圖一)，重複分析均於管制上值(6.1%)以下(圖二)，標準參考物質回收率均於管制值上下值(75-110%)之內(圖三)，顯示整個計畫執行過程，鎘分析之品質管制良好。

表二、標準參考物質之分析結果

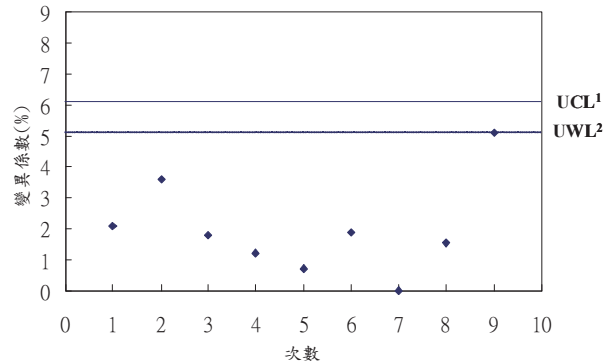
元素	標準參考物質	標示值 (mg/kg)	檢測值 (mg/kg)	回收率 (%)
鎘	SRM 1568a (Rice flour)	0.022 ± 0.002*	0.021 ± 0.001	99.2 ± 10.0
	SRM 1515 (Apple leaves)	0.044 ± 0.004	0.039 ± 0.005	89.7 ± 10.5
鉛	SRM 1516 (Apple leaves)	0.470 ± 0.024	0.438 ± 0.053	93.2 ± 11.2

*平均值±標準偏差



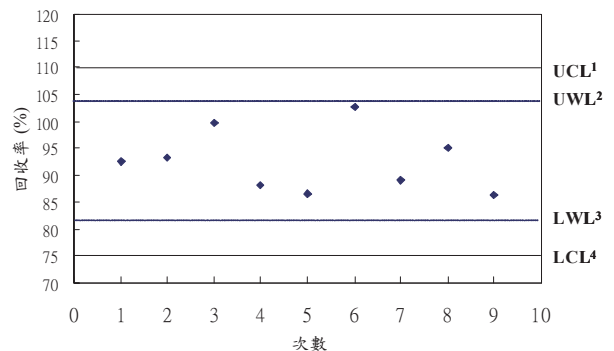
圖一、鎘之空白分析管制圖

- 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)



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)

三、調查計畫檢驗結果

第一期作食米檢體共計76件，其鎘、汞、鉛含量如表三所示，鎘之平均含量為0.04 ppm (0.01-0.13 ppm)，汞之平均含量為0.004 ppm (未檢出-0.013 ppm)，鉛之平均含量為0.02 ppm (未檢

出-0.09 ppm)。

第二期作食米檢體共計85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-0.18 ppm)，汞之平均含量為0.005 ppm (未檢出-0.013 ppm)，鉛之平均含量為0.02 ppm (未檢出-0.07 ppm)。

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61及65件，各佔80.3及76.5%；而汞含量之件數百分率分布以第一期的0.003 ppm及第二期的0.002 ppm最多，分別為18及16件，各佔23.4及18.8%；至於鉛含量之件數百分率分布，以第一期的0.02 ppm及第二期0.01 ppm最多，分別為30及27件，各佔39.5及31.8% (圖四至六)。

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-0.18 ppm)，汞含量總平均值為0.004 ppm (未檢出-0.013 ppm)，鉛含量總平均值為0.02 ppm (未檢出-0.09 ppm) (表五)。其中鎘之最高檢測值為0.18 ppm；汞之最高檢測值為0.013 ppm；鉛之最高檢測值為0.09 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)⁽⁸⁾。

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年度迄今已執行14年(85-89及91-99年度)，經與歷年食米中重金屬檢驗結果比較(如表六)，鎘、汞、鉛的平均含量並無極大差異，分別為0.04-0.06 ppm、0.002-0.004 ppm、0.02-0.04 ppm；99年度鎘、汞、鉛的最高檢測值0.18、0.013及0.07 ppm均低於91年度之鎘、汞、鉛的最高檢測0.38、0.020及0.29 ppm。

五、國外文獻調查結果

Fu等學者⁽¹⁶⁾分析比較產自中國浙江省台州

(Taizhou)廢棄電器電子回收區附近的稻米金屬元素含量，同時也分析市售白米作為參考對照，結果台州米之鎘、鉛平均含量為0.125 及0.690 µg/g，均較市售白米之鎘、鉛平均含量0.017及0.334 µg/g為高。台州米與市售米的汞平均含量較為相近，分別為0.0197及0.0284 µg/g。不論是台州米或市售米其重金屬平均含量均較99年度台灣生產之市售食米鎘、汞、鉛平均含量調查結果0.04、0.004及0.02 ppm 為高。

