

藥物食品檢驗局調查研究年報·17: 274-284 1999

Ann. Rept. NLFD Taiwan R.O.C 17: 274-284 1999



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

陳石松* 鄭秋真 周薰修

行政院衛生署藥物食品檢驗局

(接受刊載日期：中華民國八十七年四月二十八日)

本研究探討以石墨爐式原子吸收光譜儀直接測量酒中鉛、銅及鎘之含量。將檢體以0.5%硝酸溶液稀釋至酒精濃度5%以下，添加0.5%磷酸二氫鉀溶液為修飾劑，以偏極化茲曼石墨爐式原子吸收光譜儀直接測定其吸光度，由標準曲線計算其含量。偵測極限為鉛0.5 ng/mL，銅0.5 ng/mL及鎘0.05 ng/mL。添加鉛10, 20, 30 ng/mL，銅10, 20, 30 ng/mL及鎘1.0, 2.0, 3.0 ng/mL於啤酒、葡萄酒及高粱酒中，鉛之回收率於啤酒為95.3~97.9%，於葡萄酒為94.2~99.1%，於高粱酒為95.1~98.9%；銅之回收率於啤酒為97.1~98.3%，於葡萄酒為97.4~99.5%，於高粱酒為97.5~99.1%；鎘之回收率於啤酒為98.1~99.5%，於葡萄酒為98.3~99.4%，於高粱酒為97.5~99.7%。以此法分析國產酒34件及進口酒45件，共計79件。國產酒檢出含鉛15件，平均含量23.41 ng/mL，檢出範圍2.7~63.9 ng/mL，進口酒檢出16件，平均含量13.02 ng/mL，檢出範圍0.9~49.7 ng/mL。國產酒檢出含銅23件，平均含量79.31 ng/mL，檢出範圍5.3~503.0 ng/mL，進口酒檢出41件，平均含量64.42 ng/mL，檢出範圍2.9~445.0 ng/mL。國產酒檢出含鎘4件，平均含量3.4 ng/mL，檢出範圍2.5~5.0 ng/mL，進口酒檢出9件，平均含量0.9 ng/mL，檢出範圍0.2~2.3 ng/mL。

關鍵字：石墨爐式原子吸收光譜儀，酒，重金屬，鉛，銅，鎘。

Studies on a Method to Directly Determine Lead, Copper and Cadmium in Alcoholic Beverages Using a Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrophotometer

Syr-Song Chen*, Chieu-Chen Cheng and Shin-Shou Chou

National Laboratories of Foods and Drugs, Department of Health, Executive Yuan

(Accepted for publication: April 28, 1998)

A quick, easy method for determination of lead, copper and cadmium in alcoholic beverage was developed. The method uses a polarized Zeeman graphite furnace atomic absorption spectrophotometer (GFAAS) and pyrolytic graphite tube. Ammonium dihydrogen phosphate was used as a matrix modifier. Alcoholic beverages were diluted to a concentration of less than 5% alcohol with 0.5% nitric

acid and were analyzed directly. The estimated detection limits were 0.5 ng Pb/mL, 0.5 ng Cu/mL and 0.05 ng Cd/mL. Recovery studies were performed using beer, grape wine and kao liang liquor, fortified with 10, 20 and 30 ng Pb/mL, 10, 20 and 30 ng Cu/mL and 1.0, 2.0 and 3.0 ng Cd/mL, respectively. Recoveries of lead in beer were in the range of 95.3~97.9%, in grape wine were in the range of 94.2~99.1% and in kao liang liquor were in the range of 95.1~98.9%. Recoveries of copper in beer were in the range of 97.1~98.3%, in grape wine were in the range of 97.4~99.5% and in kao liang liquor were in the range of 97.5~99.1%. Recoveries of cadmium in beer were in the range of 98.1~99.5%, in grape wine were in the range of 98.3~99.4% and in kao liang liquor were in the range of 97.5~99.7%. Seventy-nine samples of alcoholic beverages were analyzed using GFAAS. Results showed that the contents of heavy metals in the domestic products were 2.7~63.9 ng Pb/mL (15 samples), 5.3~503.0 ng Cu/mL (23 samples) and 2.5~5.0 ng Cd/mL (4 samples). In the imported products, they were 0.9~49.7 ng Pb/mL (16 samples), 2.9~445.0 ng Cu/mL (41 samples) and 0.2~2.3 ng Cd/mL (9 samples).

Key words: Graphite furnace atomic absorption spectrophotometer (GFAAS), Alcoholic beverage, Heavy metals, Lead, Copper, Cadmium.

