

三聚氰胺檢驗技術之研究

作者簡介

作者謝明君上尉，畢業於中正理工學院 60 期、元智大學化學工程與材料科學所碩士，具有甲級毒性化學物質專責管理人員證照，歷任排長、核生化防護研究中心環保官，現任核生化防護研究中心化學戰劑檢驗官。

提要

- 一、中國爆發毒奶事件風暴延燒至台灣，目前國內受到三聚氰胺污染的食品已不只限於奶粉，連三合一咖啡、奶精、夾心餅及國軍野戰營養口糧等皆在可疑範圍。
- 二、三聚氰胺本身具毒性，長期服用可能會造成泌尿系統結石、腎衰竭及膀胱癌等疾病，日前衛生署已公告食品不得驗出三聚氰胺殘留。
- 三、化學兵學校核生化防護研究中心具低偵測極限之液相層析串聯質譜儀及環保署環境檢測機構認證，並參考美國食品及藥物管理局 (U.S. FDA) 建立完整檢測標準方法，偵測極限可達 0.005 ppm，其檢驗技術及設備可有效支援本次事件。
- 四、三聚氰胺為低毒性化學毒物，但其對人體所造成之毒害，目前並沒有解毒劑，專家們建議，有效預防方法是大量喝水，且適當排尿；並選擇已完成食品檢驗合格之食品，避免食用來路不明之食物，若有身體不適，應立即就醫。

壹、前言

2008 年 9 月中國爆發了毒奶事件，由三鹿集團所出品之嬰幼兒奶粉被查出含三聚氰胺，造成飲用該產品的嬰幼兒產生泌尿系統結石、腎衰竭等疾病，甚至死亡，嚴重危害人體健康(如圖 1 所示)。其黑心食品風暴越演越烈，進一步追查下，發現有更多大陸乳品製造企業違法添加三聚氰胺。在台灣，經衛生署檢測後發現，受到三聚氰胺污染的食品不僅只限於奶粉，連三合一咖啡、奶精、夾心餅、奶茶、速食粥品、濃湯、速食麵湯料、速食麥片、保久乳、還原乳、調味乳、優格、調味醬等含乳製品皆有相關產品被檢出受三聚氰胺污染，甚至連國軍野戰營養口糧亦在可疑範圍(註1)。

一時之間，國內人心惶惶、人人自危，民眾紛紛將家中含奶粉原料食品送至各縣市衛生局或相關檢驗機構檢測，但食品是否被添加三聚氰胺，所含濃度又是多少？在多數的檢驗機構透過高效液相層析儀僅具 2.5 ppm 的偵測極限，無法提供更低濃度的偵測能力。行政院衛生署在為人民食的安全原則把關下，進一步要求食品中三聚氰胺檢驗標準由 2.5 ppm 降低到不得檢出，在此原則下有

註1 蘋果網站新聞，參見 <http://1-apple.com.tw/>

能力提高具更低偵測極限的儀器被提出來作為檢測標準。例如一般液相串聯質譜儀（偵測極限可達 0.05 ppm, 註2），但是國內具有此種設備機構少之又少，造成相關產品檢測嚴重塞車；對於國軍而言，官兵日常生活每日所食用的食品多達上千種，若只是等待廠商的檢驗報告，必然是緩不濟急，故建立自主精準檢驗技術實為當務之急。本軍化學兵學校核生化防護研究中心(以下簡稱防研中心)，除具低偵測極限之液相串聯質譜儀外，更具有環保署環境檢測機構認證，並於日前已建立完整檢測標準方法，且已完成國軍福利品供應站等多項產品檢測，其檢驗能力及設備皆可有效支援本次事件之檢測任務。

在國人陷入毒奶恐慌的疑慮時，本文特將三聚氰胺危害特性、國內三聚氰胺檢測現況及標準方法詳加說明外，並提出士官兵若不幸食入含三聚氰胺之產品的處置方法，希望提供國人了解三聚氰胺的各項應變處理作業要點。



圖 1 中國毒奶事件新聞照片

資料來源：BBC 中文網。

http://news.bbc.co.uk/chinese/trad/hi/newsid_7620000/newsid_7624100/7624107.stml

註2 Water 儀器網頁，參見 <http://www.waters.com/>

貳、三聚氰胺的健康危害

一、三聚氰胺物性化性

三聚氰胺(Melamine, $C_3H_6N_6$), 俗稱蛋白精, 是氨基脒的三聚體, 為白色單斜晶體, 幾乎無味, 對人體有毒, 微溶於水(3.1 g/L, 常溫, 註3)。其用途主要在製作俗稱美耐皿的塑料碗碟(如圖 2 所示), 但因三聚氰胺受熱後有可能分解造成毒性, 不可以在微波爐中加熱。

由三聚氰胺的化學式可以得知其具 6 個氮原子, 其平均含氮量高(66%), 比蛋白質(16%)高(註4), 因此黑心廠商便利用這個特性, 將其添加於食品中, 藉此形成食品中蛋白質含量較高之”高品質”假象, 但因為三聚氰胺本身具有毒性, 因此造成 2007 年美國寵物食品污染事件和 2008 年中國毒奶粉等事件。

