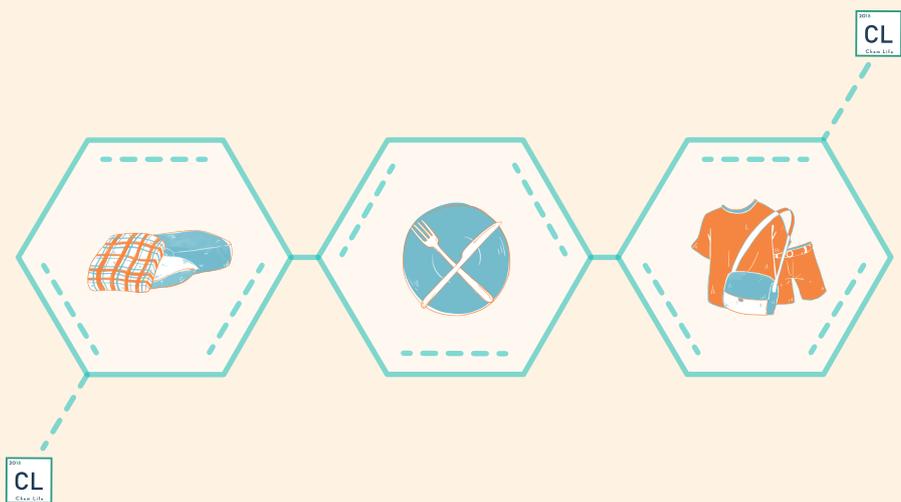


生活中 的 化學物質

Chem Life

別怕化學，要懂化學！
Chem Life 陪你一起認識生活中的化學物質。



行政院環境保護署毒物及化學物質局編著

LIFE CHEM LIFE CHEM LIFE CHEM LIFE CHEM LIFE CHEM LIFE
CHEM LIFE CHEM LIFE CHEM LIFE CHEM LIFE CHEM LIFE CHEM LIFE
LIFE CHEM LIFE CHEM LIFE CHEM LIFE CHEM LIFE CHEM LIFE
CHEM LIFE CHEM LIFE CHEM LIFE CHEM LIFE CHEM LIFE CHEM LIFE
LIFE CHEM LIFE CHEM LIFE CHEM LIFE CHEM LIFE CHEM LIFE
CHEM LIFE CHEM LIFE CHEM LIFE CHEM LIFE CHEM LIFE CHEM LIFE
LIFE CHEM LIFE CHEM LIFE CHEM LIFE CHEM LIFE CHEM LIFE

目錄

不要啊！你餵我吃了什麼

- 06 序文
- 08 實驗室好朋友「玫瑰紅B」，
怎會深藏在喜氣的紅湯圓裡？
- 12 我家豆干很乖的，都是皂黃帶壞它：
好豆干應該是什麼顏色？
- 20 「二甲基黃」在二戰時期引起的食安危機：
該讓人民心慌慌，還是繼續食用致癌奶油黃？
- 28 「甲醇」假酒中毒用真酒治，真的假的！
- 36 珍珠變Q變硬的秘密和順丁烯二酸 —
毒澱粉，這就是所謂Q彈的代價？(上)
- 44 那些QQ的食物和不該出現的順丁烯二酸酐 —
毒澱粉，這就是所謂Q彈的代價？(下)
- 50 喔你的甜蜜，刺痛了我的心！
從甘精看甜味劑發展史
- 56 孔雀綠是什麼？又為何會出現在水產品裡？
- 64 紅茶冰裡的香豆素，是危險的好氣味？
- 70 不該在牛奶裡的「三聚氰胺」，是能吃的東西嗎？
- 76 為什麼會有咬人的沙發？
富馬酸二甲酯是抗黴良品還是毒藥？

目錄

嗚
痾
痾
痾
！
我
中
招
了
！

- 146 瘋癲的帽匠怎麼了：從汞談化學生命週期
- 154 好毒的意外：化學工業的歷史共業「戴奧辛」
- 162 《暴露評估傳》：疑似有麝香來襲，甄嬛該怎麼做？
- 170 「甲醛」建材中都會看到的小小身影
- 176 翻開覆蓋的陷阱卡——「石棉」健康的隱形殺手
- 184 化學災害的幕後英雄：化學技術特工出動！（上）
- 190 化學災害的幕後英雄：化學技術特工出動！（下）
- 196 生活中的化學物質—環境用藥
- 202 推理系作品中兇手的最愛「氰化物」，它真的有那麼致命嗎？
- 212 斯德哥爾摩公約：污染才不管哪邊哪國呢！
- 220 環境荷爾蒙就在你身邊？

生活中處處是化學物質，降低風險讓生活更無虞

打造安全、安心的「食安五環」，一直是政府努力不懈的重要工作之一，行政院環境保護署毒物及化學物質局在此當中更扮演了相當重要的食安一環源頭管理的角色，致力於維護食品安全，期望從第一線的把關來防止有毒物質流入食品，讓國人們能更食的安心、吃的放心。

社會大眾對「化學物質」的基本概念，往往可能因為來自四面八方的眾多訊息而被誤導，因此就把化學物質與有毒物質畫上等號，一旦掀起相關議題的討論就容易造成人心惶惶，歸根究底正是因為不懂化學物質、害怕化學物質。為了促使民眾不再對化學物質相關議題有距離，化學局於 2017 年 7 月 17 日成立了「生活中的化學物質 Chem Life」臉書粉絲專頁，用專業的角度卻生活化的溝通方式，傳遞看似艱澀難懂的科學性知識，並透過社群媒體的互動模式瞭解民眾更在意的那些化學物質訊息，讓化學物質知識不再是個陌生的巨人。

既然我們的生活無論如何都無法擺脫化學物質，那麼就期待能藉由這本書來傳達更正確的化學物質知識，讓我們從生活中對化學物質有更深一層的認識，藉此減少避免接觸有毒、危害性的化學物質風險，擁有更美好、更安全的生活。

行政院環境保護署
毒物及化學物質局局長

謝燕偉

玫瑰紅 B

實驗室好朋友
怎會深藏在喜氣的紅湯圓裡？



冬至吃上一碗紅白相間的「金銀」湯圓，寓意陰陽交替，又長了一歲。但你知道吃下這碗也有可能減壽嗎？

在冬至這一天，自己買碗熱熱的湯圓來喝，總是令人覺得暖心。但是民國 105 年底新聞爆出了某廠商使用工業染料「玫瑰紅 B」製作紅湯圓已經十年時，大家暖暖的心大概都涼透了吧……因為這次食安風暴的主角，竟然是實驗室紅人、常常用來將細胞染色的螢光試劑——玫瑰紅 B。為何來自實驗室的玫瑰紅 B 會出現在喜氣的紅湯圓裡呢？

來自實驗室的艷麗螢光劑，常用作細胞顯影

尋常的實驗試劑，究竟為何會在尋常人家家中被吃下肚呢？「玫瑰紅」這個名稱，其實是一類螢光染劑的泛稱，而這類顏色艷麗的染劑在實驗室裡的用途，也許比你想像的要多。因為這一類的分子可以放出螢光，所以幾乎可以在所有細胞顯影實驗中看見它們的身影，放光的顏色從綠色、黃色、橘色到紅色都有，端看羅丹明接上了什麼樣的官能基而定。

本篇主角玫瑰紅 B (Rhodamine B) 看起來則是有如玫瑰般美麗的粉紅色（下圖），因為會吸收綠光，所以當白光照到它的時候，看起來就會是互補色的樣子，所以也叫「羅丹明 B」，或稱作「紅花米」。

那麼玫瑰紅 B 是如何將細胞染色顯影的呢？事實上玫瑰紅 B 和它的親戚們本身並不容易和細胞內的分子結合，所以科學家在會發亮的玫瑰紅 B 上接上一個可以辨認目標的小分子，我們在顯微鏡下看到亮亮的部分，就是目標的所在位置；若想要觀察其他目標分子，只要把用來辨認目標的小分子換掉，就可以專一地讓玫瑰紅 B 和目標分子結合在一起了。這個概念被套用在很多玫瑰



羅丹明 B 在水裡的顏色

紅類的分子上，用作細胞顯影染色劑（透過顯微鏡觀察亮區），或是把細胞染亮之後，用螢光的強度來偵測細胞量或是細胞的物理化學性質（流式細胞術），又或者用在快速且高效地檢驗樣品（ELISA，酶結合免疫吸附分析法）。另外，一種常使用玫瑰紅 B 的實驗，是把它和金胺 O（auramine O）混合，這樣的試劑可以把抗酸性菌染色，常用來檢驗結核菌，是一種有效且成本較低的檢驗方法。

同樣是顯影，玫瑰紅分子家族還會被當作水流的追蹤染劑。只要在水裡加入小於 1 ppt 的量，就可以觀察水流的方向、水流流速，以及追蹤地下伏流的流向等等。

紅色玫瑰紅 B 的黑色幽默？ 簡單揪出玫瑰紅 B 的存在

玫瑰紅 B 被歸類為第三級致癌物，意思是有少量對動物致癌的證據，但對人體致癌性的研究不夠充分，沒辦法被判定為會致癌；儘管如此，玫瑰紅 B 仍然是禁止添加入食品中（添加物為正面表述，玫瑰紅 B 並沒有列在許可的食品添加物清單中，因此不得添加），如果接觸過多，食物經過的黏膜區域會受到刺激，肺部、喉嚨與腸胃道可能感覺不適，甚至吃進太多的話會排出紅色尿。