前 言

許多種金屬元素為人體營養所必需，需要量多者如鈉、鉀、鈣、鎂等，屬微量元素有鐵、銅、鋅、鈷、錳、鉬等。而金屬中也有對人體有害的，如汞、鉛、鎘、砷、銅（超量時）等，我們常將『攝取微量時便顯出有害症狀的金屬』定義為『有害性金屬』⁽¹⁾。

金屬污染物質的特性是金屬一進入環境中，就永久存在環境中而不被分解。存在於環境中的金屬經過各種途徑進入體內。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型態被攝取。土壤中的金屬可能經植物吸收後再經牧草、蔬菜、穀物等直接或間接進入體內。大氣中的金屬多經呼吸道進入體內，但有時間接的污染食品再經口進入體內。通常這些含量均極為微小，不致發生中毒症狀⁽¹⁻²⁾。

鉛之毒性主要為阻礙與合成血紅素有關之 δ -氨基乙醯丙酸脫氫酵素之作用。大量攝入鉛之急性中毒症狀為痲痛、貧血、神經或腦疾患，可溶性鉛鹽類致死量為10~15 g。微量鉛連續攝入會於人體內蓄積引起慢性中毒，造成血液、神經、平滑肌等功能障礙⁽¹⁻²⁾。

銅是人體中必需元素，人體則經由吸收、排泄、體內結合等方式，調節體內所須銅的量。人體急性銅中毒，除了噁心、嘔吐、腹疼、腹瀉，還有眩暈、肝障礙、黃膽、溶血等。而慢性銅中毒問題存在與否，仍有爭論。以前歸因於銅中毒的病例，目前認為大多數可能因銅和其它金屬混合作用所致，尤其是鉛⁽¹⁻²⁾。

鎘為一甚易造成環境污染之重金屬，攝食高量的鎘會引起急性中毒，成年人攝入15~100 mg之鎘量（以Cd計）即會產生急性症狀。其症狀有嘔吐、頭暈、腹瀉以及虛脫現象。其中毒機制為長期攝食微量之鎘引起細尿管之損害而妨礙鈣的再吸收，導致骨中鈣質之流失，造成軟骨症，終致全身多處骨折疼痛不已，最後死亡⁽¹⁻²⁾。

酒中重金屬之污染來源包括原料（穀類、水果）於種植過程中環境之污染，釀製過程中設備之污染，包裝充填於容器中容器之污染⁽³⁾。

酒中重金屬之分析方法有感應耦合電漿放射光譜法 (Inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry, ICP-AES)⁽⁴⁾、極譜法 (Anodic stripping voltammetry, ASV)⁽⁵⁻⁷⁾、火焰式原子吸收光譜法 (Flame atomic absorption spectrometry, FAAS)⁽⁸⁻⁹⁾ 及石墨爐式原子吸

收光譜法(Graphite furnace atomic absorption spectrometry, GFAAS)⁽⁹⁻¹¹⁾。感應耦合電漿放射光譜法由於其可產生8000℃以上之高溫，故檢體可不經消化前處理即可直接分析。但其偵測範圍為微量($\mu\text{g/mL}$)，若其濃度為極微量(ng/mL)則須以預濃縮前處理，極為費時，且極易造成因污染或漏失之誤差，影響檢驗之結果。極譜法雖可分析極微量之檢體，但若檢體中含有有機物則會產生干擾，為避免干擾則須以前處理將有機物去除。此項操作亦極易造成因污染或漏失之誤差，影響檢驗之結果。火燄式原子吸收光譜法為普遍用於食品中重金屬⁽¹²⁻¹³⁾之分析方法，須經消化之前處理，且其僅適用於微量之檢體，極微量則須行預濃縮前處理，消化或預濃縮等前處理皆極為費時，且極易造成因污染或漏失之誤差，影響檢驗之結果。

石墨爐式原子吸收光譜儀為極微量分析之儀器，常用於食品⁽¹⁴⁻¹⁹⁾、體液⁽²⁰⁾及環境污染物⁽²¹⁻²⁵⁾中重金屬含量之檢測。此法利用電熱方式加熱少量之樣品(20 μL)，依乾燥、灰化之步驟除去樣品中可能影響讀值背景之基質成分，而在原子化的步驟進行測量。其檢體可不須前處理消化分解，直接導入石墨管中，其優點為僅需少量樣品，可直接導入，基質干擾少，高靈敏度，快速等。

材料與方法

一、藥品與試劑：

所用試藥有硝酸(Suprapur 級)、磷酸二氫銨、鉛標準液、銅標準液及鎘標準液為西德Merck公司產品，酒精為臺灣省菸酒公賣局產品，水為以純水製造機處理達到電阻係數18 $\text{m}\Omega/\text{cm}$ 以上之水。

鉛標準溶液之配製為取鉛標準原液，以0.5%硝酸溶液稀釋為5，10，15，20及30 ng/mL 供作標準溶液，臨用時調製。銅標準溶液之配製為取銅標準原液，以0.5%硝酸溶液稀釋為5，10，15，20及30 ng/mL 供作標準溶液，臨用時調製。鎘標準溶液之配製為取鎘標準原液，以0.5%硝酸溶液稀釋為0.5，1.0，1.5，2.0及3.0 ng/mL 供作標準溶液，臨用時調製。修飾液之調製為精確稱取磷酸二氫銨0.5 g，加水溶解定容至100 mL 。