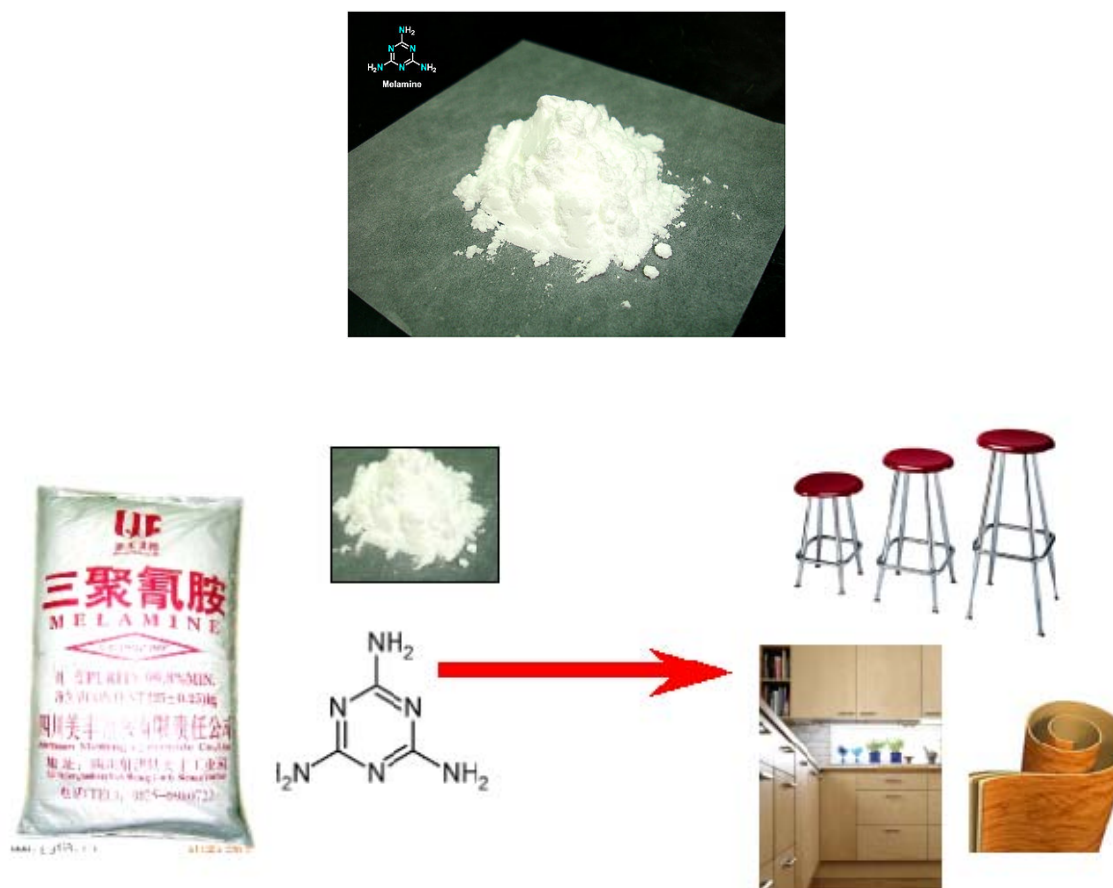


圖 2 三聚氰胺結構及美耐皿的塑料碗碟圖示

資料來源：網路資訊。

<http://tw.myblog.yahoo.com/clarinase-1/article?mid=3616&prev=3673&next=3559>

註3 Merck Index, 12th Edition, 5853

註4 三聚氰胺 MSDS, 參見 <http://cheman.chemnet.com/>

二、三聚氰胺毒理特性

三聚氰胺本身為低毒性，對於一般成人而言，須服用大量的三聚氰胺才會造成急毒性；但是低毒性並不代表沒有毒性，若是長期食用含三聚氰胺的食品才有可能引發泌尿系統結石、腎衰竭及膀胱癌等疾病。那麼食品中多少的劑量才是安全的呢？以下將就三聚氰胺之急毒性、慢毒性及各國食品中法定殘留含量作一個簡要說明。(註5)

(一)急性毒性

在急毒性部份，由物質安全資料表(MSDS)可查得三聚氰胺對老鼠的半致死量 (LD50)為 3248 mg/kg。對於兔子半致死量(LD50)則超過 1000 mg/kg。若以老鼠的半致死量作為一個計算標準，且假設食品中三聚氰胺含量為 2.5 mg/kg，一隻體重 1 kg 的老鼠要達到半致死劑量必需一次攝入 1300 kg 左右的量，所以一次攝入三聚氰胺食品而引發急毒性致死的可能性是較低的，我們所要考慮的是長期食用三聚氰胺會對人體造成什麼樣的傷害。

(二)慢性毒性

研究指出長期食入三聚氰胺可能會造成生殖器官損害、膀胱或腎結石、膀胱癌等疾病(如圖 3 所示)。其主要的原因是因為三聚氰胺若遇強酸會產生水解，氨基逐步被羥基取代，生成三聚氰酸二酰胺，再進一步水解生成三聚氰酸，而三聚氰酸會與三聚氰胺會形成結晶沈積從而造成腎結石(註6)，最後這些結晶將造成腎衰竭而導致死亡。現實生活的實際案例有 2007 年美國寵物食品污染事件和 2008 年中國毒奶粉等事件。