過節時牆上的紅紙、桌上的紅湯圓，都是帶來喜氣的象徵，只是大概沒人想得到，這樣的紅竟然可能是來自非法添加物玫瑰

紅 B。不只紅湯圓，甚至連麵龜、壽桃、紅龜粿一類點綴或染成紅色的食品，都曾被玫瑰紅 B 染指，讓那些看起來吉祥的紅色，各個都成了嘲笑消費者的黑色幽默。就像皂黃之於豆干、二甲基黃之於人造奶油，這次食安風暴的主角也跟之前一樣，是為了迎合消費者們對於食物外觀的想像，廠商違法地使用了能讓顏色、賣相更好的添加物。

儘管玫瑰紅 B 的價格比合法的紅色食用色素還貴，但因為煮過之後不容易掉色，受到不肖商人的青睞。其實，我們可以利用玫瑰紅 B 會放螢光的特性，自己為自己做簡易的食品把關，只要拿驗鈔筆照照湯圓，如果變成了鮮紅螢光色，那麼可能就有玫瑰紅 B 了！（咦）

參考資料

- Fluorescent Dyes – Leica Microsystem
- 羅丹明 B – Wikipedia
- Rhodamine B 物質安全資料表 – Alfar Aesar
- 添加工業染料 黑心湯圓賣 10 年 – 自由時報電子報，2016 年 12 月 10 日
- 圖解食品安全全書，周琦淳等人合著，2013 年出版，ISBN：9789866434488

皂黃

我家豆干很乖的，都是皂黃帶壞它
好豆干應該是什麼顏色？



豆干是臺灣家常小菜之一

民國 102 年 6 月，臺北市查獲某百年老店豆干中含有工業染料「皂黃」，時值食安風雲的高峰，再度激起一陣對於加工食品的不安全感。討論「皂黃」這種工業染料怎麼會用在豆干上，要先從過去的豆干製程談起。

白白的豆干不是個「好豆干」？

作為黃豆加工產品大家族的一員，想要安靜地做個好豆干，前半部分的製作流程跟豆腐相同。將黃豆泡水壓碎、烹煮過濾後

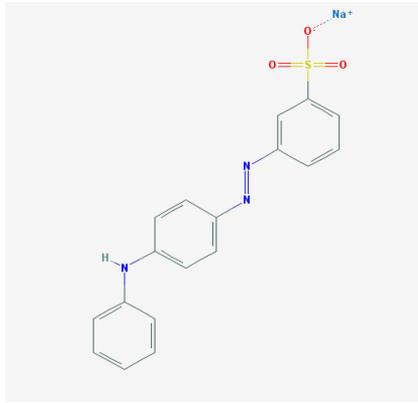
就可獲得豆漿；在豆漿內加入凝固劑鹽鹵或石膏，凝出豆腐花，再放入模具中加壓就是豆腐。而將豆腐切塊再度加壓，就可以完成豆干啦！

過去傳統的豆干在加壓完成之後，通常還會有烘乾、使用「糖烏」鹵製上色這個步驟。這是由於豆製品的水分跟蛋白質含量都相當高、容易腐敗，所以會將豆干烘乾、鹵製以延長保存期限。因此我們印象中的豆干大多數是有上色的，白色的豆干較不易保存，在市面上相對少見。而豆干這種價格便宜、又有既定印象的傳統加工製品，與防腐劑、著色劑等食品添加物非常容易「糾纏不清」。

時至今日，許多豆干都不再以鹵製上色，取而代之透過冷藏、真空包裝，或是添加防腐劑等方式延長其保存期限，可是白白的豆干看來實在不太可口，那該怎麼辦呢？那就來染個色吧！

豆干為什麼會要染色？因為消費者覺得豆干就應該是有顏色的。這裡要替染色的豆干稍稍平反一下。臺灣的食品添加物是採取正面表列，也就是「列表上沒有名列的添加物，就不能加到食品中」。

可用於食品添加的著色劑共有 35 種，豆干中常見的黃色染料包括食用色素四號（Tartrazine）或食用色素五號（Sunset Yellow），此二者都是經過合法認可食用色素，實在不需要對染



皂黃的結構圖

色豆干聞之色變。染色並沒有錯（商家也是為了消費者的喜好），有錯的是使用了違法的染料。

要有黃色，便有了皂黃

那為什麼近幾年我們對於「染黃」的豆干聞之色變呢？正是因為有人用了不該用的東西來染色。曾出現在豆干的黑名單包括了二甲基黃、二乙基黃、皂黃等，它們的危害之處並不在於來自人工合成或工業染料，而是經過風險評估後，科學證實不應該做為食品用途。

以皂黃來說，這種工業用黃色染料，常應用於皮革及油漆等製品，使其呈現鮮黃色。相較於前述適用於豆干的食用色素四號與五號，皂黃大約便宜一半，且染色效率較好，為黑心豆干廠商的愛用品（？）。但皂黃在大量食入後會引起在過敏或哮喘反應；甚至可能破壞細胞中的 DNA，是種潛在的致癌物，故在大多數國家中並未被列為許可的食品添加劑 [1]。

印度也曾爆出「食品中添加皂黃」的事件，差別是印度人吃的是咖哩。在咖哩必備的香料「薑黃粉」中加入皂黃，可以展現更漂亮的色澤，獲得消費者的青睞。

大家有沒有發現此事件跟臺灣的皂黃豆干有個共通點？當消費者不明食品的原始樣貌，只直覺選擇了長得「漂亮」又便宜的加工食品，不肖業者就有了使用不法添加物的動機——消費者想要白色，便出現含漂白水的麵條與豆腐；要黃色時，就有了皂黃染出的豆干。

無可避免的，若消費者不夠熟悉產品的原始風貌、或是加工的步驟較多，黑心業者就容易找到上下其手、違法添加牟利的空間。



行文自此，我們終於要來面對一個最龐大的問題：如果加工食品這麼容易走偏，難道我們就一直賭運氣不會吃到太多黑心商品？

有的，環保署於民國 106 年 9 月 26 日公告了 13 種具食安疑慮物質為「第四類毒化物」，其中就包括了皂黃。這 13 種化學物質是多曾出現在食品中的非法添加物，而未來要使用與販賣皆須有經控管的執照與紀錄，換句話說，未來要買皂黃或二甲基黃的染料，都必須明確紀錄其用途，目的便是從「源頭控管」，減少這類化學物質有流入食品的機會。

想要安全的吃豆干？動手實驗看看吧！

我們可以怎麼做，好吃得安心點呢？除了挑選加工食品時多留一份心思，選擇可靠的廠商、不要挑選太不自然的產品（太白、太黃的），也可以考慮自己動手做點實驗喔！

豆干常見違法添加的工業染料（二甲基黃、二乙基黃、皂黃）與防腐劑過氧化氫（雙氧水）現在都有快速試劑可供檢驗，而二甲基黃、二乙基黃、皂黃遭遇強酸皆會變色，可做為酸鹼指示劑。現在各縣市政府常不定時免費發送相關試劑，如果將試劑與豆干放在一起出現了紫紅色溶液，那恭喜（？）你可能破獲了一樁違法添加著色劑的案例！

註解

1. 實驗顯示相當量的皂黃會增加老鼠罹患肝硬化的機率，造成其生育組織退化，並影響腦部發育。人體大量食入皂黃將損害肝臟細胞，增加罹患肝癌的機率。急性中毒的部分，成人若食入 0.25 公克的皂黃將有噁心嘔吐的現象。

參考資料

- 哪一年才是食安元年？網址：<https://pansci.asia/archives/55757>，106年。
- 豆干業者：外衣鮮艷未必好，咖啡色豆干才天然，網址：<https://www.newsmarket.com.tw/blog/31443/>，106年。
- Khanna, S. K., Srivastava, L. P., & Singh, G. B.(1978) Toxicity studies on metanil yellow in rats. *Environmental research*, 15(2), 227-231.
- K. M. Grey, et al, Illegal dyes in food and spices- A 2006 LGC LC UV/Visible method reviewed and updated for 19 dyes, *Journal of the Association of Public Analysis* 44, 018 (2016).
- R. Sarkar anf A. R. Ghosh, Toxicological effect of metanil yellow on the testis of albino rats, *International Journal of Basic and Applied Medical Science* 2, 40 (2012).
- Nagaraja TN, Desiraju T.1993. Effects of chronic consumption of metanil yellow by developing and adult rats on brain regional levels of noradrenaline, dopamine and serotonin, on acetylcholine esterase activity and on operant conditioning. *Food Chemistry Toxicology*. 31 (1) : 41-4.
- 食品添加物使用範圍及限量暨規格標準（中華民國 97年 11月 20日行政院衛生署衛署食字第 0970405591號令訂定發布）
- 工業用染料 改貼「食品用」 皂黃豆干賣 7年 吃多恐傷肝致癌，網址：<http://www.merit-times.com/NewsPage.aspx?unid=308343>，106年。

- 端午節食品簡易試劑篩檢 DIY 南市衛生局免費提供 2000，網址：<http://www.chinatimes.com/realtimenews/20170516005785-260405>，106年。
- Nath, P. P., Sarkar, K., Tarafder, P., Mondal, M., Das, K., & Paul, G. (2015). Practice of using metanil yellow as food colour to process food in unorganized sector of West Bengal-A case study. *International Food Research Journal*, 22(4).
- 擴大列管 13種非法添加物，毒管法修正草案 4+1，網址：https://www.agriharvest.tw/theme_data.php?theme=article&sub_theme=article&id=518，106年。