二、設備與器具：

日本Hitachi公司之偏極化茲曼石墨爐式原子吸收光譜儀(Polarized Zeeman Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrophotometer Z-8000, GFAAS)附自動注射器(SSC-100)。石墨管(pyro tube A, 190-6003 type)及鉛、銅及鎘中空陰極射線管(Hollow cathode lamp)為日本Hitachi公司產品。

所用漏斗、容量瓶、玻璃器具均為派勒克斯(Pyrex)材質，坩堝為瓷製，附玻璃蓋，使用前均須以洗劑刷洗，經水洗淨後，浸於硝酸溶液($\text{HNO}_3:\text{H}_2\text{O}=1:1$)中放置過夜，取出將附著之硝酸溶液以水清洗乾燥後備用。

三、試驗方法：

以含鉛20 ng/mL 、銅20 ng/mL 及鎘2.0 ng/mL 之5%酒精溶液，參照偏極化茲曼石墨爐式原子吸收光譜儀操作手冊⁽²⁶⁾建議之溫度操作條件，保持乾燥及原子化溫度不變，改變乾燥及灰化溫度；及保持乾燥及灰化溫度不變，改變原子化溫度，求得最佳溫度操作條件。

將標準溶液以偏極化茲曼石墨爐式原子吸收光譜儀測定其吸光度，就所得吸光度與濃度繪製標準曲線。以含鉛 20 ng/mL、銅 30 ng/mL 及鎘 3 ng/mL 之 5% 酒精溶液，添加修飾液後以偏極化茲曼石墨爐式原子吸收光譜儀測定其吸光度，與標準溶液比較，探討修飾液對灰化溫度之影響。

以含鉛 20 ng/mL、銅 20 ng/mL 及鎘 2.0 ng/mL 之 5%，10，20，30，40，50，60，70，80 及 90% 酒精溶液以偏極化茲曼石墨爐式原子吸收光譜儀測定其吸光度，與標準溶液比較，探討酒精濃度之影響。以含鉛 20 ng/mL、銅 30 ng/mL 及鎘 3 ng/mL 之 5% 酒精溶液置樣品盤中，以建立之最佳操作條件連續分析比較其精確度，以探討酒精揮發度之影響。

偵測極限乃取 0.5% 硝酸溶液為空白試液以偏極化茲曼石墨爐式原子吸收光譜儀連續檢測十次，以其平均空白值加三倍之標準偏差計算偵測極限⁽²⁷⁾。

添加鉛 10，20 及 30 ng/mL，銅 10，20 及 30 ng/mL 及含鎘 1.0，2.0 及 3.0 ng/mL 於啤酒、葡萄酒及高粱酒中，另以未添加者為對照組，以建立之方法分析其鉛、銅及鎘含量，計算其回收率。

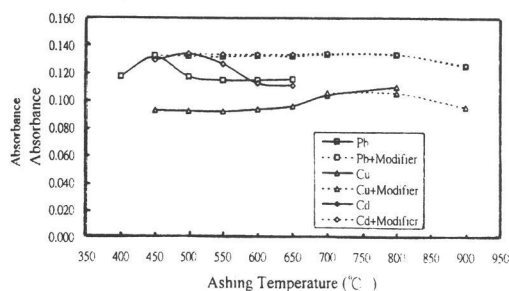
四、檢體與分析：

檢體為 85 年 12 月至 86 年 6 月間，於台北市超市及批發商抽購，及臺灣省菸酒公賣局委託檢驗共計 79 件。將檢體依其標示之酒精濃度稀釋至 5% 以下，依據建立之方法以偏極化茲曼石墨爐式原子吸收光譜儀直接測定。

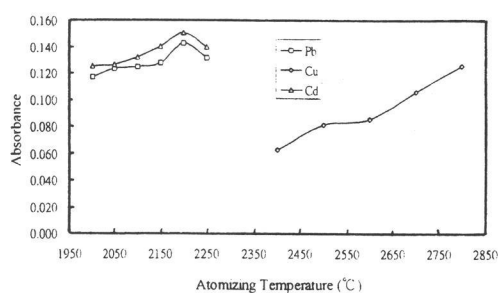
結果與討論

一、溫度程式設定：

因酒精之沸點為 78 °C，為避免因溫度過高而產生突沸現象，使樣品溶液飛濺而改變其位置，造成誤差，故降低其乾燥溫度；另因檢體未經消化前處理，為使其於灰化階段完全分解，故階段式升溫並延長灰化時間。含鉛 20 ng/mL、銅 20 ng/mL 及鎘 2.0 ng/mL 之 5% 酒精溶液，在保持最高乾燥溫度為 120 °C 及原子化溫度 2200 °C 之下，改變灰化溫度，其結果最佳灰化溫度鉛為 450 °C，銅為 700 °C，鎘為 500 °C（圖一）；若保持最高乾燥溫度為 120 °C 及最高灰化溫度鉛為 450 °C，銅為 700 °C，鎘為 450 °C 不變，改變原子化溫度，其結果最佳原子化溫度鉛為 2200 °C，銅為 2800 °C，鎘為 2200 °C（圖二）。以樣品溶液測試，在乾



圖一 灰化溫度對鉛、銅及鎘檢測之影響
Fig. 1. The effects of ashing temperature for lead, copper and cadmium measurement.