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)
桃園縣	5	0.06 (0.03-0.08)*	0.001 (N.D.**-0.001)	0.02 (0.01-0.02)
新竹縣	4	0.09 (0.07-0.13)	N.D. (N.D.)	0.01 (0.01-0.02)
花蓮縣	8	0.03 (0.01-0.08)	0.002 (N.D.-0.002)	0.03 (0.01-0.08)
台東縣	5	0.04 (0.02-0.05)	0.005 (0.001-0.013)	0.02 (N.D.-0.04)
苗栗縣	4	0.04 (0.03-0.05)	0.003 (0.002-0.003)	0.02 (0.02-0.03)
台中縣	7	0.05 (0.03-0.07)	0.004 (0.002-0.006)	0.02 (0.02-0.03)
彰化縣	7	0.03 (0.02-0.05)	0.003 (0.002-0.005)	0.02 (0.01-0.03)
南投縣	2	0.06 (0.06)	0.008 (0.007-0.009)	0.03 (0.02-0.03)
雲林縣	7	0.02 (0.01-0.04)	0.003 (0.002-0.005)	0.02 (0.02-0.03)
嘉義市	3	0.06 (0.03-0.12)	0.004 (0.002-0.007)	0.03 (0.01-0.05)
嘉義縣	5	0.03 (0.02-0.04)	0.004 (0.002-0.005)	0.04 (0.01-0.09)
台南縣	5	0.02 (0.02-0.03)	0.003 (0.002-0.004)	0.02 (N.D.-0.03)
高雄縣	8	0.04 (0.01-0.07)	0.005 (0.001-0.013)	0.04 (N.D.-0.07)
屏東縣	6	0.02 (0.01-0.05)	0.002 (0.001-0.003)	0.01 (0.01-0.03)
合計	76	0.04 (0.01-0.13)	0.004 (N.D.-0.013)	0.02 (N.D.-0.09)

*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

Qian等學者⁽¹⁾分析2005-2008年中國大陸市售712件食米檢體之重金屬含量，鎘含量平均值為0.05 mg/kg (< 0.001-0.74 mg/kg)，汞含量總平均值為0.0058 mg/kg (< 0.00002-0.031 mg/kg)，鉛含量總平均值為0.062 mg/kg (< 0.005-0.4 mg/kg)，均較99年度之鎘、汞、鉛含量總平均值0.04 ppm (未檢出-0.18 ppm)、0.004 ppm (未檢出-0.013 ppm)、0.02 ppm (未檢出-0.07 ppm)及同時期(94-97

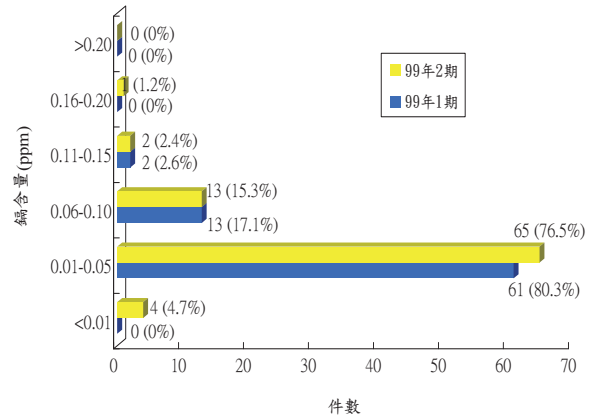
表四、各縣市第二期作食米中鎘、汞、鉛含量

地區	件數	鎘(ppm)	汞(ppm)	鉛(ppm)
新竹縣	4	0.07 (0.02-0.12)*	0.003 (0.003-0.004)	0.03 (0.01-0.07)
宜蘭縣	10	0.06 (N.D.**-0.18)	0.004 (0.002-0.006)	0.02 (0.01-0.04)
花蓮縣	8	0.02 (N.D.-0.03)	0.003 (0.002-0.004)	0.02 (0.003-0.04)
台東縣	5	0.02 (0.01-0.03)	0.007 (0.005-0.009)	0.03 (N.D.-0.05)
苗栗縣	4	0.04 (0.01-0.06)	0.002 (0.001-0.002)	0.01 (0.01-0.02)
台中縣	7	0.05 (0.01-0.08)	0.002 (0.001-0.006)	0.02 (0.01-0.05)
彰化縣	7	0.03 (0.01-0.04)	0.001 (0.001-0.002)	0.02 (0.01-0.06)
南投縣	2	0.08 (0.07-0.09)	0.004 (0.002-0.005)	0.02 (0.02)
雲林縣	7	0.02 (0.01-0.03)	0.002 (N.D.-0.003)	0.02 (0.01-0.06)
嘉義市	3	0.02 (0.01-0.02)	0.006 (0.007-0.010)	0.03 (0.03-0.04)
嘉義縣	5	0.02 (0.01-0.03)	0.009 (0.005-0.012)	0.03 (N.D.-0.04)
台南縣	5	0.02 (0.02)	0.007 (0.003-0.011)	0.04 (0.03-0.07)
高雄縣	8	0.03 (0.01-0.07)	0.007 (0.002-0.013)	0.03 (0.01-0.05)
屏東縣	5	0.04 (0.02-0.05)	0.008 (0.006-0.009)	0.03 (0.02-0.04)
合計	85	0.04 (N.D.-0.18)	0.005 (N.D.-0.013)	0.02 (N.D.-0.07)