二 甲 基 黃

在二戰時期引起的食安危機：
該讓人民心慌慌，還是繼續食用致癌奶油黃？



民國 103 年底爆發的毒豆干事件中，豆干食品被檢驗出違法添加工業用染料二甲基黃，引起民眾譁然，衛生單位也向後追查登記不實的原料廠商。

但你可能不知道，其實一直到幾十年前，這個事件主角「二甲基黃」都還合法地扮演著食用色素的角色，而且有一個可愛的名字：奶油黃。



胭脂樹紅是另一種二十世紀初常見的天然染料

人造奶油可口的秘密—食用色素奶油黃

當年，奶油黃的人氣還如日中天的時候，它可是人造奶油（margarine）不可或缺的好夥伴，能使人造奶油擁有如天然奶油般可口的淡黃色。你能想像不加色素的人造奶油嗎？當某天假日早上，想吃片香氣十足的烤土司當早餐時，我們只能從冰箱拿出一盒白白的、像豬油一樣的東西塗抹在吐司上……（想像起來食慾就大減了 www）

其實自十九世紀開始，人造奶油就會添加色素來讓它看起來比較可口。在二十世紀初期，主要使用的色素有兩種，一種是胭脂樹籽（annatto seeds）製成的天然染料（胭脂樹紅，不是來自蟲子的胭脂紅 XD），另外一種就是奶油黃，利用煤焦油成分中的分子合成得到的「合成色素」。

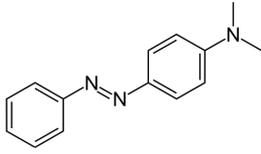
這種利用煤焦油成分進行合成的方法，是由德國化學家 Peter Griess 於 1860 年，在英國倫敦皇家化學學院開發，並首次合成成功。透過此方式，可以合成出紅色、橘色、黃色、綠色和藍色的偶氮化合物（diazo）。奶油黃被合成出來以後，在 1870 年代便已成為德國常用的食用色素之一，並在往後與它的各色兄弟姊妹們逐漸稱霸食用色素界，直到它們遇上了自己捅出來的食安風暴。

漢斯的兩難：承擔國民致癌的風險，還是直接禁用可能造成的恐慌？

時間快轉到 1941 年，那時納粹主政的德國已經控制了大部分的歐洲大陸。在柏林市區的一棟建築物裡，身為帝國衛生署（Reichsgesundheitsamt）署長的漢斯·萊特（Hans Reiter）煩惱地望著窗外。這已經不是他第一次收到來自其他政治團體的「關心」：為何有致癌疑慮的奶油黃還沒有被禁用？

使用奶油黃和其他的偶氮染料作為食用色素在德國已經行之有年，美國則直到 1930 年代偶氮染料才被核准允許使用作食用色素，但此時居然開始出現「偶氮染料致癌」的研究，讓漢斯好生煩惱。

凝視著窗外街道的漢斯，不禁嘆了一口氣，他清楚記得八年前（1933）日本病理學家吉田富三開了第一槍，發表了以腥紅染料（scarlet red, o-Aminoazotoluene）餵食老鼠以後，誘發肝



奶油黃（二甲基黃）分子結構

臟腫瘤的實驗結果。後來的幾年間，另外一位大阪的病理學家木下良順也發表了多篇研究，證明了更多種偶氮染料的致癌性，尤其是 1937 年那篇關於奶油黃致癌性的文獻，他們餵食大鼠奶油黃二到三個月以後，發現大鼠罹患了肝癌。

兩年前（1939），國際癌症研究會議（International Congress for Cancer Research）全體通過，建議各國將當時已知對實驗動物有致癌性的 30 餘種偶氮染料列入禁用的食品添加物。漢斯得知了這個消息後，便陷入了兩難：如果致癌性是真的，直接下令禁止使用所有偶氮類染料是最安全的作法；但是戰爭已經開打，若貿然禁用這些用量極大、堪稱德國「民生必需品」的食用色素，短時間內很難替所有的食用色素找到替代品，民眾可能會以為國家已經無法穩定產出民生必需品，而造成恐慌。

在徵詢過德國藥理學家 Hermann Druckrey 的意見之後，漢斯選擇了一個既非禁用、也不會驚動國民的方式來處理這個問題。首先，漢斯指示 Druckrey 帶領團隊重複這些偶氮染料致癌性的實驗，以及進一步研究致病的機轉。接著他起草新版的德國顏料法，將這些年新發表的偶氮染料致癌性研究列入考量；同時

要求所有知情人士，不得洩漏奶油黃與偶氮染料致癌的消息，以免造成大眾恐慌。然後再秘密地與各家色素合成工廠與其下游廠商商談，包括番茄製品、各類果醬和汽水製造商，說服他們逐步減少食物中這些致癌色素的使用量。

然而，「偶氮染料會致癌」的風聲仍然在大眾間流傳，這正是此刻最令漢斯頭痛的事。一位哥廷根國家社會主義婦女工作組織（NS-Deutsches Frauenwerk）的成員詢問上級，為何致癌的色素仍然可以使用於食品中，漢斯甚至還受到地區性婦女組織頭頭的施壓：「雖然我們婦女肯定願意為了國家而犧牲，但要我們接受食物中有致癌的色素完全是另一回事。」

雖然沒有任何文獻紀錄至二戰結束時，究竟還有多少比例的食品中仍含有偶氮染料，但在漢斯持續不斷的努力之下，在 1943 年歐洲總體戰（total war）開始前，已經成功縮減了德國大約一半的偶氮色素用量。不過，後期戰爭失利，使他沒辦法順利繼續推行食用色素減量的措施，奶油黃以及其他偶氮類染料完全被禁用也已經是 1960 年代以後的事了。

去除舊名的二甲基黃—禁用於食品的工業色素

從當年漢斯指示藥理學家 Hermann Druckrey 進行的研究，到戰後的各種研究結果，都證實了二甲基黃的致癌性，也因此使得各國禁用偶氮染料於食品中。這些研究還發現了二甲基黃在動物實驗中的致病機轉：當二甲基黃進入人體後，會在肝臟被還原

為苯胺，這也是為什麼許多偶氮類染料會誘發肝臟腫瘤的原因。1987 年，國際癌症研究總署（IARC）將二甲基黃列為 2B 級致癌物，意思是「疑似可能對人類具有致癌性」（IARC 用的字是 possibly carcinogenic to humans），雖有部分動物實驗證明致癌，但人類致癌性的證據仍然不夠充分。

三十年後的今天，我們在人造奶油的成分中已經找不到「奶油黃」了，會聽到二甲基黃的名字，大概就只剩化學實驗課中挑選酸鹼指示劑的時候——因為二甲基黃微溶於水，而且在 pH<2.9 的環境下呈現紅色、pH>4 呈現黃色，成為酸鹼指示劑的一種選擇；還有工業上用於造紙或皮革等非食品的黃色染料。以及不幸地，民國 103 年爆發的毒豆干事件時的新聞報導中。

事實上，這並不是臺灣的第一起二甲基黃違法添加事件。早在民國 76 年就曾發生過有廠商使用二甲基黃作為豆干類製品的染色劑，迫使政府修改法規，禁止二甲基黃作為食用色素。而民國 103 年發生的毒豆干事件，則是上游廠商為了節省成本，在製造油皮、腐皮、豆干所需要的「豆製品乳化劑」與「消泡劑」中添加二甲基黃，當作黃色色素來使用。

多年研究累積下來，人們理解二甲基黃的致癌性，也因此禁用於食品中，二甲基黃目前只能、也只應該用作工業色素。那些明知具有致癌性還違法使用的廠商固然不可取，但我們也在奶油

黃的故事中看到，從證明偶氮類色素致癌走到完全禁用，是多麼的曠日廢時、多麼漫長的一條路。

根據食藥署公布的《食品添加物標準草案》，臺灣的食品添加物採取「正面表列」，也就是只有列在清單中的才可以加，新的分子在通過食品添加物的毒性試驗前，是不能添加到食品中的。環保署於民國 106 年 9 月 26 日公告二甲基黃為第四類毒化物，從源頭加強管理其流向，以降低其流入食品的風險。



不只人造奶油中含有奶油黃，
八十多年前的果醬中也允許添加有致癌風險的偶氮色素

參考資料

- The Nazi War on Cancer, Robert N. Proctor(1999)
pp.165-170, Princeton University
- Gendered Drugs and Medicine: Historical and Socio-Cultural Perspectives, Teresa Ortiz-Gómez, María Jesús Santesmases (2016), pp.28-33, Routledge
- Heines, S. V. (1958). Peter Griess—Discoverer of diazo compounds. J. chem. Educ, 35(4), 187. DOI:10.1021/ed035p187
- 二甲基黃 - 科學 Online
- 偶氮化合物 (diazo compound) - 科學 Online
- 臺灣食品安全事件列表 - Wikipedia
- 為什麼要加食品添加物？三餐都自己煮就好了啊～網址：<https://pansci.asia/archives/103045>，106年。

甲 醇

假酒中毒能用真酒治療？真的假的！



2017 年八月，中國重慶市石柱縣一名男子誤喝假酒後，感到頭昏無力，本以為只是喝多了，但後來開始劇烈嘔吐，最後竟然雙眼看不見東西，送醫後醫生卻指示病人繼續喝酒，莫非是要「以毒攻毒」？

冒充酒精的甲醇

酒精又稱為乙醇 (ethanol)，而「假酒」之所以使人中毒，是因為裡面加入了和乙醇相似、卻較容易取得且便宜的甲醇 (methanol)，通常是不肖商人用以降低成本的手段。這樣的行為在二十世紀之前相當常見，直到 1923 年甲醇的毒性才被世人承認。

甲醇的化學式是 CH_3OH ，和乙醇 ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) 都是由碳原子接上一個氫氧基 (OH) 的醇類。甲醇又稱為工業用酒精或木精，無色透明且氣味與酒精相似，沸點低、具有揮發性，工業方面常被用來當作有機溶劑。