圖二 原子化溫度對鉛、銅及鎘檢測之影響
Fig. 2. The effects of atomizing temperature for lead, copper and cadmium measurement.

燥及灰化階段並無鉛、銅及鎘之吸光波峰產生 (圖三)，証明此溫度程式可達定量效果。

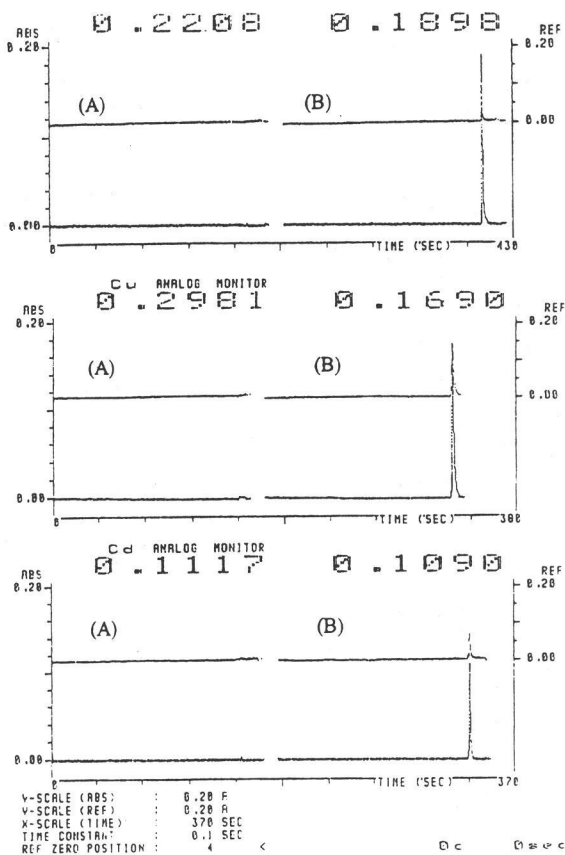
以含鉛 20 ng/mL、銅 30 ng/mL 及鎘 3 ng/mL 之 5% 酒精溶液，添加修飾液後以偏極化茲曼石墨爐式原子吸收光譜儀測定其吸光度，與標準溶液比較，其結果為檢測鉛時灰化溫度可提高至 800 °C，此結果與 William⁽¹¹⁾ 之研究結果相近。檢測銅時則修飾劑之添加對灰化溫度之提高效果不大，檢測鎘時灰化溫度亦可提高至 800 °C，灰化溫度提高可消除基質之干擾降低背景吸收。

以吸光度與標準溶液濃度迴歸計算其標準曲線，鉛之線性方程式為 $Y=0.0073X+0.0060$ ，相關係數為 0.9981 (圖四)，銅之線性方程式為 $Y=0.0062X+0.0105$ ，相關係數為 0.9985 (圖五)，鎘之線性方程式為 $Y=0.0621X+0.0063$ ，相關係數為 0.9982 (圖六)，線性關係良好。

二、酒精之影響：

以含鉛 20 ng/mL、銅 20 ng/mL 及鎘 2.0 ng/mL 之 5~90% 酒精溶液以偏極化茲曼石墨爐式原子吸收光譜儀測定其吸光度，與標準溶液比較。其中鉛之結果顯示，以含 5% 及 90% 酒精溶液之回收率較佳，為 99.8% 及 104.0%，其它濃度之酒精溶液其回收率為 43.2~89.8% (圖七)。銅之結果顯示，以含 5% 及 90% 酒精溶液之回收率較佳，為 102.1% 及 103.8%，其它濃度之酒精溶液其回收率為 54.4~74.8%。鎘之結果顯示，以含 5% 酒精溶液之回收率最佳，為 101.1%，其它濃度之酒精溶液其回收率為 54.4~88.9%。由以上之結果顯示於當酒精濃度於 5% 以下則直接定量不受基質影響。實測檢體均稀釋至酒精濃度 5% 以下。William⁽¹¹⁾ 之研究結果係將檢體稀釋 10 倍，酒精含量約為 2% 以下，其雖可降低基質之干擾，但稀釋倍數過高易造成分析結果之誤差加巨，而本法之稀釋倍數低其約三倍，於低含量檢測時誤差較低。

