

本省酪農場之生乳、牧草、飼料及飲水之鉛、 鎘與銅含量檢測

鄭秀蓮* 李新進 林士鈺

台灣省家畜衛生試驗所

自12縣收集到200戶酪農場之生乳總乳樣品供調查鉛、鎘、銅之含量。經灰化處理後，以石墨爐原子吸收光譜儀測得鉛和鎘之平均含量分別為33.6ng/ml (8.6-71.0) 和 4.6ng/ml (1.0-13.3)，以火焰型原子吸收光譜儀測得銅之平均含量為 0.259 μ g/ml (0.108-1.212)。來自北部某縣的樣品含有最高的鉛 (45.8ng/ml) 和鎘 (9.1ng/ml)($p < 0.05$)，而銅含量則以南部某縣的0.394 μ g/ml 為最高 ($p < 0.05$)。進一步測定20戶酪農場之牧草、飼料和飲用水之鉛、鎘、銅含量與生乳中濃度之相關性，結果顯示三種樣品之三種元素含量均不影響生乳中之對應濃度。本調查結果顯示，生乳中鉛、鎘、銅三種元素含量並不高，對人體應無危害之虞。

關 鍵 字

生乳 (raw milk)、鉛 (lead)、
鎘 (cadmium)、銅 (copper)

有關牛乳之鉛、鎘、銅含量，各報告間變異性非常大。鉛含量方面，早期之數據如 30-300ng/ml, 140ng/g, 50ng/g；採樣時更進一步避免污染，則所得數值更低，如 2ng/g, 90ng/g, 5ng/ml, 10ng/g 等。鎘含量則為 1-26ng/g, 銅含量為 30-2200 μ g/g(Lopez et al., 1985)。

歐洲方面所測得之鉛含量在 2-400ng/g 之間，鎘則在 0.2-20ng/g 之間。而西德 (Narres et al., 1985) 測得牛乳之鉛、鎘分別只有 2ng/ml 和 0.05ng/ml，為各報告中數值最低者。本省曾 (1985) 測得鮮乳中鉛平均含量為 121ng/g。陳等 (1991) 測得生乳中銅含量為 0.140-0.283 ppm。引起上述變異性大的原因主要是分析方法和此三種元素於牛乳中之含量偏低所致 (Narres et al., 1985)。本報告旨在以石墨爐原子吸收光譜儀 (AA) 來測定本省生乳中之鉛、鎘含量，另以火焰型 AA 測定銅含量，並進一步探討乳牛飼

* 抽印本索取作者

台灣省家畜衛生試驗所

養環境中自植牧草、飲用水和精料中此三種元素之濃度是否會影響牛乳中之對應含量。

燈之連續光源校正系統。

(四)統計分析：

以 PC 版 SAS 進行資料分析處理，平均值之比較則採鄧肯氏多變域測試法 (Duncan's Multiple Range test)。

材料與方法

(一)採 樣：

於80年7~9月自12縣收集200戶酪農場之生乳樣品，於81年3月再逢機選取20戶酪農場，收集該場之生乳、自植牧草、精料及飲用水樣品。

(二)樣品前處理：

1. 器具清洗：所有分析用玻璃器皿均先以清潔劑洗淨後，浸泡於 10% (v/v) 的硝酸溶液中隔夜，取出先以自來水再以去離子水洗淨後乾燥備用。
2. 生乳：取 25 ml 之生乳於磁坩鍋內，以 120 C 乾熱器烘至焦化，再以 550 C 灰化。待試乳呈白色灰分後，以 3 N 超純鹽酸 10 ml 將灰分溶解，過濾 25 ml 量瓶內，稀釋至定量。
3. 牧草及精料：取定量之牧草及精料於秤量皿內，於 105 C 乾熱器內乾燥至恆重，以計算水分含量，供乾物質校正用。再取定量之牧草及精料於坩鍋中，移入 550 C 灰化爐內，至成灰分後以 3 N 超純鹽酸 20 ml 將灰分溶解後，過濾於 50 ml 量瓶內，稀釋到定量。
4. 飲用水：吸取 25 ml 待測飲用水於蒸發皿內，加入 1 ml 濃硝酸，於 105 C 乾熱器內加熱到 25 ml 以下，再移至 25 ml 量瓶內，稀釋至定量。

(三)原子吸光儀：

鉛和鎘二種元素均以石墨爐 AA 來測定。鉛、鎘、銅之波長分別為 283.3、228.8、324.7nm。以石墨爐 AA 分析時，使用 0.5% Ammonium phosphate 為基質修飾劑，以減少基質干擾並提高吸收度。背景校正採用氘

結 果

(一)生乳之鉛、鎘、銅含量：

各縣生乳樣品之鉛、鎘、銅平均含量分別列於表一、二、三。鉛含量以北部 T 縣的 45.8ng/ml 為最高，以中部 B 縣的 22.6ng/ml 為最低。200 個樣品之總平均含量為 33.6ng/ml。