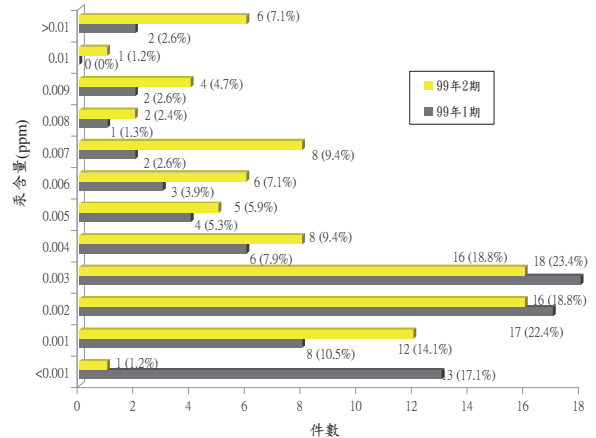
*平均值(含量範圍)

**N.D.:未檢出

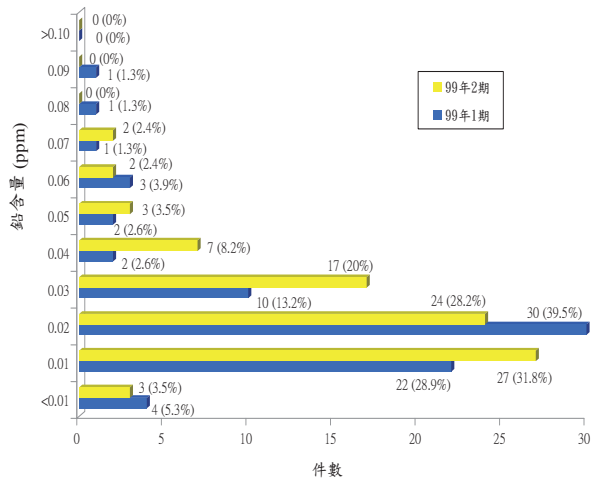
鎘之檢出限量為0.002 ppm；汞之檢出限量為0.0005 ppm；鉛之檢出限量為0.002 ppm



圖四、食米檢體中鎘含量之件數分布情形



圖五、食米檢體中汞含量之件數分布情形



圖六、食米檢體中鉛含量之件數分布情形

年)鎘、汞、鉛之總平均值0.05 ppm (未檢出-0.26 ppm)、0.002 ppm (未檢出-0.012 ppm)、0.03 ppm (未檢出-0.11 ppm) (表六)為高。由此顯示，台灣地區生產製之食米中重金屬含量較低。

Yap⁽¹⁷⁾等學者檢驗分析馬來西亞東部沙巴Kota Marudu地區所生長之稻米，不同部位其重金屬含量的分布情形，結果顯示25件稻米檢體米、殼、

葉、莖、根部之鎘平均含量分別為 0.180 ± 0.028 、 0.183 ± 0.022 、 0.203 ± 0.023 、 0.239 ± 0.386 、 0.190 ± 0.028 mg/kg，稻米各部位之鎘含量差異性不大。Yap等學者亦同時分析該區25件土壤樣品，發現鎘平均含量為 0.776 ± 0.139 mg/kg，約為植物體含量的3.5倍。Jarvis⁽¹⁸⁾等學者曾指出鎘金屬元素對植物或動物雖無益處，卻容易被植物體吸收，並且分布至各不同部位組織。由以上結果可知環境中重金屬元素可能被植物體吸收後分布至各部位組織，藉著食物鏈被人類或動物攝食而蓄積，長期將造成生理的障礙或病變。為避免