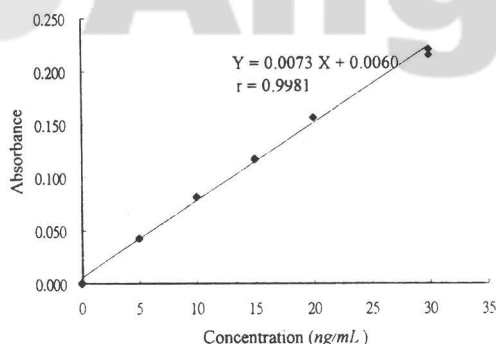
由於樣品為具揮發性之 5% 酒精溶液，當以自動取樣器注射樣品時 (使用自動取樣器之目的為使注射量 20 μ L 及位置保持一定，避免因人為因素所造成之誤差)，樣品置於樣品盤中一段時間需考慮其揮發度之影響。以含



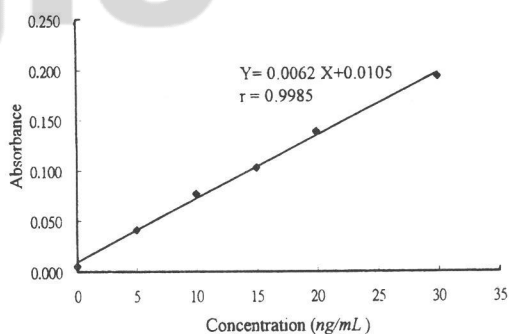
圖三 鉛、銅及鎘之分析圖譜

Fig. 3. Spectra of lead, copper and cadmium by GFAAS (A) blank, (B) sample solution.

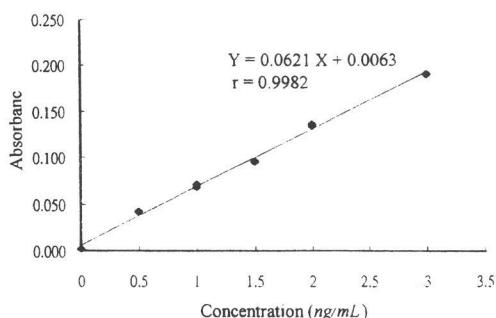
藥物食品檢驗局調查研究年報 (Ann. Rept. NLFD)



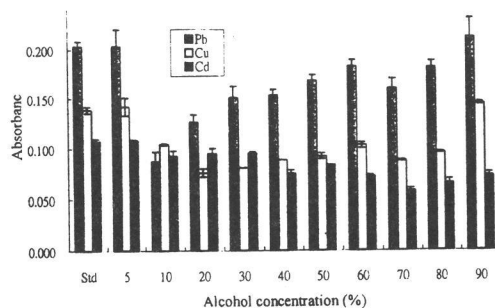
圖四 鉛之標準曲線
Fig. 4. Calibration curve of lead.



圖五 銅之標準曲線
Fig. 5. Calibration curve of copper.



圖六 鎘之標準曲線
Fig. 6. Calibration curve of cadmium.



圖七 酒精濃度對鉛、銅及鎘檢測之影響
Fig. 7. The effects of alcohol concentration on lead, copper and cadmium measurement.

鉛 20 ng/mL、銅 30 ng/mL 及鎘 3 ng/mL 之 5% 酒精溶液置樣品盤中（可放置二十四件樣品），以偏極化茲曼石墨爐式原子吸收光譜儀連續偵測其吸光度二十四次，結果顯示鉛之平均吸光度為 0.1520，相對標準偏差為 1.50%，銅之平均吸光度為 0.1966，相對標準偏差為 1.95%，鎘之平均吸光度為 0.1905，相對標準偏差為 1.33%，由以上之結果顯示 5% 酒精溶液之揮發度對於連續檢測之結果並不影響。

三、偵測極限與回收試驗：

以空白試液連續檢測十次，計算其偵測極限鉛為 0.5 ng/mL，銅為 0.5 ng/mL 及鎘為 0.05 ng/mL。

添加鉛 10，20 及 30 ng/mL，銅 10，20 及 30 ng/mL 及含鎘 1.0，2.0 及 3.0 ng/mL 之標準溶液於啤酒、葡萄酒及高粱酒中，鉛之回收率於啤酒為 95.3~97.9%，於葡萄酒為 94.2~99.1%，於高粱酒為 95.1~98.9%，銅之回收率於啤酒為 97.1~98.3%，於葡萄酒為 97.4~99.5%，於高粱酒為 97.5~99.1%；鎘之回收率於啤酒為 98.1~99.5%，於葡萄酒為 98.3~99.4%，於高粱酒為 97.5~99.7%。

綜合以上之結果，訂定酒中鉛、銅及鎘直接測量法之操作程序為，將檢體依其標示之

酒精濃度稀釋至5%以下，鉛之檢測以添加修飾液及最佳溫度操作條件之方法檢測，銅之檢測則將稀釋後之檢液直接以最佳溫度操作條件之方法檢測，鎘之檢測以添加修飾液及最佳溫度操作條件之方法檢測（表一及表二）。

表一 以石墨爐式原子吸光法分析酒中鉛、銅及鎘之儀器參數

Table 1. Instrument parameters for determining lead, copper and cadmium content in alcoholic beverages by GFAAS