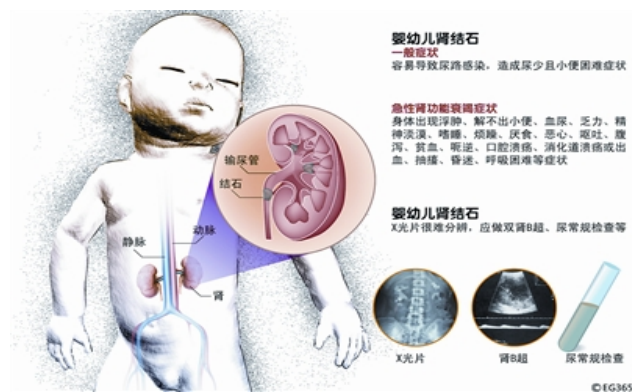


圖 3 三聚氰胺造成腎結石示意圖

資料來源：網路資訊。

<http://baobao.sohu.com/20080913/n259541826.shtml>

註5 Julius B. Cohen Practical Organic Chemistry 1910

註6 Dobson RL, Motlagh S, Quijano M, Cambron RT, Baker TR, Pullen AM, Regg BT, Bigalow-Kern AS, Vennard T, Fix A, Reimschuessel R, Overmann G, Shan Y, Daston GP. (2008), Identification and Characterization of Toxicity of Contaminants in Pet Food Leading to an Outbreak of Renal Toxicity in Cats and Dogs. , Toxicol Sci. , 2008

就致癌性而言，在 1983 年美國的一份三聚氰胺的動物實驗研究中指出，每天被餵食 263 mg 的三聚氰胺的 49 隻雄鼠，在 20 週後，約 16.7 % 的雄鼠身上會產生癌細胞；而經過 103 週（約 2 年），49 隻雄鼠全部都帶有癌細胞。透過研究結果可以得知，長期大量服用三聚氰胺會對大鼠的膀胱、尿道和腎臟產生致癌效果，因此不排除會對人體致癌的可能性。(註7)

(三)各國食品中法定殘留標準

食品中含三聚氰胺多少的殘留量是安全的呢？以下將就中國、香港、紐西蘭、美國以及台灣等食品中的法定殘留標準來作說明：

1、中國：

中國衛生部等部門公告，嬰兒奶粉中三聚氰胺的限量值 1.0 ppm，液態奶(包括原料乳)、奶粉、其他配方乳粉中三聚氰胺的限量值為 2.5 ppm，其他餅乾等含乳食品的三聚氰胺的限量值為 2.5 ppm (如圖 4 所示)。

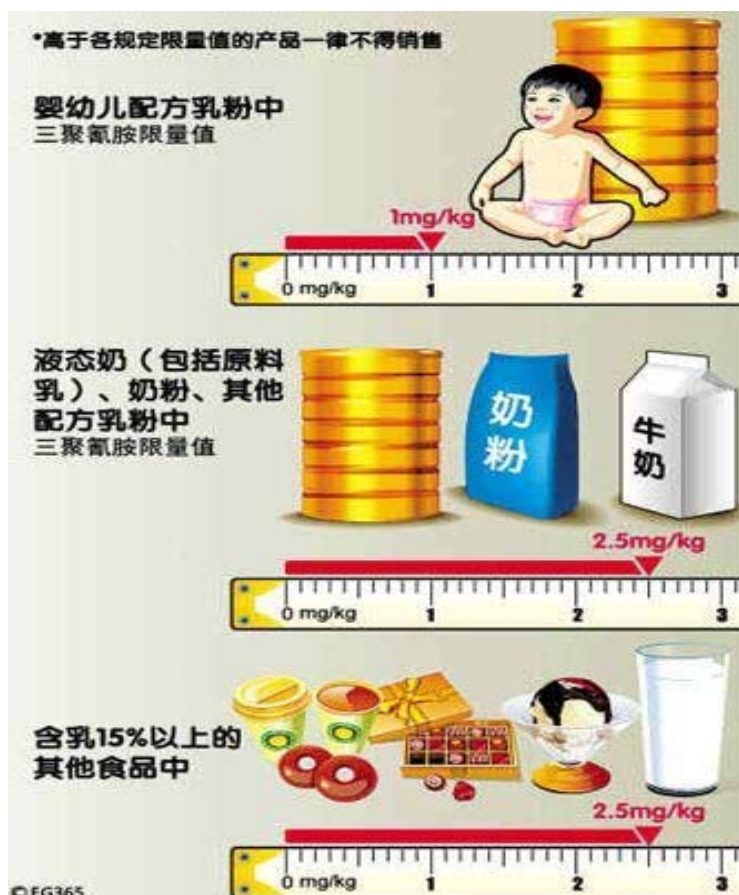


圖 4 中國大陸三聚氰胺法定殘留標準示意圖

資料來源：網路資訊

http://club.pchome.net/topic_6_35_1033970.html

註7 U.S. Department of Health and Human Services: NTP Technical Report, TR 245, 1983

2、香港：

香港政府法律規定：嬰幼兒及孕婦食品，每公斤不能含有超過 1.0 mg (1.0 ppm) 的三聚氰胺，食物每公斤不能超過 2.5 mg (2.5 ppm)。(註8)