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)
桃園縣	10	0.05 (0.01-0.08)*	0.002 (N.D.**-0.005)	0.02 (0.01-0.02)
新竹縣	8	0.08 (0.02-0.13)	0.003 (N.D.-0.004)	0.02 (0.01-0.07)
宜蘭縣	10	0.06 (N.D.-0.18)	0.004 (0.002-0.006)	0.02 (0.01-0.04)
花蓮縣	16	0.02 (N.D.-0.08)	0.003 (N.D.-0.004)	0.02 (0.003-0.08)
台東縣	10	0.03 (0.01-0.05)	0.006 (0.001-0.013)	0.02 (N.D.-0.05)
苗栗縣	8	0.04 (0.01-0.06)	0.002 (0.001-0.003)	0.02 (0.01-0.03)
台中縣	14	0.05 (0.01-0.08)	0.003 (0.001-0.006)	0.02 (0.01-0.05)
彰化縣	14	0.03 (0.01-0.05)	0.002 (0.001-0.005)	0.02 (0.01-0.06)
南投縣	4	0.07 (0.06-0.09)	0.006 (0.002-0.009)	0.02 (0.02-0.03)
雲林縣	14	0.02 (0.01-0.04)	0.002 (N.D.-0.005)	0.02 (0.01-0.06)
嘉義市	6	0.04 (0.01-0.12)	0.005 (0.002-0.010)	0.03 (0.01-0.05)
嘉義縣	10	0.03 (0.01-0.04)	0.006 (0.002-0.012)	0.03 (N.D.-0.09)
台南縣	10	0.02 (0.02-0.03)	0.005 (0.002-0.011)	0.03 (N.D.-0.07)
高雄縣	16	0.04 (0.01-0.07)	0.006 (0.001-0.013)	0.03 (N.D.-0.07)
屏東縣	11	0.03 (0.01-0.05)	0.005 (0.001-0.009)	0.02 (0.01-0.04)
合計	161	0.04 (N.D.-0.18)	0.004 (N.D.-0.013)	0.02 (N.D.-0.09)

*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	件數	鎘(ppm)	汞(ppm)	鉛(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.-0.010)	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.-0.010)	0.02 (N.D.-0.16)
99	161	0.04 (N.D.-0.18)	0.004 (N.D.-0.013)	0.02 (N.D.-0.09)

*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

國人食用高重金屬含量之食米，除了環境污染防治外，未來仍須持續監測，以保障消費者健康。

六、風險危害評估

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 µg/kg⁽¹⁹⁾，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 µg/kg⁽²⁰⁾，換算每人每週容許攝取量為96 µg；鉛之PTWI為25 µg/kg，換算每人每週容許攝取量為1500 µg⁽²¹⁾。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⁽²²⁾，0.04 ppm (未檢出-0.18 ppm)、0.004 ppm (未檢出-0.013 ppm)、0.02 ppm (未檢出-0.07 ppm)，以99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0.004 ppm來計算，男性從食米中攝入汞的量佔PTWI的6.1%，女性為3.8%，每日至少約需食用3.4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上限值(表七)。

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、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。99年度之檢驗結果可提供行政管理及衛生標準修訂之參考。

表七、世界各國食米中鉛含量之比較

參數項目	性別	鎘	汞	鉛
食米中平均濃度(ppm)		0.04	0.004	0.02
重金屬攝入量 *(µg/week)	男	58.8	5.9	29.4
	女	36.1	3.6	18.1
攝入量佔 PTWI**%	男	14.0	6.1	2.0
	女	8.6	3.8	1.2

*根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 proviscnal 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

誌 謝

本計畫特別感謝本中心同仁張相儀協助資料收集及數據彙整統計；各區執行檢驗同仁，中區陳瑤瓊、王依婷、郭曉文；南區蘇秀琴、陳惠章、許正忠、邱再預、蔡美麗、曾淑萍；東部辦公室胡仲勳、陳銘在、許元馨；協力衛生局張靜芳、吳玲玲、林美秀等共同合作，謹誌謝忱。

參考文獻

1. Qian, Y., Chen, C., Zhang, Q., Li, Y., Chen, Z. and Li, M. 2010. Concentrations of cadmium, lead, mercury and arsenic in Chinese market milled rice and associated population health risk. *Food Control* 21: 1757-1763.
2. Phuong, T., Van Chuong, P., Tong Khiem, D. and Kokot, S. 1999. Elemental content of Vietnamese rice part 1: sampling, analysis and comparison with previous studies. *Analyst* 124: 553-560.
3. Woodwell, G. M. 1967. Toxic substances and ecological cycles. *Sci. Am.* 216(3): 24-31.
4. 顏國欽。1997。食品安全學。P.25-26，p.118-119。藝軒圖書出版社。台北市。
5. Hang, X., Wang, H., Zhou, J., Ma, C., Du, C. and Chen, X. 2009. Risk assessment of potentially toxic element pollution in soils and rice (*Oryza sativa*) in a typical area of the Yangtze River Delta. *Environ. Pollut.* 157: 2542-2549.