Parameter	Lead	Copper	Cadmium
Wavelength	283.3 nm	324.8 nm	228.8 nm
Slit width	1.3 nm	1.3 nm	1.3 nm
Mode	Peak height	Peak height	Peak height
Lamp	Hollow cathode	Hollow cathode	Hollow cathode
Lamp current	7.5 mA	7.5 mA	5.0 mA
Purge gas	Argon	Argon	Argon
Purge gas flow	200 mL/min. (30 mL/min. during atomization)	200 mL/min. (30 mL/min. during atomization)	200 mL/min. (30 mL/min. during atomization)
Matrix modifier	0.5% NH ₄ H ₂ PO ₄	—	0.5% NH ₄ H ₂ PO ₄
Standard matrix	0.5% HNO ₃	0.5% HNO ₃	0.5% HNO ₃
Test sample solution	20 µL	20 µL	20 µL
Modifier	10 µL	—	10 µL
Standard	20 µL	20 µL	20 µL

表二 以石墨爐式原子吸光法分析酒中鉛、銅及鎘之溫度條件

Table 2. Temperature program for determining lead, copper and cadmium content in alcoholic beverages by GFAAS

Step	Lead			Copper			Cadmium		
	Temperature		Ramp	Temperature		Ramp	Temperature		Ramp
	start	end		start	end		start	end	
	℃		sec	℃		sec	℃		sec
Drying	50	80	50	50	80	50	50	80	50
	80	120	30	80	120	30	80	120	30
	120	120	10	120	120	10	120	120	10
Ashing	300	400	50	300	400	50	300	400	50
	450	450	20	450	450	20	450	450	20
	800	800	10	700	700	10	800	800	10
Atomizing	2200	2200	10	2800	2800	10	2200	2200	15
Cleaning	2400	2400	3	3000	3000	3	2400	2400	3

四、進口及國產酒中鉛、銅及鎘之含量：

以建立之方法分析國產酒 34 件及進口酒 45 件，共計 79 件，依據製造方法區分為釀造酒⁽²⁸⁾、蒸餾酒及再製酒。釀造酒包括葡萄酒、梅酒、荔枝酒、烏梅酒、杏酒、啤酒、清酒、米酒及紹興酒等，蒸餾酒包括威士忌、白蘭地、龍舌蘭酒、琴酒、伏特加、高粱酒、玉露酒及大麴酒等，再製酒包括烏龍酒、長春酒、龍鳳酒、鹿茸酒、蔘茸酒、菊花酒及茉莉花酒等。

鉛含量於國產釀造酒 16 件，檢出 8 件，平均含量 25.0 ng/mL，檢出範圍 3.1~63.9 ng/mL。進口釀造酒 32 件，檢出 12 件，平均含量 14.2 ng/mL，檢出範圍 0.9~49.7 ng/mL。國產蒸餾酒 12 件，檢出 3 件，平均含量 13.2 ng/mL，檢出範圍 2.7~29.4 ng/mL，進口蒸餾酒 11 件，檢出 3 件，平均含量 10.6 ng/mL，檢出範圍 3.5~20.9 ng/mL。國產再製造酒 6 件，檢出 4 件，平均含量 27.8 ng/mL，檢出範圍 13.9~55.0 ng/mL。進口再製酒 2 件，檢出 1 件，含量為 6.6 ng/mL。總計國產酒 34 件，檢出 15 件，平均含量 23.4 ng/mL，檢出範圍 2.7~63.9 ng/mL，進口酒 45 件，檢出 16 件，平均含量 13.0 ng/mL，檢出範圍 0.9~49.7 ng/mL（表三）。國產酒之平均含量及檢出範圍均較進口酒高，但與 Wiilam⁽⁹⁾ 研究之 10 種餐酒其鉛含量檢出範圍為 15~135 ng/mL；Maravic 等人⁽⁵⁻⁶⁾ 研究之酒中鉛含量檢出範圍白葡萄酒為 33~65 及 43~109 ng/mL，紅葡萄酒為 26~78 及 33~73 ng/mL 比較，則國產酒鉛含量較低。

銅含量於國產釀造酒 17 件，檢出 11 件，平均含量 79.4 ng/mL，檢出範圍 5.3~503.0 ng/mL，進口釀造酒 32 件，檢出 32 件，平均含量 55.6 ng/mL，檢出範圍 2.9~445.0 ng/mL。國產蒸餾酒 12 件，檢出 8 件，平均含量 84.5 ng/mL，檢出範圍 23.3~358.0 ng/mL，進口蒸餾酒 11 件，檢出 7 件，平均含量 92.8 ng/mL，檢出範圍 25.3~278.2 ng/mL。國產再製酒 6 件，檢出 4 件，平均含量 68.8 ng/mL，檢出範圍 47.2~130.0 ng/mL，進口再製酒 2 件，檢出 2 件，平均含量 106.7 ng/mL，檢出範圍 5.3~208.1 ng/mL，總計國產酒 34 件，檢出 23 件，平均含量 79.3 ng/mL，檢出範圍 5.3~503.0 ng/mL，進口酒 45 件，檢出 41 件，平均含量 64.42 ng/mL，檢出範圍 2.9~445.0 ng/mL（表四）。國產酒之平均含量釀造酒較進口酒高，檢出