3、紐西蘭：

紐西蘭食品安全局則參考歐盟每日容許攝取量標準(每公斤體重每日 0.5 mg)決定，以一般食物 5.0 ppm、嬰兒食品 1.0 ppm 為食品殘留三聚氰胺的暫定檢驗判定標準，而這個標準是會隨時變動的。(註9)

4、美國：

美國食品及藥物管理局 (FDA) 並未對食物中三聚氰胺的含量訂定最低的標準，但美國衛生部門在 97 年 10 月 3 日明白指出三聚氰胺是不應存在於食物中的物質，禁止食品中含有這種成分。(註10)

5、台灣：

2008 年 9 月衛生署長葉金川正式公告：食品殘留三聚氰胺的檢驗判定標準，由 2.5 ppm 更正為不得驗出三聚氰胺。(註11)

至於媒體報導美國的食品中三聚氰胺的限值是 2.5 ppm？其實那是美國食品藥物管理局 (FDA) 於 2007 年 5 月 25 日所公布的一份風險評估報告(註12)。報告中指出對於人類而言，三聚氰胺的每日可容忍量是 2.5 ppm，亦指在這個濃度下，人體長期飲用不會造成傷害(註13)。但這個實驗的前提是食物中有“外加”污染 2.5 ppm 的三聚氰胺，不會引起健康問題，而不是允許食品添加三聚氰胺。

參、三聚氰胺標準檢驗方法

一、檢測儀器及參考方法檢測簡介

我國目前因衛生署並未公告標準檢測方法，國內各檢驗機構之檢測方法主要參照美國食品及藥物管理局 (FDA) 公告之方法施行(註¹⁴)，其檢測方法中規範可檢測三聚氰胺的儀器包含液相層析串聯質譜儀、液相層析儀及氣相層析質譜儀等三種儀器，以下將各別依儀器性能及前處理方法制定檢測程序，分述如下。

註8 2008 年食物內有害物質(修訂)規例，香港特別行政區政府食物環境衛生署 (2008 年 9 月 23 日)。

註9 紐西蘭食品安全局公告，參見 <http://www.nzfsa.govt.nz/>

註10 US FDA 公告，參見 <http://www.usda.gov/>

註11 行政院衛生署網站公告，參見 <http://www.doh.gov.tw/>

註12 US FDA 網站資料，參見 <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/melamra.html>

註13 FDA 對三聚氰胺安全/風險評估，參見 <http://www.cfsan.fda.gov/>

註14 FDA Laboratory Information Bulletin No.4396, May 2007

(一)液相層析串聯質譜

係使用高效能液相層析串聯質譜儀 (LC/MS/MS) (如圖 5)實施檢測，可檢測含量低於 0.05 ppm，此儀器定性及定量能力強，主要是串連質譜儀可同時實施母離子掃描及子離子掃描，此方式可增加對三聚氰胺辨識度，避免誤判，由於此型儀器價格較昂貴，擁有此型儀器單位較少，而國軍目前僅防研中心具有 1 台。

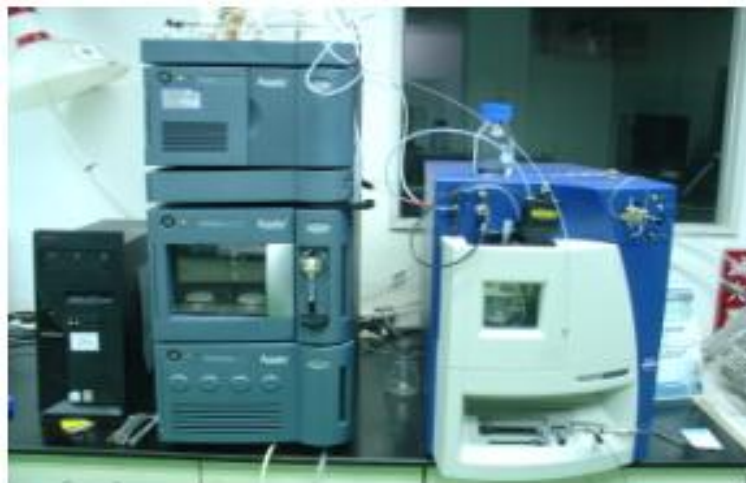


圖 5 高效能液相層析串聯質譜儀

資料來源：陸軍化學兵學校核生化防護研究中心儀器

(二)液相層析

係使用高效能液相層析儀 (HPLC) (如圖 6)實施檢測，可測出三聚氰胺含量至 2.5 ppm，其定性及定量能力較差，容易因食品雜質產生訊號干擾，而造成結果誤差；但由於此型儀器價格較便宜，目前國內食品工業研究所及各檢測單位大部分均使用此型儀器。



圖 6 高效能液相層析質譜儀

資料來源：陸軍化學兵學校核生化防護研究中心儀器

(三)氣相層析質譜

係使用氣相層析質譜儀 (GC/MS) (如圖 7) 實施檢測，可檢測三聚氰胺含量至 0.5 ppm，此方法須較繁複之前處理程序及檢測技術，檢測能力較液相層析串聯質譜儀差，以至於較少應用於三聚氰胺檢測。