甲醇中毒會出現包含了嗜睡、噁心、嘔吐腹瀉等症狀，嚴重者會導致永久性失明，甚至死亡。1951 年在美國亞特蘭大，當時商人為了降低成本，將含有甲醇重量百分濃度 35~40% 的冒牌威士忌流入市面，在僅僅五天之內導致了 323 人中毒、41 人死亡，是歷史最大的假酒危害事件之一。

甲醇變身，甲醛與甲酸

在知道是誰在作祟後，我們進一步來看看甲醇的中毒機制，首先要帶來一個令人驚訝的事實：甲醇本身並不具毒性。但是，當甲醇被喝下或吸入後，會在消化道和肺臟透過擴散作用吸收進入血液中，然後被人體轉化為甲醛 (Formaldehyde, CH_2O)，也就是我們常聽到的福馬林。不過，甲醛雖具有毒性，但仍不是最可怕的敵人。甲醛形成之後，會再被轉化成甲酸 (Formic acid, CHOOH)，此時真正的大魔王才要等登場。

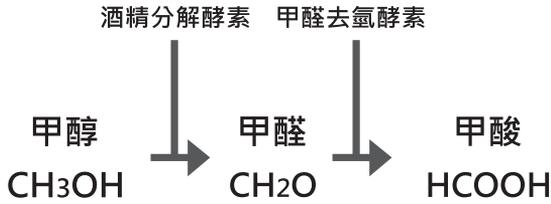
甲酸又被成為蟻酸，因螞蟻、蜜蜂等生物以其為化學武器而得名，毒性比甲醛更強，也是甲醇中毒最主要的原因。甲醛被轉化為甲酸之後會在身體裡累積，抑制粒線體的呼吸作用、使細胞壞死，破壞神經系統進而導致失明，此症狀稱為代謝性酸中毒 (metabolic acidosis)。



以酒剋酒？酵素的爭奪戰

回到開頭新聞中的中國男子，當時他雖然感到不適卻仍持續喝了數杯假酒，隔日中午便頭昏、無力，開始嘔吐、視力模糊。被診斷出是甲醇中毒後，轉往重慶醫科大學附屬第二醫院急救部進行急救，生命垂危。

醫生在診斷後作出了一個令人不解的決定：請家屬買烈酒來給患者服用。「醫生要我們買酒，說要買五、六十度的高濃度酒，用來解毒！」傅國林的妻子也覺得這辦法聞所未聞，「本來就是喝酒中毒，還要繼續喝？」但在醫生的堅持下，家屬仍然半信半疑地照做了。酒一喝就是好幾天不中斷，最後，患者的病情好轉，血液中的甲醇濃度降低，終於康復出院，並說再也不敢這樣喝酒了。



從甲醇到甲酸的代謝過程

真酒之所以可以減緩甲醇中毒，是靠搶走酵素來辦到的。前面提過，甲醇中毒主要是因為甲酸的強烈毒性。而要形成甲酸，就必須讓甲醇在肝臟被酒精分解酶（alcohol dehydrogenase, ADH）分解形成甲醛，再讓甲醛跟甲醛去氫酶（aldehyde dehydrogenase, ALDH）反應形成甲酸。

還好，酒精分解並不是只會對甲醇作用，它也會將乙醇轉化成乙醛（acetaldehyde, CH₃CHO），更幸運的是，酒精分解酵素對於乙醇的親和性較高。故當血液中的乙醇濃度夠高時，酵素與乙醇的反應達到飽和，就不能將甲醇轉化為毒性較高的甲醛，讓甲醇直接被排出體外，等到一開始生成的甲酸被人體所代謝，形成無害的水與二氧化碳之後，才算是治療完成。

「乙醇療法」聽起來雖然令人疑惑，卻是現今對於甲醇中毒相當重要的療法之一。但是，大家千萬別為了想喝酒就故意讓自己中毒喔。

如何避免喝到假酒？

喝到假酒很難過，喝到加了甲醇的假酒更是危險，雖然臺灣自民國 91 年後不曾再傳出使用甲醇偽造假酒的案例，但違法包裝、製造假酒的例子依然層出不窮，而這些假酒中含有毒物質（甲醇或其他重金屬等）的風險相當高，值得注意，但是要怎麼樣才能避免買到假酒呢？

1. 購買合法安全的品牌商品

許多甲醇中毒的事件，都是因為喝了來路不明、低價的酒所導致的，選擇合法的製造廠商或進口商，可以有效減少喝到假酒的危險。

2. 檢查外觀

若無法得知飲品來源，飲用之前先檢查外觀，例如標籤是否印刷清晰、標示是否明確、瓶蓋瓶身是否完整等因素，也都可以協助辨認假酒。民國 97 年臺灣曾發生過的黑心假酒事件，超過兩萬瓶假酒流入市面 [1]，當時的分辨方式之一就是透過「瓶蓋商標是否脫落」來判斷。

3. 味道判斷

若喝酒時覺得有異味或不適，便應該立刻停止繼續飲用，以免增加中毒的危險，前面提到事件中的傅姓男子，在康復後也表示其實他早已覺得奇怪，卻仍持續喝酒，才導致如此嚴重之後果。

甲醇中毒了，怎麼辦？

除了停止飲用，在喝下酒一小時內也能以催吐、洗胃方式來減少甲醇進入血液中，另外，應用布條等物品遮住中毒者的眼睛，以免視覺神經受到刺激，並且盡速送醫急救。

最後，雖然透過「乙醇療法」確實可以達到減少甲醇中毒傷害的效果，但如果服下錯誤的乙醇劑量，還是會對於患者產生危險，所以如果沒有經過醫護人員的指示，一般民眾在遇到狀況時仍不建議輕易嘗試。



紅標米酒曾經被不肖商人回收酒瓶並加入假酒賣出，造成一時的假酒風波

註解

1. 在民國 97 年發生的假酒事件中，不肖商人向資源回收業者取得空酒瓶、清洗並重新製作酒瓶，以真酒、乙醇、水與香料等調配出假酒，其中清洗空瓶的氫氧化鈉（俗稱片鹼）若有殘留恐對人體造成傷害。在這個案例中雖然不是本篇介紹的物質「甲醇」在作祟，但當時判斷是否為假酒的「瓶蓋識別法」倒是值得參考。

參考資料

- 張錦文，陳逸鴻，文士祺，蔡明凱，薛肇文，& 項正川 . (2008). 甲醛家族中毒二案例報告 - 假酒與福馬林 . 中華職業醫學雜誌 , 15(2), 157-162.
- Bansal, H., Chaparia, Y., Agrawal, A., & Koka, P. S. (2015). Reversal of Methanol-Induced Blindness in Adults by Autologous Bone Marrow-Derived Stem Cells: A Case Series. *Journal of stem cells*, 10(2), 127.
- BENNETT Jr, I. L., Cary, F. H., MITCHELL Jr, G. L., & Cooper, M. N. (1953). Acute methyl alcohol poisoning: a review based on experiences in an outbreak of 323 cases. *Medicine*, 32(4), 431-463.
- Önder, Feyza, et al. "Acute blindness and putaminal necrosis in methanol intoxication." *International ophthalmology* 22.2 (1998): 81-84
- Pappas, STEPHEN C., and M. Silverman. "Treatment of methanol poisoning with ethanol and hemodialysis." *Canadian Medical Association Journal* 126.12 (1982): 1391.
- Suit, P. F., & Estes, M. L. (1989) . Methanol intoxication: clinical features and differential diagnosis. *Cleveland Clinic journal of medicine*, 57(5), 464-471.

順丁烯二酸

珍珠變 Q 變硬的秘密：化學澱粉
—這就是所謂 Q 彈的代價？（上）



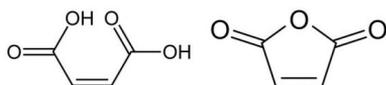
從早期的泡沫紅茶，到現今的珍珠奶茶與各式新奇飲品，「手搖飲料」絕對是臺灣庶民文化重要的一環，你總可以在轉角處找到一家飲料店，甚至輸出至世界各地讓人旅遊或留學時遇見了有種他鄉遇故知的感動。

然而近年來，濃縮果汁混摻塑化劑（民國 100 年）、毒澱粉（民國 102 年）和茶葉農藥殘留（民國 104 年）等食安事件，讓手搖飲料蒙上了陰影；其中，佔有靈魂地位的珍珠和波霸被捲入的「順丁烯二酸（酐）化製澱粉」事件，就讓從小愛喝波霸烏龍茶的筆者傷透了心。

不過，不肖業者為何要在食品中違法添加這種物質呢？它會在風味與健康上造成什麼影響？我們將分成上下兩篇文章，為大家介紹順丁烯二酸和順丁烯二酸酐。

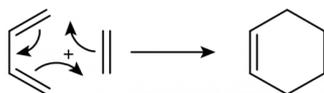
長很像，用途卻大不同的兄弟檔

順丁烯二酸又稱馬來酸，是可以解離出兩個質子的有機酸，它的骨架由四個碳原子串接而成，中間兩個碳以雙鍵連接。在工業上有時會被用作甲酯類黏著劑的增黏劑，或和一些藥物結合增加其穩定性。



順丁烯二酸（左）與順丁烯二酸酐（右）

順丁烯二酸的脫水產物「順丁烯二酸酐」則可以用作聚酯樹脂以及農藥馬拉松（malathion，註 [1]）等物質的前驅物。西元 1928 年，德國化學家 Otto Diels 和 Kurt Alder 發現了 Diels-Alder 反應，當時使用的反應物就是順丁烯二酸酐以及環戊二烯，而後他們也在 1950 年因此獲得諾貝爾化學獎。