鎘含量亦以北部 T 縣的 9.1ng/ml 為最高，南部 K 縣的 2.5ng/ml 為最低，平均含量為 4.6ng/ml。

銅含量以南部 K 縣的 0.394 μ g/ml 為最高，北部 T 縣的 0.154 μ g/ml 為最低，總平均為 0.259 μ g/ml。

(二)牧草、精料、飲用水及生乳之三元素含量：

20戶酪農場之牧草、精料、飲用水及生乳之鉛、鎘和銅的含量列於表四。

四種檢體中，以牧草的含鉛量 (1316.8ng/g) 為最高，精料的含鎘量 (228.3ng/g) 和含銅量 (18.4ug/g) 為最高。飲用水方面，只有一戶的含銅量 (29.2ng/ml) 超過法規規定之 20 ppb 限值，其餘鉛和鎘之含量皆低於最大容許量 (鉛 100 ppb, 鎘 10 ppb)。

討 論

(一)生乳之鉛、鎘和銅之含量：

本試驗所測得之生乳平均鉛含量為 33.6ng/ml, 低於曾 (1985) 以火焰型 AA 所測得的 121ng/g; 與 Murthy and Rhea (1967

)的 23-78ng/g 和 Bruhn and Franke (1967) 的 91 ppb 以下之結果近似，惟高於 Barlow (1977) 的 5ng/ml 和 Narres et al. (1985) 的 2ng/ml。

鎘含量方面，本試驗之結果 (4.6ng/ml) 與 Bruhn and Franke (1967) 的 6ng/g 和 Lopez et al.(1985) 的 10 ppb 以下近似，惟仍高於 Barlow (1977) 的 1ng/ml 和 Narres et al.(1985) 的 0.05ng/ml。

銅之含量 (0.259ug/ml) 和陳等 (1991) 所測得之 0.140 至 0.283 ppm 頗為接近。

目前我國尚無生乳重金屬含量之衛生標準，惟本試驗之結果顯示，生乳中的鉛、鎘和銅的含量低於其他食品在食品衛生標準之限量，例如蛋類之鉛和銅的限量分別為 2 ppm 和 8 ppm，罐頭類鉛和銅之最大限量為 5.5 ppm 和 30 ppm，米之含鎘限量為 0.5 ppm。生乳之鉛和鎘含量甚至於低於水質標準的最大容許量 (鉛 100 ppb, 鎘 10 ppb)。可見飲用牛乳對人體攝入鉛和鎘的危險性並不高。

(二)牧草、精料、飲用水及生乳之三種元素含量相關性：

除飲用水外、牧草和精料的三種元素含量均高於生乳中的含量。相關性分析結果顯示，生乳之三種元素含量與牧草、精料和飲用水的三種元素對應含量並無顯著的相關性。

Stanley et al.(1971) 指出乳中鉛只佔攝入鉛的 0.0003 %。Hammond and Aronson (1964) 指出，出現鉛中毒之臨床症狀的牛隻，其乳汁中的鉛濃度仍只有 9 ppb。

每日對乳牛單劑口服放射性鎘後，只有 0.00008 % 的放射性鎘被分泌到乳汁中 (Neathery et al., 1974)。乳汁中鎘含量相當低業經證實是由於乳腺組織中含有類金屬蛋白質 (Metallothionein-like Protein) 可結合鎘 (Lucis et al., 1972)。

陳等 (1991) 對每頭乳牛每天補充 800mg 的銅長達三個月，結果並不影響乳中之銅含量。

由上述結果可推斷，乳牛自飼養環境中所攝入的鉛、鎘和銅的量對生乳中的含量應無影響。惟集乳和加工成鮮乳之過程應避免操作及器具之污染，以期確實保障消費者之健康。

參 考 文 獻

1. 曾弘智 (1985)。牛乳及乳製品中鉛、鎘與汞之研究。中華農學會報 130:58-70.
2. 陳茂墻、李春芳、李素珍等(1991)。乳牛日糧高量鎘、銅、錳、鋅對牛乳含量之影響。台灣省畜產試驗所研究報告。
3. Barlow P.J. (1977). Microdetermination of lead and cadmium in pasteurized market milks by flameless atomic absorption spectroscopy using a base digest. *J. Dairy Research* 44: 377-381.
4. Bruhn J.C. and Franke A.A (1976). Lead and cadmium in California raw milk. *J. Dairy Sci.* 59 (10):1711-1717.
5. Lopez A., W.F. Collins and H.L. Williams (1985) Essential elements, cadmium and lead in raw and pasteurized raw goat milk. *J. Dairy Sci.* 68:1878-1889.
6. Lucis, O.J., R. Lucis, and Z.A. Shaikh.(1972). Cadmium and zinc in pregnancy and lactation. *Arch. Environ. Health.* 25:14.
7. Murthy, G.K. and U. Rhea (1971). Cadmium, copper, iron, lead, manganese, and zinc in evaporated milk,

- infant products and human milk. *J. Dairy Sci.* 54:1001-1005.
8. Narres H. D., C. Mohl and M. Stoppler. (1985). Metal analysis in difficult materials with platform furnace Zeeman-atomic absorption spectroscopy. *Z. Lebensm Unters Forsch.* 181:111-116.
9. Neathery, M.W., W.J. Miller, R.P. Gentry, P.E. Stake, and D.M. Blackmon. (1974). Cadmium-109 and methylmercury-203 metabolism, tissue distribution and secretion into milk of cows. *J. Dairy Sci.* 57:1177.
10. Stanley R.E., A.A. Mullen, and E.W. Bretthauer. (1971). Transfer to milk of ingested radiolead. *Health Phys.* 21:211.