圖 7 氣相層析質譜儀

資料來源：化學兵學校核生化防護研究中心儀器

(四)檢測能力比較

而目前液相層析串聯質譜的最低偵測極限(lower limit of detection, LOD)數值為何？在 FDA 文件中指出，液相層析串聯質譜儀最低偵測極限可以低到 10 ppb，但那是最佳數值，一般情況下 LOD 約在 50~100 ppb。(註15)目前建立的三聚氰胺標準檢驗方法所測得之最低偵測極限為 5 ppb(0.005 ppm)，其檢測能力與國際同步。

二、化學兵學校核生化防護研中心三聚氰胺標準檢驗方法

(一)方法概述

遵循美國 FDA 的方法，完成標準檢測程序 (SOP)，主要方法概分為四大項，分別為樣品前處理、樣品淨化萃取、上機檢驗、數據處理等。其方法概述如下：

首先將樣品經過研磨均質，以三氯乙酸將樣品中之三聚氰胺溶出，再以固相萃取技術將樣品濃縮純化後，進入液相層析串聯質譜儀，在荷質比(m/z) 127 及 68 進行三聚氰胺定性及定量，所需儀器及藥品如表 1 及表 2。

註15 NOW 今日新聞網，參見 <http://www.nownews.com/>

項次	儀器名稱
1	Waters 液相層析串聯質譜儀(UPLC/MS/MS)
2	均質器
3	離心管振盪器
4	超音波振盪器
5	分析天平：靈敏度至 10 mg
6	離心機：轉速可至 5500 rpm
7	50 mL 離心管
8	10 mL 玻璃試管
9	抽氣機
10	Oasis MCX 20 孔固相萃取裝置
11	萃取管柱：Oasis MCX 6 c.c 150 mg 或 500 mg

表 1 檢測三聚氰胺所需儀器表

資料來源：作者自製

項次	藥品名稱	配置方法
1	甲醇(LC 等級)	
2	2% 甲酸溶液 (分析試藥級)	取 2mL 甲酸(分析試藥級)至 100mL 定量瓶中，以去離子水定量至刻度。
3	氨水-氰甲烷沖提液 (5：95)	取 5mL 氨水(分析試藥級)至 100mL 定量瓶中，以氰甲烷(LC/MS 等級)定量至刻度
4	1%三氯乙酸溶液	取 5g 三氯乙酸(分析試藥級)至 500mL 定量瓶中，以去離子水定量至刻度。
5	三聚氰胺標準品(分析試藥級以上)	
6	20% 甲醇溶液	取 200mL 甲醇(LC 級)至 1L 定量瓶中，以去離子水定量至刻度

表 2 檢測三聚氰胺所需藥品表

資料來源：作者自製

(三)樣品前處理方法

當收到樣品時，首先對樣品實施登錄，並區分為固態食品及液態食品，再對樣品實施均質、加藥混合、超音波振盪、離心分離、萃取淨化等前處理步驟，其簡單的流程示意圖如圖 8 至圖 12，其詳細方法說明如後：

1、樣品前處理：

- (1) 秤取約 100g 樣品，置於均質樣品瓶中。
- (2) 將樣品瓶裝置於均質器上，以間斷研磨方式，將樣品研磨至均勻。
- (3) 精秤均勻樣品 5.0 g 至 50 mL 離心管中，加入 1%三氯乙酸溶液 25 mL，以離心管振盪器，振盪混合 2 分鐘，之後再以超音波振盪器，振盪 10 分鐘。
- (4) 將完全混合之樣品置入離心機，以 5500 rpm 之轉速進行離心 10 分鐘。
- (5) 取澄清液 10 mL 進行固相萃取。

2、固相萃取流程

- (1) 架設 20 孔固相萃取裝置，將 20 個位置編號，於 1 - 5 號位置放置 5 支萃接管柱。固相萃取裝置下方 20 個位置則分別架設 10 mL 玻璃試管。
- (2) 平衡活化：
 - A、取 4 mL 甲醇置入萃接管柱中，開啟抽氣機，將甲醇抽至下方玻璃試管後關閉抽氣機(抽氣速率控制在 1 滴/秒)。
 - B、再取 4 mL 去離子水置入萃接管柱中，開啟抽氣機，將去離子水抽至下方玻璃試管後關閉抽氣機(抽氣速率控制在 1 滴/秒)。
 - C、將萃接管柱換至 6 - 10 號位置。
- (3) 進樣：
 - A、取離心後之樣品澄清液 10 mL 置入萃接管柱中，開啟抽氣機，將去離子水抽至下方玻璃試管後關閉抽氣機(抽氣速率控制在 1 滴/秒)。
 - B、將萃接管柱換至 11 - 15 號位置。
- (4) 清洗雜質：
 - A、取 4 mL 甲酸溶液(2%)置入萃接管柱中，開啟抽氣機，將甲醇抽至下方玻璃試管後關閉抽氣機(抽氣速率控制在 1 滴/秒)。
 - B、再取 4 mL 甲醇置入萃接管柱中，開啟抽氣機，將去離子水抽至下方玻璃試管後關閉抽氣機(抽氣速率控制在 1 滴/秒)。