Diels 和 Alder 在 1928 年發表了雙烯加成反應，而後大家都稱它為 Diels-Alder 反應，當時在期刊上發表的結構是都是由相當簡單的斜線和直線繪成。

珍珠 Q 彈的秘密

手搖飲料中的「珍珠」多半以樹薯粉（tapioca）為主要原料製成，在沸水中滾一陣子，會產生糊化反應（gelatinization），對水分的通透性變高、吸水膨脹，變得柔軟，和米粒煮熟會變軟的原理很像。人體每日所需的熱量主要由碳水化合物（醣類）提供，而這些碳水化合物主要以澱粉的形式被我們吃進去。

澱粉是把數百到數千個葡萄糖單體串在一起的長鏈醣類，如果串起來的結構是線性沒有分岔，我們稱它為直鏈澱粉；而有的澱粉會有許多分岔，成為所謂的支鏈澱粉。

這個結構上的差異會造成食物口感上的不同：直鏈澱粉含量高的食品口感偏硬，且經烹煮後仍粒粒分明；支鏈澱粉較多的煮



樹薯粉 (tapioca) — 製作珍珠的原料



過後則比較軟、黏而有彈性，像是臺灣主流的粳米（蓬萊米、糯米等，支鏈澱粉約佔 80-100%）和東南亞的秈米（泰國香米、印度香米等，支鏈澱粉約佔 69-77%）相比，前者因為支鏈澱粉比例較高，所以吃起來比較軟，煮太久還可能黏在一起。樹薯（cassava）的支鏈澱粉含量和粳米差不多。

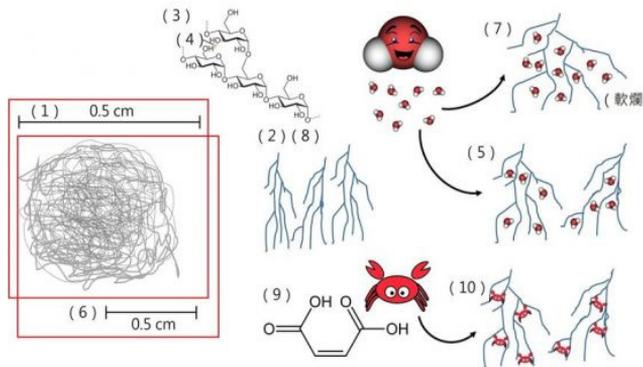
起鍋後，通常會用冰水或冷水冰鎮，使珍珠表面的澱粉稍微結晶（也就是變硬），塑造出具有彈性嚼勁的口感。不過，很多人大概都有過一個經驗：珍珠在飲料裡泡了一陣子，變得軟爛、失去彈性；若放入冰箱保存，又會變硬不好吃。

前者正是因為糊化反應，雖然在冰水中發生得比較緩慢，但時間久了還是會明顯感受到口感變軟爛；後者類似冰鎮珍珠的原理，澱粉在低溫下會慢慢「結晶」，把分子間部份的水分擠出去而變得紮實，在口感上就會變得較硬而脆。為了解決這個問題……

修飾澱粉登場了！

人們會根據不同的目的，對澱粉做出不同的化學處理，例如加酸或澱粉酶製造糊精，或是修飾上醋酸根加速產品的吸水速度，而這樣調整過的原料，我們稱之為修飾澱粉。以「珍珠糊掉事件」為例，原本製作珍珠時應用的結晶和糊化反應裡，主角只有澱粉和水，它們的結合和分離只靠氫鍵，很容易受溫度影響；但是商人們找到另一種物質——順丁烯二酸（或稱馬來酸，maleic acid），它的結構上有兩個羧基（-COOH），可以和澱粉上面的羥基（-OH）進行交聯聚合反應，形成較不易因為溫度變化而接上或斷裂的共價鍵。鍵結能讓澱粉分子們保持在一定的距離內，不能順利結晶變硬，卻也不會因為泡水太久而糊掉。

讓我們再次回到分子式，順丁烯二酸有兩個羧基，經過脫水縮合之後就變成了順丁烯二酸酐。在和澱粉進行交聯聚合反應時，水中存在的以順丁烯二酸佔絕大多數，但廠商進料的時候大多是進順丁烯二酸酐，這是因為順丁烯二酸酐的應用遠比順丁烯二酸多，所以產量比較大，而且加到水裡之後也能自動水解成能進行反應的順丁烯二酸。



珍珠 Q 彈的秘密

到現在為止可能還有點複雜，讓我們用上面這張圖來複習一下吧！

這是一顆還沒煮熟的粉圓。

1. 放大來看，其實上面有很多澱粉分子。
2. 再拉進一點會發現它是一個個葡萄糖用共價鍵串起來的，各個
3. 支鏈之間會有一定程度的。

氫鍵和凡得瓦力（這裡不顯示），其中氫鍵受溫度影響很大，

4. 熱的時候比較不穩定，冷的時候吸引力比較強。

在沸水中滾一陣子後，支鏈間的氫鍵變弱，原本結構較為緊密

5. 的澱粉分子鬆開，讓外界的水分子有機可乘鑽到中間的空洞，是為糊化反應。

6. 然後它會膨脹。冷卻的時候因為水分子也可以和澱粉上的羥基形成氫鍵，所以就卡在裡面了。煮透之後冰鎮一下下，表面的分子間及分子內氫鍵變強，珍珠變得較有彈性。
7. 如果泡在飲料裡太久，水分子還是有機會塞進澱粉支鏈間的空洞，讓珍珠變得 $\text{ㄅ} \times \text{ㄩ} \vee \text{ㄅ} \times \text{ㄩ} \text{ 〃}$ 。
8. 如果冰進冰箱，澱粉分子會慢慢擠出水分變回原本較緊密的結構，變得稍微硬而脆。
9. 如果加入順丁烯二酸，它有兩個反應位，像螃蟹一樣。會和澱粉分子產生交聯聚合反應再澱粉支鏈間架橋撐住，讓
10. 它不會太鬆散或者太緊密，這樣一來，珍珠就能青春永駐了。

棒的是，這項改良除了對珍珠愛好者與製造者們來說是天大的好消息，還能夠推廣至所有有「Q 彈需求」的製品，包括肉圓、粿條等等。超厲害的功能加上諾貝爾獎加持，順丁烯二酸和它的脫水好夥伴簡直好棒棒。感謝吧！讚美吧！讓我們歡欣鼓舞的慶祝吧！但是，想是這麼想，我們還是得稍微踩個煞車，環顧一下所有現實面的問題……什麼問題呢？

讓我們在下篇繼續說吧！

編按

順丁烯二酸現已依毒性化學物質列管為第四類毒化物，無論製造、輸入、使用、販賣等，都需申請核可才可以運作，而且必須定期申報運作情形，透過上述核可及申報制度，可以瞭解其流向，此外，需在容器包裝上標示「禁止用於食品」，以降低物流用的可能。

註解

1. 馬拉松前驅物是順丁烯二酸二乙酯，其可由丁烯二酸酐製備，故在此我仍稱順丁烯二酸酐是馬拉松的前驅物。

參考資料

- Major Differences — Difference between Japonica and Indica rice
- Food-info.net — Starch
- 維基百科— Modified starch
- 科學月刊—認識順丁烯二酸
- 上下游—從工廠到餐桌：順丁烯二酸的上下游之旅，網址：<https://www.newsmarket.com.tw/blog/30314/>，106年。
- Diels, O.; Alder, K. (1928). "Synthesen in der hydroaromatischen Reihe, I". *Justus Liebigs Annalen der Chemie*. 460: 98–122.

順丁烯二酸酐

那些 QQ 的食物和不該出現的添加物——這就是所謂 Q 彈的代價？（下）



有些不肖業者會在珍珠或其他食品中違法加入順丁烯二酸，以防止澱粉分子結晶變硬、影響口感

在本文上篇，我們提到了珍珠的原料順丁烯二酸，以及它的糊化作用、口感 Q 彈的秘密；在下篇裡，則要更進一步，帶大家一起來看看它的水解產物「順丁烯二酸酐」。

恐慌的源頭：毒性

讓我們從民國 102 發生的順丁烯二酸（酐）化製澱粉事件、或稱毒澱粉事件開始談起。事實上，因為順丁烯二酸不是食品用料，所以欲添加這種成分的製造商只能從化工原料供應商進料。

這麼做的第一個問題是，因為化工原料不是給人吃的，所以對雜質、副產物的安全衛生要求較低；第二則是順丁烯二酸本身的毒性。以現有的文獻來看，它的「急毒性」很小，且沒有研究能指出其致癌性，不過部分動物實驗指出它對腎臟可能會造成傷害。

拉出國際標準來看，歐盟和美國都有針對順丁烯二酸及順丁烯二酸酐訂出成人每公斤體重的每日耐受量（Tolerable Daily Intake, TDI，也就是一天吃進多少是可以接受的範圍），分別是 0.5 毫克以及 0.1 毫克。

國家環境毒物研究中心也因應此事件，彙整出一份「順丁烯二酸與酸酐技術性資料評估報告」，內容相當完整，提供給想更深入了解的人參考。



違法疑慮：食品添加物使用範圍及限量暨規格標準

由於澱粉經化學處理的程序可能會有殘留非食用性或不適合食用的物質，修飾澱粉（法規上稱之「化製澱粉」）不一定都能用在食品上，各國對修飾澱粉的使用範圍更是有所規範。

在臺灣，食品添加物皆為正面表列（也就是列出可以使用的才能用），而順丁烯二酸並不包含在民國 102 年公布的「食品添加物使用範圍及限量暨規格標準」中的 21 項准用之食用化製澱粉品項裡面，因此，在食品中使用順丁烯二酸化製澱粉是違法的。