表三 以石墨爐式原子吸光法分析酒中鉛之含量
Table 3. Contents of lead in alcoholic beverages analyzed by GFAAS

Sample	Domestic		Imported	
	No. of positive (Total)	Average of positive (Range)	No. of positive (Total)	Average of positive (Range)
		ng/mL		ng/mL
Fermented liquor	8 (16)	25.0 (3.1~63.9)	12 (32)	14.2 (0.9~49.7)
Spirits	3 (12)	13.2 (2.7~29.4)	3 (11)	10.6 (3.5~20.9)
Liqueur	4 (6)	27.8 (13.9~55.0)	1 (2)	6.6
Total	15 (34)	23.4 (2.7~63.9)	16 (45)	13.0 (0.9~49.7)

藥物食品檢驗局調查研究年報 (Ann. Rept. NLFD)

表四 以石墨爐式原子吸光法分析酒中銅之含量
Table 4. Contents of copper in alcoholic beverages analyzed by GFAAS

Sample	Domestic		Imported	
	No. of positive (Total)	Average of positive (Range) <i>ng/mL</i>	No. of positive (Total)	Average of positive (Range) <i>ng/mL</i>
Fermented liquor	11 (16)	79.4 (5.3~503.0)	32 (32)	55.6 (2.9~445.0)
Spirits	8 (12)	84.5 (23.3~358.0)	7 (11)	92.8 (25.3~278.2)
Liqueur	4 (6)	68.8 (47.2~130.0)	2 (2)	106.7 (5.3~208.1)
Total	23 (34)	79.3 (5.3~503.0)	41 (45)	64.4 (2.9~445.0)

範圍則釀造酒及蒸餾酒均較進口酒高，而與Miguel等人⁽⁹⁾研究之10種雪莉酒其銅含量檢出範圍為0.06~1.62 *mg/L*；Maravic等人⁽⁵⁻⁶⁾研究之酒中銅含量檢出範圍白葡萄酒為450~720及20~445 *ng/mL*，紅葡萄酒為120~550及43~163 *ng/mL*比較，則國產酒銅含量亦較低。

銅含量於國產釀造酒16件，檢出4件，平均含量3.4 *ng/mL*，檢出範圍2.5~5.0 *ng/mL*，進口釀造酒32件，檢出9件，平均含量0.9 *ng/mL*，檢出範圍0.2~2.3 *ng/mL*。而蒸餾酒及再製酒均未檢出(表五)。國產酒之平均含量及檢出範圍均較進口酒高，與Maravic等人⁽⁵⁻⁶⁾研究之酒中銅含量檢出範圍白葡萄酒為0.25~0.31及0.2~0.6 *ng/mL*，紅葡萄酒為0.3~2.5及1.0~2.3 *ng/mL*比較，則國產酒銅含量稍高。

表五 以石墨爐式原子吸光法分析酒中鎘之含量
Table 5. Contents of cadmium in alcoholic beverages analyzed by GFAAS

Sample	Domestic		Imported	
	No. of positive (Total)	Average of positive (Range) <i>ng/mL</i>	No. of positive (Total)	Average of positive (Range) <i>ng/mL</i>
Fermented liquor	4 (16)	3.4 (2.5~5.0)	9 (32)	0.9 (0.2~2.3)
Spirits	0 (12)	ND*	0 (11)	ND
Liqueur	0 (6)	ND	0 (2)	ND
Total	4 (34)	3.4 (2.5~5.0)	9 (45)	0.9 (0.2~2.3)

* ND: not detected

以上之分析結果顯示，酒中鉛及鎘之含量甚微，而銅含量稍高，係因原料如水果或穀類均含較高量之銅。故皆未受到污染，對消費者之健康未構成危害，惟我國對酒類中重金屬並無限制標準。

結 論

本法僅須將檢體稀釋後即可直接以偏極化茲曼石墨爐式原子吸收光譜儀檢測，可避免因消化前處理時可能因酸液及器具之污染及操作時之漏失所造成之誤差，提供準確之檢測結果，並可把握時效提高效率，而市售酒中重金屬（鉛、銅及鎘）含量均甚微。