C、將萃取管柱換至 16 - 20 號位置。

(5) 沖提：

A、取 4 mL 氨水-氰甲烷沖提液置入萃取管柱中，開啟抽氣機將甲醇抽至下方玻璃試管後關閉抽氣機(抽氣速率控制在 1 滴/秒)。

B、取約 1.5 mL 沖提液置入 2 mL 樣品瓶，上機分析。

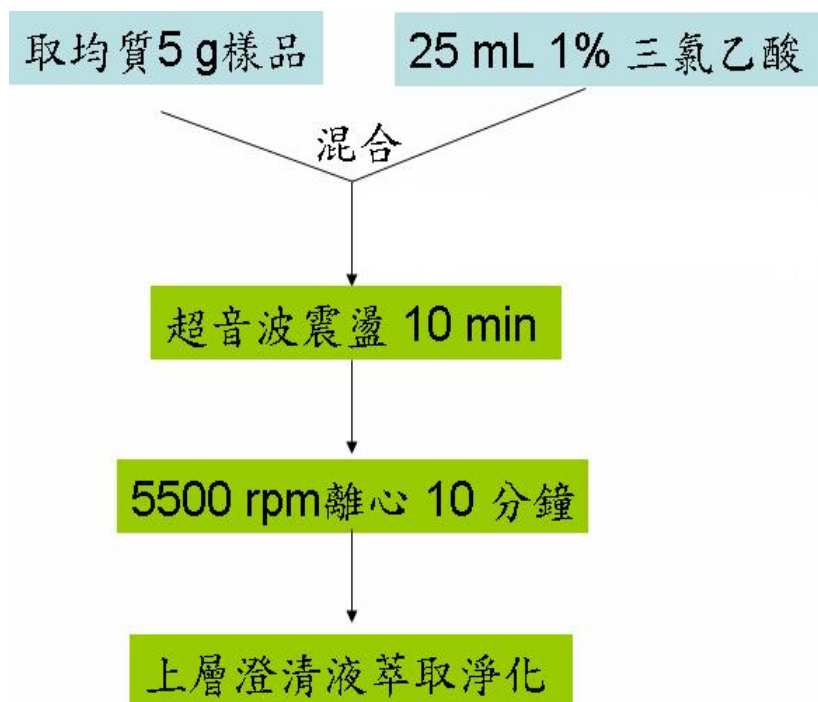


圖 8 樣品前處理示意圖

資料來源：作者自製

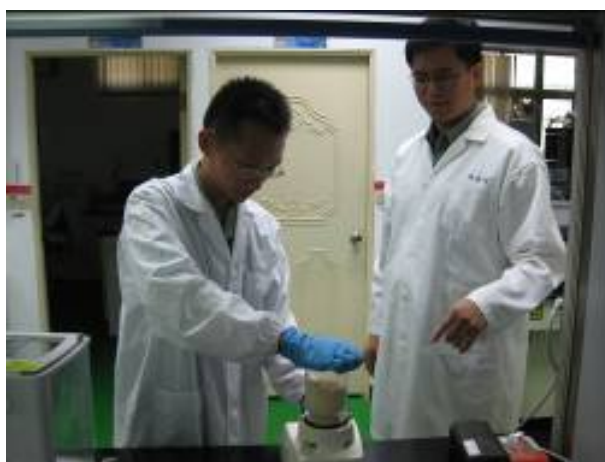


圖 9 樣品均質

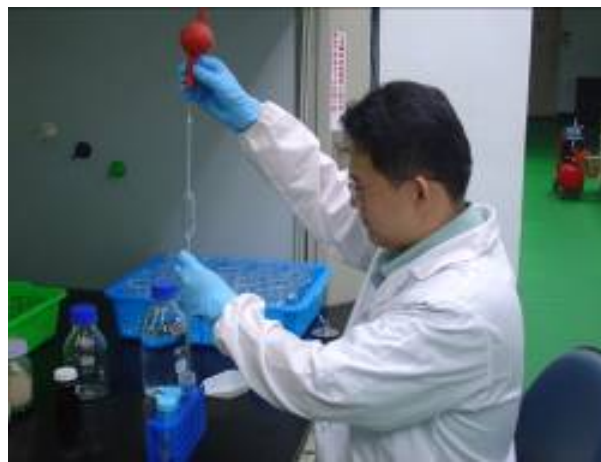


圖 10 加藥混合



圖 11 離心分離

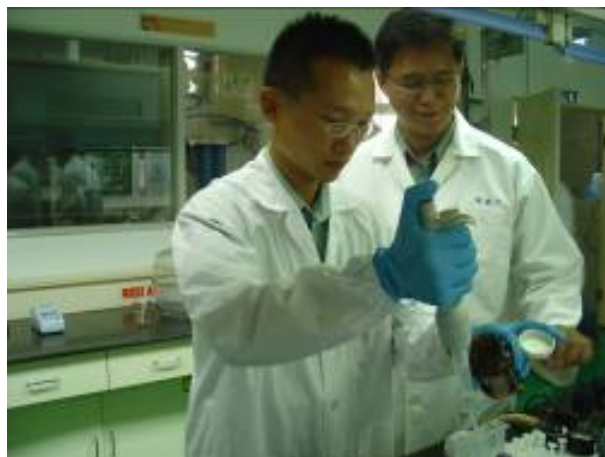


圖 12 萃取淨化

資料來源：陸軍化學兵學校核生化防護研究中心前處理現場照片

(四)上機分析

樣品前處理淨化完成後，便可上機分析，所採用的分析儀器為偵測極限較低的液相層析串聯質譜儀，其設定條件說明如下：

1、液相層析串聯質譜儀設定條件

- (1) 管柱(column)：Waters UPLC BEH HILIC 2.1*100mm
- (2) 離子化模式(Ionization mode)：ESI+
- (3) 毛細管電壓(Capillary voltage)：3.2kV
- (4) 去溶劑氣體流量(Desolvation gas)：600 L/hr
- (5) 氣體流量(Cone gas)：50 L/hr
- (6) 離子溫度(Source temp)：120 °C
- (7) 去溶劑溫度(Desolvation temp)：350 °C
- (8) 分析模式(Acquisition)：Multiple Reaction Monitoring(MRM)
- (9) 碰撞氣體壓力(Collision gas)：3.5*10⁻³ mBar