表一 各縣生乳樣品之鉛含量比較

縣別代號	平均鉛含量* (ng/ml)	標準機差
T	45.8 a	13.5
C	44.0 ab	6.3
N	42.6 ab	7.6
G	36.6 abc	13.6
Y	35.7 bc	8.6
M	34.7 bcd	8.6
L	31.8 cde	8.4
H	30.9 cde	10.8
K	30.4 cde	14.6
U	25.9 de	7.4
W	24.8 e	9.7
B	22.6 e	11.3
總平均	33.6	12.6

* 平均值標有相同字母者表示統計上差異不顯著 ($p > 0.05$)。

表二 各縣生乳樣品之鎘含量比較

縣別代號	平均鎘含量* (ng/ml)	標準機差
T	9.1 a	2.0
N	7.2 b	1.9
C	7.0 b	1.6
U	5.1 c	2.6
W	4.8 cd	1.9
L	4.8 cd	3.8
H	4.6 cde	3.4
G	4.2 cdef	2.4
Y	3.8 cdef	1.6
B	3.2 def	1.5
M	2.9 ef	0.4
K	2.5 f	0.9
總平均	4.6	2.7

* 平均值標有相同字母者表示統計上差異不顯著 ($p > 0.05$)。

表三 各縣生乳樣品之銅含量比較

縣別代號	平均銅含量* ($\mu\text{g/ml}$)	標準機差
K	0.394 a	0.128
W	0.283 b	0.220
B	0.282 b	0.083
Y	0.267 bc	0.070
N	0.265 bc	0.083
L	0.239 bcd	0.067
C	0.239 bcd	0.108
G	0.232 bcd	0.090
M	0.227 bcd	0.078
U	0.190 bcd	0.070
H	0.171 cd	0.090
T	0.154 d	0.040
總平均	0.259	0.120

* 平均值標有相同字母者表示統計上差異不顯著 ($p > 0.05$)。

表四 牧草、精料、飲用水及生乳之鉛、鎘、銅含量

項 目	平均值 (標準機差)		範 圍
牧草 (乾基)			
鉛 (ng/g)	1316.8	(782.4)	272.0—2909.0
鎘 (ng/g)	98.8	(100.1)	8.3—358.9
銅 (μg/g)	6.1	(4.1)	2.4—14.3
精料 (乾基)			
鉛 (ng/g)	316.1	(277.4)	104.5—1211.0
鎘 (ng/g)	228.3	(202.0)	61.3—851.4
銅 (μg/g)	18.4	(12.4)	5.2—50.1
飲用水			
鉛 (ng/ml)	1.9	(0.7)	1.0—3.3
鎘 (ng/ml)	0.3	(0.1)	0.2—0.5
銅 (ng/ml)	5.6	(7.6)	0.3—29.2
生 乳			
鉛 (ng/ml)	41.3	(13.9)	16.9—63.9
鎘 (ng/ml)	5.8	(3.8)	2.0—16.9
銅 (μg/ml)	0.238	(0.100)	0.108—0.401

Determination of lead, cadmium and copper contents in raw milk, forage, feed and water.

S.L.Jeng,* S.J.Lee, L.S.Lin

Taiwan Provincial Research Institute for
Animal Health.

SUMMARY

Samples of raw milk were collected from the bulk holding tanks of 200 farms in 12 counties to analyse the contents of lead, cadmium and copper. Average concentrations of lead and cadmium determined by graphite furnace atomic absorption spectrophotometry (AA) were 33.6 ng/ml (8.6-71.0) and 4.6 ng/ml (1.0-13.3) respectively; and copper assayed by flame AA were 0.259 $\mu\text{g/ml}$ (0.108-1.212). Samples from a certain county in north area had the highest average amounts of lead (45.8 ng/ml) and cadmium (9.1 ng/ml) ($p < 0.05$). Whereas, samples from a certain county in south area had the highest average amount of copper (0.394 $\mu\text{g/ml}$). Forage, feed, water and raw milk samples were collected from 20 dairy farms to further investigate the effect of the ingested 3 elements on milk concentrations. The result indicated that the ingested lead, cadmium and copper were not significantly correlative to milk lead, cadmium and copper respectively.

This survey indicates that raw milk does not contribute significantly to lead, cadmium and copper exposure of human.

*Corresponding author

Taiwan Provincial Research Institute for Animal Health, Taiwan, R.O.C.