6. Chary, N. S., Kamala, C. T., and Raj, D. S. 2008. Assessing risk of heavy metals from consuming food grown on sewage irrigated soils and food chain transfer. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 69: 513-524.
7. Huang, S. S., Liao, Q. L., Hua, M., Wu, X. M., Bi, K. S., Yan, C. Y., Chen, B. and Zhang, X. Y. 2007. Survey of heavy metal pollution and assessment of agricultural soil in Yangzhong district, Jiangsu Province, China. *Chemosphere* 67(11): 2148-2155.
8. 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。
9. Peralta-Videa, J. R., Lopez, M. L., Narayan, M., Saupé, G. and Gardea-Torresdey, J. 2009. The biochemistry of environmental heavy metal uptake by plants: implications for the food chain. *Int. J. Biochem. Cell Biol.* 41:1665-1677.
10. Guzzi, G. P. and La Porta, C. A. M. 2008. Molecular mechanisms triggered by mercury. *Toxicology* 244: 1-12.
11. Nobuntou, W., Parkpian, P., Oanh, N. T., Noomhorm, A., Delaune, R. D. and Jugsujinda, A. 2010. Lead distribution and its potential risk to the environment: lesson learned from environmental monitoring of abandon mine. *J. Environ. Sci. Health A* 45: 1702-1714.
12. US ATSDR. 2009. 2007 CERCLA priority list of hazardous substances. [<http://www.atsdr.cdc.gov/cercla/supportdocs/appendix-d.pdf>].
13. 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。
14. 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。
15. 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。
16. Fu, J., Zhou, Q., Liu, J., Liu W. Wang, T., Zhang, Q. and Jiang, G. 2008. High levels of heavy metals in rice (*Oryza sativa* L.) from a typical E-waste recycling area in southeast China and its potential risk to human health. *Chemosphere* 71: 1269-1275.
17. Yap, D. W., Adezrian, J., Khairiah, J., Ismail B. S. and Ahmad-Mahir, R. 2009. The uptake of heavy metals by paddy plants (*Oryza sativa*) in Kota Marudu, Sabah, Malaysia. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.* 6(1): 16-19.
18. Jarvis, S. C., Jones, L. P. H. and Hopper, M. J. 1976. Cadmium uptake from solutions by plants and its transport from roots to shoots. *Plant Soil* 44: 179-191.
19. Nordic Council of Ministers. 2003. Cadmium review. [http://www.who.int/ifcs/documents/forums/forum5/nmr_cadmium.pdf].
20. World Health Organization. 2003. UN Committee recommends new dietary intake limits for mercury [<http://www.who.int/mediacentre/news/notes/2003/np20/en/>].
21. Nordic Council of Ministers. 2003. Lead review. [http://www.who.int/ifcs/documents/forums/forum5/nmr_lead.pdf].
22. 行政院衛生署。1999。國民營養現況：1993～1996國民營養健康狀況遷調查結果(修訂版)。

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

RU-CHIA SHIH¹, LI-MEI LIN², HUI- MEI HUS³, SHU-YING FU⁴, HSIU-KUAN CHOU⁵,
SHOU-HSUN CHENG⁶, JIIN-FUNG SHYU¹, MING-KUN HUANG¹ AND
JYH-QUAN PAN¹

¹ Northern Center for Regional Administration ²Tainan City Public Health Bureau ³Nantou County Public Health Bureau ⁴Keelung City Public Health Bureau ⁵Central Center for Regional Administration ⁶Southern Center for Regional Administration

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 April to October, 2010. Seventy-six samples of the first crop rice and 85 samples of the second crop were analyzed. The results showed that the total average contents of cadmium, mercury and lead in rice were 0.04 ppm (N.D.-0.18 ppm), 0.004 ppm (N.D.-0.013 ppm) and 0.02 ppm (N.D.-0.09 ppm), respectively. The average contents of cadmium, mercury and lead for the first crop rice were 0.04 ppm (0.01-0.13 ppm), 0.004 ppm (N.D.-0.013 ppm) and 0.02 ppm (N.D.-0.09 ppm), respectively. The average contents of cadmium, mercury and lead for the second crop rice were 0.04 ppm (N.D.-0.18 ppm), 0.005 ppm (N.D.-0.013 ppm) and 0.02 ppm (N.D.-0.07 ppm), respectively. All rice samples have shown good safety and are 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