化合物 (Compound)	特定離子荷質比 (MRM Transition)	掃描時間 (Dwell Time(sec))	碰撞氣體電壓 (Cone Voltage(V))	碰撞氣體能量 (Collision Energy(eV))
三聚氰胺 (Melamine)	127>85	0.1	30	20
	127>68	0.1	30	20

為求精準定量，必需配置標準檢量線及品管樣品，其檢量線相關係數須大於 0.995 以上，品管樣品回收率為 70 %，其配置說明如下：

2、檢量線配製

- (1) 取 0.1 g 三聚氰胺標準品至 100 mL 定量瓶，以 20 % 甲醇溶液定量至刻度，濃度為 1000 ppm。
- (2) 取 1000 ppm 三聚氰胺標準液 1 mL 至 1 L 定量瓶，以 20 % 甲醇溶液定量至刻度，濃度為 1 ppm。
- (3) 分別取 1 ppm 三聚氰胺標準液 0.01 mL、0.025 mL、0.05 mL、0.10 mL、0.25 mL、0.50 mL 至 100 mL 定量瓶，以 20 % 甲醇溶液定量至刻度，濃度分別為 10 ppb、25 ppb、50 ppb、100 ppb、250 ppb、500 ppb。

3、品質管制

在圖質管制的部份，參考美國及國內方法，必須製作空白樣品及樣品作三聚氰胺添加，除樣品添加外，品管手法再增加添加重覆以精準計算樣品回收率及定量，其品管配置說明如下。

- (1) 試劑空白：取一離心管，隨著樣品進行前處理及分析。
- (2) 樣品添加：取 10 ppm 之三聚氰胺標準品 100 μ L，於「加藥混合」程序時，加入樣品中，隨著樣品進行前處理及分析。
- (3) 添加重覆：多作一瓶「樣品添加」樣品，隨著樣品進行前處理及分析，於數據計算時，二瓶「樣品添加」進行重覆品管。

(五)實例說明

目前防研中心已針對三聚氰胺檢測成立任務編組，由陳連松少校負責檢驗專案任務執行，自 9 月 29 日起開始抽檢陸軍化學兵學校、21 砲指部、33 化學兵群等部隊庫存野戰口糧 4 批次 12 項樣品及副供站含奶製品 5 項、國軍福利站含奶製品 5 項，共計 22 項樣品。檢驗結果副供站及福利站商品皆合格，其報告及檢驗圖譜如圖 13。(註16)

肆、食入含三聚氰胺食物的處置方法

一、食入含三聚氰胺食物造成腎結石之症狀

以下將說明成人及嬰幼兒腎結石之具體症狀，對於成人而言，最明顯的症狀是腎絞痛或是腰悶悶的痛，也可能伴隨著血尿或泌尿系統疼痛的症狀；對於嬰幼兒而言，會語言的孩童會訴說腰或肚子疼痛，不會語言的小孩行為會表現出哭鬧，臉色發白，出冷汗等行為，其生理症狀可能出現排尿不暢，排尿困難，甚至血尿等症狀，若有以上症狀，就有可能是有腎結石。(註17)

註16陸軍化學兵學校校生化防護研究中心國軍副食供應站食品三聚氰胺檢驗報告。

註17 Prevention of recurrent nephrolithiasis, Goldfarb DS, Coe FL, Am Fam Physician. 1999 Nov 15;60(8):2269-76.

陸軍化學兵學校核生化防護研究中心

國軍剩食供應站食品三聚氰胺檢驗報告

出報告地址：桃園八德郵政 90609-2 號信箱

電話：民用：(03)3635485 軍用：306102

檢驗單位：毒化檢驗組 樣品基質：食品

報告日期：97 年 10 月 6 日

抽樣地點：營站

抽樣時間：97 年 10 月 03 日

項目	花蜜布丁糖心餅 (有效期限 98.03.05)
實物照片	
商品名稱	花蜜布丁糖心餅
檢測結果	未檢出
註	一、檢驗方法：依據美國食品藥物檢驗局-奶粉中三聚氰胺 UPLC-MS/MS 檢測方法。 二、檢驗儀器：液相層析串聯質譜儀 LC/MS/MS 三、儀器偵測極限：5 ppb (0.005ppm)。 四、HPLC 表檢測值低於儀器最小偵測極限(即未檢出)。 五、檢驗結果： 1. 花蜜布丁糖心餅未檢出。 2. 檢測結果及圖譜如附件。
檢驗員	陳建宏
主管	賴政國