然而，法令的約束力往往鞭長莫及，部分廠商基於提升產品性能的需求，仍可能知法犯法。而在長長的供應鏈中，食藥署並沒辦法管制到原本就不該出現在食品中，原先並無明確管轄單位的順丁烯二酸，造成「順丁烯二酸（酐）化製澱粉」的使用範圍，幾乎是全國淪陷。

順丁烯二酸（酐）化製澱粉事件對臺灣社會造成相當大的衝擊，雖然帶來一定程度的恐慌，卻也促成懸宕已久的《食品衛生管理法》修正草案迅速完成修法，對後續的衛生署改制、《毒性物質管理法》修法以及「食品業者登錄辦法」的訂定也都發揮了催化劑的效果。

當然沒有人希望食安事件發生，然而換個角度想，人們若能在恐慌之餘痛定思痛，或許也能讓臺灣的食安體系建置得越來越完整。

好的，介紹到這裡也差不多進入尾聲了。在這兩篇文章中，我們分析了順丁烯二酸如何讓珍珠 Q 彈得更久，也提到這個物質的毒性疑慮，介紹了順丁烯二酸酐的應用和小歷史，並簡述順丁烯二酸（酐）化製澱粉事件的影響，希望大家閱讀完後，也能更了解這兩項物質！



民國 102 年毒澱粉事件發生時，部分肉圓曾被檢驗出含有順丁烯二酸酐（示意圖，非事件肉圓）

編按

順丁烯二酸現已依毒性化學物質列管為第四類毒化物，無論製造、輸入、使用、販賣等，都需申請核可才可以運作，而且必須定期申報運作情形，透過上述核可及申報制度，可以瞭解其流向，此外，需在容器包裝上標示「禁止用於食品」，以降低物流用的可能。

參考資料

- 國家環境毒物研究中心—順丁烯二酸與酸酐技術性資料評估報告
- 環境資訊中心—懶人包：2013年順丁烯二酸（毒澱粉）事件（上）（下）

甘 精

喔你的甜蜜，刺痛了我的心！甜味劑發展史



甜味劑指的是添加在食品中、賦予食品甜味的物質

什麼是甜味劑呢？它的定義是添加在食品中、賦予食品甜味的物質，舉例來說，甘蔗本身有甜味，所以不算是甜味劑，但從甘蔗榨出的汁液中純化出來的黑糖或砂糖，如果添在其他料理或是食品中，就算是甜味劑。

人類追求千年的那一味：甜！

【一磅的糖等於兩盎司的人肉】約一萬年前，新幾內亞島開始種植甘蔗，而後傳至亞洲大陸，再經印度人、波斯人及阿拉伯人傳至歐洲。地理大發現時，航海家發現美洲氣候適合栽種甘蔗，

建立起殖民地並引進甘蔗。除了壓榨當地勞力，更從非洲運來大量黑奴，數百萬人死在不人道的勞動環境或是企圖逃跑的路上。後來在歐洲抵制血汗糖業的運動中，便有一句宣傳詞如下：「一磅（約 454 公克）的糖等於兩盎司（約 57 公克）的人肉。」

自古以來，甜味對大多數人來說是美好的味道，從西元前就有人類使用甘蔗和蜂蜜的紀錄，而在「馴化」水果的時候，也常以提升甜味為培育目標。在近代化學以前，人們對甜味的渴望大多只能從大自然中獲取，但到了羅馬帝國，史上第一個人造的甜味劑——醋酸鉛登場了！

依據羅馬元老與史學家 Cato the Elder（拉丁文：Cato major）編寫的《論農業 De re rustica》記載，人們會將葡萄汁倒進鉛製的槽中加以烹煮調味，即是利用鉛會和醋酸反應的特性，從槽體中溶出產生具甜味的醋酸鉛，這樣一來，一方面降低了葡萄汁的酸度，另一方面提升甜度。不過因為鉛會對人體的造成健康危害，所以現在這種作法已被許多國家禁用。

生於憂患，各種甜味劑的誕生

十九世紀初，拿破崙在歐洲各地戰場上馳騁，戰爭帶來的物資短缺讓君主們不得不尋找蔗糖、甜菜以外的甜味來源，在這種氛圍下，法國化學家 J. L. Proust 和俄羅斯化學家 G. S. C. Kirchoff 分別透過萃取葡萄汁以及水解澱粉獲得葡萄糖。

像這類透過萃取天然物或是由天然物水解而成的甜味劑便稱為天然甜味劑，許多點心、飲料會使用的玉米糖漿也屬於此類，這些廉價且不需花時間種植的替代品，在戰爭期間變得更加不可或缺，可說是一種生於憂患的食品添加物。然而，天然甜味劑的結構基本都是碳水化合物，隨著使用量增加，糖尿病和肥胖開始變成大家關注的議題。因應這個趨勢，市場上出現了低卡甚至無熱量的人造甜味劑（人工甘味劑）。

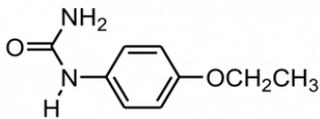
人造甜味劑中打頭陣的是糖精（saccharin），1878 年美國化學家 C. Fahlberg 在做完研究煤溶的實驗忘記洗手就去吃飯，意外發現了糖精。

糖精是化工產品，據說吃下去之後除了有蔗糖的 300~400 倍甜度以外，最後還會有一點金屬味，但因為可以大量生產，即使在一戰之前就已經發現有健康疑慮了，仍在戰爭中被大量運用，直到現在仍被允許少量添加在某些食品上。

不久之後，我們的主角甘精（dulcin）也在 1884 年問世了，它的甜度沒有糖精那麼暴力，不過也比蔗糖甜了 250 倍，而且少了糖精的金屬味。甘精的化學結構是尿素的一個「氫」被「苯」取代，苯接著尿素的位點對面再接上一個「乙氧基」，所以又被稱為對位乙氧基苯脲。雖然整體上性能較糖精優良，但因為晚了點出生，所以沒像糖精那樣對社會造成那麼大的衝擊。



二戰之後，糖精和甘精先後在動物實驗中發現分別對膀胱和肝有致癌性，雖然之後兩者皆被國際癌症研究署（IARC）歸為「對人體致癌性沒有充分證據」的第三類致癌物，多數國家仍然嚴格規範其使用範圍及用量。IARC 的分類之後，糖精慢慢重新被大家接受，但甘精因為在日本發生了幾起食用過量造成的中毒甚至死亡案例，被日本政府禁用。



甘精的化學結構如圖，尿素的一個「氫」被「苯」取代，位點對面再接上一個「乙氧基」

看懂法規與劑量計算

回到臺灣的法規，衛福部公布可添加於食品中的甜味劑有 25 項，有其限定使用範圍及限量，且為正面表列，意即除了公告物質以外，其餘甜味劑皆不得使用於食品上。這些物質包括我們耳熟能詳的阿斯巴甜、D-木糖醇，還有剛剛提到的糖精與它的鈉鹽（糖精鈉鹽），以及較常因為超標而見報的環己基（代）磺醯胺酸鹽。後面這兩種物質和甘精同屬 IARC 分類的第三類致癌物，其使用範圍限於瓜子、蜜餞、梅粉、碳酸飲料、代糖錠劑等產品（像是曾有人將環己基（代）磺醯胺酸鹽加在水果上就不行喔），且各種用途有不同的允許使用量。

最後帶大家來看一個簡單的例題：以食藥署在 2015 年發布的一份「市售八仙果監測」不合格清單為例，糖精的使用限量為每公斤產品不得使用超過 2 公克（2 g/kg），環己基（代）磺醯胺酸鹽的則為 1 g/kg。

在計算是否超標時，需先將測得知兩種物質濃度「分別」除以各自的標準值後相加。以此清單的編號 2 來看，雖然其糖精濃度 0.97 g/kg，環己基（代）磺醯胺酸鹽濃度 0.84 g/kg，都沒有超出各自的標準，但綜合的指標 $0.97/2 + 0.84/1 = 1.325$ ，仍然超標，不能於市面上販賣喔！

編按

1. 甘精現已依毒性化學物質列管為第四類毒化物，無論製造、輸入、使用、販賣等，都需申請核可才可以運作，而且必須定期申報運作情形，透過上述核可及申報制度，可以瞭解其流向，此外，需在容器包裝上標示「禁止用於食品」，以降低物流用的可能。

參考資料

- 國家地理雜誌－Sugar Love (a not so sweet story)
- Acta theologica. Supplementum. — Lead Poisoning in Ancient Rome
- 《Crop Production: Evolution, History, and Technology》
Mental Floss — The Sweet and Not-So-Sweet History of Saccharin
- 食品添加物使用範圍及限量暨規格標準
- 食品衛生学雑誌—ブルチンによる食中毒事件

孔雀綠

孔雀綠是什麼？又為何會出現在水產品裡？



孔雀綠晶體

美味的海鮮使人食指大動，相關食品安全卻也是消費者的常年擔憂，「孔雀綠」則是水產食安新聞中的常客。

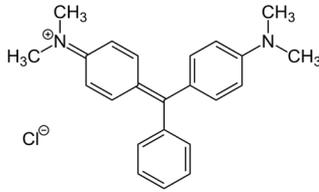
從民國 94 年檢測出屏東石斑養殖業者違法使用此物質、民國 101 年來自中國湖南的進口大閘蟹、民國 104 年銷日的鰻魚到民國 105 年的大賣場海產危機，都和孔雀綠殘留有關係。究竟「孔雀綠」是什麼樣的化學物質？為何與水產養殖息息相關？對人體會產生何種危害？要回答這些問題，我們先從孔雀綠的組成與歷史認識起。