參 考 文 獻

- (1) 王有忠：食品安全，pp.116-143. 華香園出版社，台北市(1989).
- (2) 劉國欽：食品安全學，pp.116-121. 藝軒圖書出版社，台北市(1988).
- (3) Department of the Treasury, Bureau of Alcohol, Tobacco and Firearms: Report of analysis of Wines and Related Products to Determine Lead content. Washington, DC (1991).
- (4) L. R. Miguel, M. C. Ana and R. Manuel: Determination of nine elements in sherry wine by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry. *J. AOAC International*. 79: 1191-1197. (1996).
- (5) T. A. Maria, C. A. Maria, C. E. Jesus, G. Alberto and J. G. Julian: Study of lability of heavy metals in wines with different degrees of aging through differential pulse anodic stripping voltammetry. *J. Agric. Food Chem.* 41: 2333-2339 (1993).
- (6) J. Maravic, T. J. Eder and S. Kozar: Concentration of cadmium, lead, copper and zinc in wine. I. *Hrana i Ishrana* 31: 31-33 (1990a).
- (7) J. Maravic, T. J. Eder and S. Kozar: Concentration of cadmium, lead, copper and zinc in wine. II. *Hrana i Ishrana* 31: 35-36 (1990b).
- (8) AOAC.: Official Method of Analysis of the Association of the AOAC. (16et edn.) Association of official analytical chemists, Washington, DC., USA (1995).
- (9) A. Escobal, C. Iriondo, C. Laborra and E. Ulibarrena: Application of FAAS and GFAAS to the control of cloudiness in txakoli wine. *Atom. Spectrosc.* 16: 162-164 (1995).
- (10) L. Michel, C. C. Jean and V. Laurence: Determination of aluminum in wines bu direct graphite furnace atomic absorption spectrometry. *J. AOAC International*. 77: 463-466 (1994).
- (11) R. M. William: Determination of Lead in table wines by graphite furnace atomic absorption spectrometry. *J. AOAC Int.*, 77: 1023-1030 (1994).
- (12) 行政院衛生署 72.8.25. 衛署食字第 436953 號公告“食品中重金屬檢驗法—鉛、銅之檢驗”。
- (13) 行政院衛生署 77.11.14. 衛署食字第 762431 號公告“食品中重金屬檢驗法—鎘、汞之檢驗”。
- (14) 陳石松：豬肉中血質鐵定量法及其應用於死豬肉鑑別之研究。臺灣大學食品科技研究所碩士論文。(1995).
- (15) D. J. Hutchinson, F. J. Disinski and C. A. Nardelli: Determination of copper in infant formula by furnace atomic absorption spectroscopy with a L'vov platform. *J. Assoc. Off. Ana. Chem.* 69: 60-64 (1986).
- (16) I. N. J. Miller: Evaluation of a graphite furnace absorption method developed for the determination of lead in sugar. *J. Agr. Food Chem.*, 43: 923-927 (1995).
- (17) M. J. Baxter, J. A. Burrell, H. M. Crews, R. C. Massey and D. J. McWeeny: A procedure for the determination of lead in green vegetables at concentrations down to 1 mug/kg. *Food addit. Contam.*, 6: 341-349 (1989).
- (18) R. Tahvonen and J. Kumpulainen: Lead and cadmium contents in milk, cheese and eggs on the Finnish market. *Food Addit. Contam.*, 12: 789-798 (1996).
- (19) R. W. Dabeka and A. D. McKenzie: Graphite furnace atomic absorption spectrometric determination and survey of total aluminum, copper, manganese, molybdenum and tin in infant formulas and evaporated milks. *J. AOAC Int.*, 75: 954-963 (1992).
- (20) I. Aroza, M. Bonilla, Y. Madrid and C. Camara: combination of hydride generation and graphite furnace atomic absorption spectrometry for determination of lead in biological samples. *J. Anal.*



Atom. Spectrom. 4: 163-166 (1989).

- (21) 林雨平、蘇淑蘭、朝京寧、莊英哲、吳慧眼：以石墨爐原子吸光儀測定丙酮中鈉、鉀之含量。化學。50: 193-198 (1992).
- (22) W. Slavin, I. N.J. Miller and G.R. Carrick: Fast furnace analyses and slurry sampling. *American Laboratory*, 22: 80-92 (1990).
- (23) G. Ellen and J.W. Loon: Determination of cadmium and lead in foods by graphite furnace atomic absorption spectrometry with Zeeman background correction: test with certified reference materials. *Food Addit. Cotam.*, 7: 265-273 (1990).
- (24) R. Pinel, M.Z. Benabdallah, A. Astruc and M. Astruc: Determination of trace amounts of total tin in water using extraction followed by graphite furnace atomic absorption spectrometry with an oxidizing matrix modifier. *J. Anal. Atom. Spectrom.*, 3: 475-477 (1988).
- (25) A. Marumoto, Y. Hirao, M. Iwasaki, E. Fukuda, H. Hanami, S. Nara and K. Kimura: Determination of Lead in environmental samples by graphite furnace AAS. *Bunseki Kagaku*, 35: 590-597 (1986).
- (26) Hitachi: Graphite atomization analysis guide for polarized zeeman atomic absorption spectrophotometer (1987).
- (27) L. A. Currie: Detection in Analytical Chemistry: Importance, Theory and Practice, ACS Symposium Series 361, American Chemical Society, Washington, DC., USA (1988).
- (28) 賴滋漢、金安兒、柯文慶：食品加工學-製品篇。精華出版社。台中市(1992).