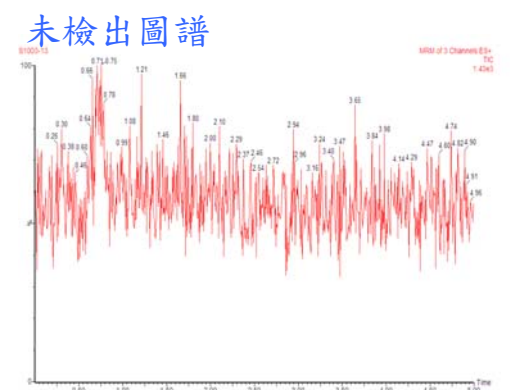
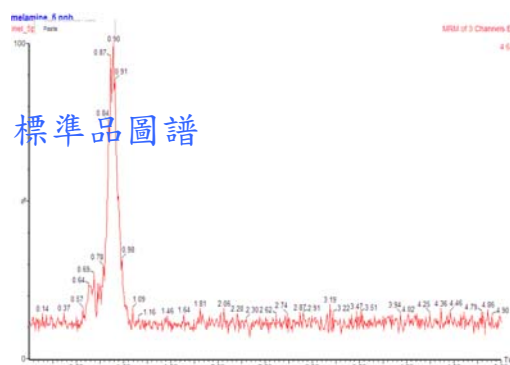


圖 13 三聚氰胺標準報告

資料來源：作者自製

二、腎結石高危險群

最大風險者是長期食用由中國大陸製乳製品的人；其次為工作環境的溫度較高、排汗量多、且少飲水者，國軍弟兄便屬此一高危險群，平時最好的預防方法便是於從事訓練時，正確且適量的飲水並且適時的排尿。(註18)

三、腎結石診斷方式

若不幸出現上述確定腎結石的症狀，請立即至具 X 光機或超音波檢查的醫院或是國軍醫院檢查，掛號可掛家庭醫學科、一般內科、腎臟科或泌尿科、小兒科等門診，並要求腎臟超音波及 X 光檢查，確認有無泌尿道結石。尿路結石如圖 14 所示。



圖 14 腎臟超音波及 X 光攝影檢查圖

資料來源：網路資料

<http://www.tzuchi.com.tw/file/divintro/urine/urine2.htm>

四、腎結石治療方式

腎結石治療方式須由專業醫師依據病人症狀、結石的大小、位置、腎水腫的嚴重程度來決定病人治療方式(註19)。常見的腎結石治療的方式，有自行排出、手術取出及震波碎石等。一般而言超而言若結石 0.5 x 0.5 cm 以下，可藉由大量的尿液將結石沖出體外自行排出；手術取出，則是藉由手術將結石由患處取出；震波碎石則是使用震波碎石機將結石擊碎並沖出體外。

五、腎結石預防辦法

三聚氰胺雖為低毒性化學毒物，但其對人體對會造成之結石之危害，目前並沒有解毒劑，專家們建議，其改善方法是大量喝水，至少每天飲水 2000 cc 以上且適當排尿，適當限制含鈣高的食物，且不要吃含草酸鹽過多的食物，並選擇已完成食品檢驗合格之食品，避免食用來路不明之食物，若有身體不適且有上述結石症狀者，應立即就醫。

伍、結論

本研究使用為偵測能力較強的液相層析串聯質譜儀，參考美國 FDA 標準檢驗方法完成國軍現行三聚氰胺標準檢驗方法，其儀器偵測極限便可達 0.005 ppm(5 ppb)，檢驗技術達國際檢驗水準，每日可執行檢驗能量為 16 個樣品，檢驗技術能力及能量皆可有效支援國軍單位。液相層析串聯質譜儀，其精密度、穩定性、準確度及質量範圍，皆比國軍現有之各項檢驗儀器來得性能優益，面對可能發生各項化學緊急事故，皆可有效支援檢驗分析，提供各項防護、清除及後續處理等建議。

註19「預防和治療腎結石的飲食之道」，馬偕院訊第 200 期，1996 年，卷 1，頁 20。

陸、參考文獻

一、論文

- (一)馬偕院訊，預防和治療腎結石的飲食之道，第 200 期，1996，卷 1。
- (二)Puschner B, Poppenga RH, Lowenstine LJ, Filigenzi MS, Pesavento PA. , (2007) , Assessment of melamine and cyanuric acid toxicity in cats. , J Vet Diagn Invest. , 2007
- (三)Dobson RL, Motlagh S, Quijano M, Cambron RT, Baker TR, Pullen AM, Regg BT, Bigalow-Kern AS, Vennard T, Fix A, Reimschuessel R, Overmann G, Shan Y, Daston GP. , (2008) , Identification and Characterization of Toxicity of Contaminants in Pet Food Leading to an Outbreak of Renal Toxicity in Cats and Dogs. , Toxicol Sci. , 2008

二、報告：

- (一)陸軍化學兵學校核生化防護研究中心國軍副食供應站食品三聚氰胺檢驗報告。
- (二)三聚氰胺檢驗技術與能量專題報告，國防部，2008 年 10 月。

三、網路資料：

- (一) 美國食品及藥物管理局網站資料，<http://www.fda.gov/>
- (二) 行政院衛生署網站資料，<http://www.doh.gov.tw/>