從人工染料到水用消毒滅菌劑

孔雀綠 (Malachite green, 亦稱孔雀石綠) 是 1877 年由德國有機化學家 Hermann Fischer 首度合成出的有機化合物鹽類, 外觀為亮綠色、帶金屬光澤的晶體。其化學結構是由三個苯環與位於核心的碳原子相連結, 其中兩個位於不同苯環的氫, 置換為二甲胺基 (如下圖), 被歸類為三苯甲烷類的延伸染料 [1]。雖然被稱作孔雀綠, 但與天然礦物孔雀石 [2] 是截然不同的組成, 僅因顏色相似故得「孔雀綠」之名。

孔雀綠最早用於衣物纖維、皮革、羊毛與紙張的染色上, 也可做為細胞組織的藍綠色染色劑, 以便在顯微鏡下觀察, 但自從 1936 年美國科學家 Fred Foster 與 Lowell Woodbury 發現孔雀綠水溶液可以減少真菌感染與殺死微生物、預防魚類傷口感染後, 此物質在水產養殖的用途便不斷擴展。1950 年代孔雀綠被發現能去除魚體內、外的寄生蟲, 1980 年代更發現除了可以用於魚本體的殺菌外, 也可以用於魚卵, 預防真菌感染; 多用途的殺菌消毒功能, 使得孔雀綠至今仍常用作魚類生病的治療藥劑以及預防感染的藥物。

既然孔雀綠在魚類養殖上有諸多好處, 為什麼會被衛生機構嚴格管制呢? 這是因為它雖然可以消除水生環境的病原體, 但長時間使用也會對魚的健康產生影響, 造成魚鰓與魚皮發炎, 以及減少魚類腸道系統消化酶的分泌量, 使其攝食與生長受阻。



孔雀綠的化學結構，其核心的三苯環相連結構是鮮艷顏色的成因。苯環上的胺基上帶有正電荷，常與氯離子或是草酸根離子形成鹽類

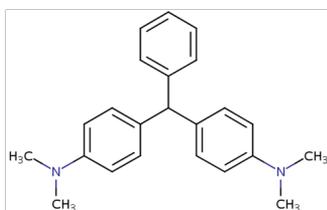
不過，孔雀綠的半數致死量會受到環境因子（如溫度和 pH 酸鹼值）以及魚種的影響，較難下定論。

美國 National Toxicology Program 從大小鼠研究中發現孔雀綠具有肝毒性，會使肝臟腫大及空泡化、甲狀腺產生濾泡囊腫，此外老鼠的體重也有顯著減輕的趨勢，疑似有致癌性，但目前仍無明確證據。其他研究也指出孔雀綠會危害肺臟、胸腺以及卵巢，且可能造成基因受損，甚至突變。在紐西蘭懷孕白兔的實驗中，則觀察到孔雀綠會造成胎兒發育不全，有產生畸胎的疑慮（Srivastava, 2004）。簡言之，孔雀綠對許多器官都具有毒性，且可能影響胎兒發育。

值得注意的是，孔雀綠經由生物體吸收後，肝臟酶會將其代謝轉化為「還原型孔雀綠」（Leucomalachite green），其化學結構與孔雀綠相似，但連接苯環與核心碳原子的雙鍵以及苯環胺基上的雙鍵，因接上氫原子而形成單鍵，不再帶任何電荷。

還原型孔雀綠的毒性與孔雀綠相似，但是又更容易累積在生物體內的脂肪與內臟裡，不易代謝，即便在低劑量情況下雖無立即性危害，但若每日涉入含有殘留孔雀綠的食物（在體內轉化成還原型態），便可能因生物累積作用增加其危害性。

目前我國環保署已將孔雀綠歸類為「第四類毒性化合物」，即雖無立即性危害、但有污染環境與危害人體之疑慮。



還原型孔雀綠（leucomalachite green）的結構，與孔雀綠相比，胺基與核心碳原子的雙鍵皆接上氫，而變成單鍵，不再帶有電荷，故非鹽類

各國對孔雀綠的食安規範

雖然目前聯合國糧農組織、世界衛生組織聯合食物添加專家委員會，以及國際癌症研究中心等國際組織尚未評估孔雀綠的食用安全問題，但日本、美國、加拿大、歐盟、泰國、中國及臺灣等國皆已明令禁止養殖漁業（食用魚類）使用孔雀綠。

歐洲食品安全局的研究認為，孔雀綠殘留在水產食品的劑量若低於 2 微克/公斤（也就是 2 ppb），對人體應不致於影響健康，

也將此設為控管進出口海鮮產品的檢測標準。加拿大、日本與我國則是以儀器「無法偵測出」孔雀綠與其還原型態的殘留量，作為水產養殖食用魚的規範，以現今臺灣採用的分析技術（液相層析串聯質譜分析儀，LC/MS/MS），其偵測極限為 0.5 ppb，比歐盟規範的 2 ppb 還嚴苛。

儘管孔雀綠食下肚有安全之虞，它在水生殺菌消毒方面的表現仍然相當卓越，臺灣目前就允許孔雀綠用於「觀賞魚類」的治療與疾病預防上，但規定每份包裝須小 250 mL 或 100 g，孔雀綠內含量則需小於 1%，以防濫用。我們在新聞上看到的食安風波，



目前許多國家都已明訂禁止將孔雀綠使用於養殖（食用）魚類上



大都是因為不肖業者貪圖便宜，將孔雀綠用來預防「食用魚類」的各種疾病，或是在運輸過程中減少魚鱗因碰撞脫落而造成的感染所致。

該如何避免攝入殘存孔雀綠的海鮮呢？

若僅施用低劑量的孔雀綠，在無分析儀器幫助下，很難以肉眼從外觀判斷有無孔雀綠殘留；但若是施用高濃度孔雀綠，就有些小技巧能幫助判斷。大家可觀察魚鰭，一般魚類的魚鰭根部是肉色或是微泛紅，撥開魚鰭放開後會立即回縮；若浸泡過孔雀綠，魚鰭的回縮性會變差，魚鰭根部也可能因孔雀綠水溶液殘留而呈現藍綠色。

如果單從外觀無法判斷，民眾可選擇來源明確或是有優良水產養殖場認證（Good Aquaculture Practice, GAP 認證）的產品，降低購入不良商品的機率。

此外，由於還原型孔雀綠通常儲存在脂肪中，如果對餐廳食材有疑慮，則盡量避免食用魚的脂肪與內臟，可降低攝入孔雀綠的含量。萬一誤食含孔雀綠殘留的海鮮，而民眾也無需太過驚慌，其劑量不至於引其急性反應，唯有長期食用累積才可能造成身體危害，時時留意相關機構與新聞報導中抽驗不合格的商家，便可避免進一步攝入。



一般魚類的魚鰭根部是肉色或是微泛紅，撥開魚鰭放開後會立即回縮

編按

孔雀綠現已依毒性化學物質列管為第四類毒化物，無論製造、輸入、使用、販賣等，都需申請核可才可以運作，而且必須定期申報運作情形，透過上述核可及申報制度，可以瞭解其流向，此外，需在容器包裝上標示「禁止用於食品」，以降低誤流用的可能。

註解

1. 三苯甲烷是指甲烷分子中的三個氫被三個苯所取代的化合物，是許多人工染料的核心化學結構，由此結構延伸合成的染料，被稱為三苯甲烷類染料，其中包含孔雀綠以及溴甲酚綠指示劑。
2. 孔雀石是一種天然的礦石，為水合鹼式碳酸銅 $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ ，外觀為翠綠色，其粉末可以製成顏料，最早可追溯至埃及前王朝時代，用作眼影跟陵墓彩料。

參考資料

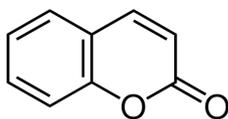
- Srivastava, S., Sinha, R. & Roy, D. Toxicological effects of malachite green. *Aquat. Toxicol.* 66, 319–329 (2004) .
- Malachite green in food. *EFSA. J.* 14, 4530 (2016) .
- 國家衛生研究院國家環境毒物研究中心—孔雀綠 (malachite green)
- National Toxicity Program—Toxicology and carcinogenesis studies of malachite green chloride and leucomalachite green
- Canadian Food Inspection Agency—Malachite Green
- 衛生福利部食品藥物管理署《食品中動物用藥殘留量檢驗方法—孔雀綠及其代謝物之檢驗》
- 行政院農業委員會水產試驗所：觀賞魚用藥新措施，網址：<http://www.tfrin.gov.tw/friweb/frienews/enews0059/p3.html>，106年。

香豆素

紅茶冰裡的香豆素，是危險的好氣味？



消暑的紅茶冰在炎炎夏日是許多人的最愛，大大小小的商圈夜市中都能看見紅茶冰攤販的身影，然而民國 99 年時卻有商家被衛生局檢驗出紅茶冰中含有過量的香豆素，衛生局也依法將其貨品下架；到了 106 年 4 月，環保署更開始完全禁止添加香豆素進入食品。香豆素到底是什麼呢？是否真的像是新聞中所報導，有致癌和導致中風的危險？



香豆素分子結構

香料中的秘密：香豆素

香豆素又名「 α - 苯並吡喃酮」，由一個芳香環（aromatic ring）和一個縮合內酯環（condensed lactone ring）組成，具有揮發性和香氣，是一種在植物中常見的有機分子。

香豆素在日常飲食中其實相當常見，尤其是為食物提供豐富風味的「香料」多含有香豆素，例如肉桂、香草、決明子和薰衣草等。

回顧一下發展歷史，我們可以發現香豆素是個有過去、有故事的物質。1822 年，德國農業化學家 August Vogel 從零陵香豆（tonka bean）中首次將香豆素分離出來；到了 1868 年，英國化學家 Perkin 發現了人工合成香豆素的方法，從此香豆素一炮而紅，被添加在各種食物飲料中來提味。





被檢測出含有超標香豆素的德國肉桂餅乾 Zimtsterne

然而好景不常，香豆素在「事業」的巔峰，遭科學家們爆料不為人知的秘密！1950 年代初期，科學家從實驗動物身上發現香豆素對肝具有毒性甚至有致癌風險，這位香料界明日之星的名聲從此在食品圈一蹶不振。1954 年，美國首先禁止食品中添加香豆素，歐盟則在 1988 年也發布規定，在每公斤的食物中不得含有超過 2 毫克的香豆素（口香糖、焦糖糖果、酒精飲料除外）。然而，歐盟在訂立規則後並沒有進行嚴密控管，直到 2005 年德國的某肉桂口味餅乾被發現每公斤含有高達 22 毫克的香豆素，才引發一連串討論與香豆素檢測的行動。

是毒是藥？吃下香豆素會怎樣？

故事說到這裡，先讓我們暫且回到香豆素事業開始走下坡的時候。究竟，被科學家發現的毒素與危害，到底有多嚴重呢？

當時，科學家讓實驗動物每天攝取香豆素，發現每天攝取超過體重一萬分之一的香豆素，長期下來會使大鼠（rats）的腎、肝等部位生長腫瘤，在小白鼠（mice）身上則是肺與腎，實驗動物中對於香豆素最為敏感的則是小獵犬（Beagle dogs），若每天攝取超過體重十萬分一的香豆素，就會增加罹患癌症的可能性。而香豆素為何會在不同生物體內產生不同部位的危害？一般認為是因動物們「代謝途徑」的不同所導致。當成人人喊打的過街老鼠嗎？怎麼進了醫藥界就改頭換面，毒藥變良藥，流氓當教授了呢？

事實上，這些使用香豆素的患者後來也陸續出現肝中毒（hepatotoxicity）的現象，其中一個案例是一批每日服用 3 克香豆素的癌症患者，48 人之中有 3 人出現肝酶升高的現象——代表肝臟受到損害，香豆素於醫療上的應用也在 1990 年代後慢慢減少。

不過儘管這種物質在食品與醫藥界都鬧得風風雨雨，目前依然沒有香豆素會使人體致癌的案例，肝中毒現象也多發生於大量攝取香豆素作為藥物的病患身上，因此目前醫學仍認為，只要劑量適當，香豆素還是可以做為藥物使用。香豆素現在仍會被用來治療淋巴水腫，其衍生物 warfarin 則被當抗凝血素來使用；另外還有案例指出長期低劑量服用 warfarin，可以幫助預防中風的發生。



劑量是決定毒性的關鍵，香豆素現在也仍會被拿來做醫療用途

在生活中常見的香氣中，香豆素其實還能用

但即使沒有黑心商人添加香豆素，還是有許多的自然食材中都含有香豆素，那我們是不是得避開這些食物呢？難道肉桂蘋果派，要從此消失在世界上了嗎？

別緊張，根據歐洲食品安全局在 2004 年的規定，每個人每天的香豆素安全攝取量是體重的千萬分之一，這可是連實驗動物都不會產生病變的量。換算下來，一名 60 公斤重的成人每天可以吃進 6 毫克的香豆素，也不會有中毒的風險；而根據德國在 2006 年曾經做過的電話隨機抽查結果，在 1,012 個人之中只有不到 5% 的肉桂愛好者會攝取超過 6 毫克的香豆素。

況且人類與實驗動物不同，人體代謝香豆素時會轉化成較無毒性的物質，只要不長時間過量攝取香豆素，就不會有太大的危險。

所以下次走進咖啡廳時，不用擔心，儘管點一份 決明子紅茶加上肉桂捲來一份香豆素大餐，安心地享受香豆素的美妙氣味吧！

參考資料

- Abraham, K., Wöhrlin, F., Lindtner, O., Heinemeyer, G., & Lampen, A. (2010) . Toxicology and risk assessment of coumarin: focus on human data. *Molecular nutrition & food research*, 54 (2) , 228-239.
- Boston Area Anticoagulation Trial for Atrial Fibrillation Investigators. (1990) . The effect of low-dose warfarin on the risk of stroke in patients with nonrheumatic atrial fibrillation. *NEngl j Med*, 323 (22) , 1505-1511.
- Egan, D., O' kennedy, R., Moran, E., Cox, D., Prosser, E., & Thornes, R. D. (1990) . The pharmacology, metabolism, analysis, and applications of coumarin and coumarin-related compounds. *Drug metabolism reviews*, 22 (5) , 503-529.
- European Food Safety Association. (2008) . Coumarin in flavourings and other food ingredients with flavouring properties. *EFSA J*, 793, 1-15.

三聚氰胺

不該在牛奶裡的「三聚氰胺」，是能吃的東西嗎？



將化工原料加進食品，永遠是全民難以參透的議題，其中，民國 97 年爆發的「中國毒奶粉事件」，更讓臺灣全民對於食品與化學有了不一樣的認識。此篇文章從事件主角「三聚氰胺」的身分開始說起，觸及如何及為何被加入食品、臺灣與國際的檢驗標準，最後則是如何降低暴露在三聚氰胺的環境，自身做起，吃得安心。

「三聚氰胺」是什麼？是可以吃的嗎？

首先，三聚氰胺 (1,3,5-Triazine-2,4,6-triamine, melamine) 有著含「氮」的環狀分子結構，微溶於水，主要用

途是作為三聚氰胺 - 甲醛樹脂原料，加熱分解時，結構中的氮氣被釋放出來後具有良好阻燃效果，同時具耐熱、耐水與硬度高的特性，因此被廣泛運用於傢俱用面板、黏著劑、熱固性塗料以及美耐皿餐具。其中美耐皿餐具之名便是由三聚氰胺英文音譯而來，此類餐具以「三聚氰胺 - 甲醛樹脂」加入木漿成粉、經高溫高壓而製得，物理性質堅硬不易變形，卻又不像陶瓷易碎，廣受餐飲業喜愛。

三聚氰胺能製成餐具，表示此物質對人體無害嗎？

我們可以先釐清一件事：美耐皿餐具對人體的危害並非直接將三聚氰胺加入食品。若廠商按照規範製作，此成分並不會造成立即顯著危害；但如果製造過程中分子聚合不完全，又拿來盛裝高溫或酸性食品時，便有溶出三聚氰胺單體的風險。「劣質」美耐皿餐具通常則是指使用成本較低廉的「尿素」與甲醛樹脂相融，造成三聚氰胺溶出情況更加嚴重。

而不論是臺灣或國際間，隨著研究與社會議題發展，皆有明定三聚氰胺的限量標準。此標準又可分為兩大類：餐具的溶出標準、人體的每日容許攝取量 (tolerable daily intake, TDI) 標準。我們的食藥署一併考慮了國際管理規範與臺灣社會脈絡，於民國 101 年 1 月 18 日增列「以甲醛 - 三聚氰胺為合成原料之塑膠」為管制項目，規範了臺灣常用的美耐皿；同時限定三聚氰胺溶出限量標準為 2.5 ppm 以下，此標準與國際上的標準一致。



外食族群對美耐皿餐具應該不陌生，在餐廳與夜市都十分常見

目前三聚氰胺每日容許攝取量標準，還包含了三大類評估：目前國際上及研究中的建議標準、美耐皿餐具釋出推估的攝取量與人體尿液中濃度計算體內總攝取量。

其中「國際建議標準」採用美國食品及藥物管理局（FDA）2008 年、世界衛生組織 2008 年三份學者研究報告，一再下修每段期間的每日容許攝取量標準。「美耐皿推估攝取量」則依照 FDA 訂定標準，表示一位 60 公斤成年人每日需累積 3.78 mg 始危害健康，臺灣的外食族不一定有立即風險，但長時間暴露的結果非常值得關切。最後一項評估，採直接測量尿液中的三聚氰胺濃度，代表直接從外在環境攝取進入體的情形，臺灣使用的數值標準低於 FDA 或 WHO 的 1,000 倍。

毒奶粉事件，「毒」在哪裡？

若回頭分析真正讓國民膽戰心驚的中國毒奶粉事件，事件的起因是中國奶粉產品被檢驗出三聚氰胺超標。而三聚氰胺會被用來直接作為食品添加劑置入乳製品，是因為中國乳業習慣以測量「含氮量」為「蛋白質」，因此尿素或廉價氮肥也被加進相關產品以加速通過測量，然而，此舉會讓相關製品在高溫反應後產生三聚氰胺。

FDA、WHO 與許多學者都曾以老鼠、兔子等動物進行劑量實驗，並根據研究結果將三聚氰胺毒性分為「急性」與「慢性」兩大類。其中，慢性毒性症狀指的是因長期攝取三聚氰胺引起的病症，包括生殖能力損害、腎結石、膀胱結石、膀胱癌等泌尿系統疾病；甚者，科學家們提出人體攝入三聚氰胺混有三聚氰酸後，因胃酸作用，三聚氰胺與三聚氰酸互相解離，分別被小腸吸收並



三聚氰胺可能造成的傷害大多與腎臟以及泌尿系統相關

(A) 目前國際上及研究中的建議標準 (mg/kg/day)	美國食品及藥物管理局 (FDA,2008)	世界衛生組織 (WHO,2008)	研究報告 Hsieh et al.,2009	研究報告 Choi et al.,2010	研究報告 Wang et al.,2011
	0.063	0.2	0.0081	0.008-0.03	0.00315
(B) 以美耐皿餐具釋出推估的攝取量(mg/kg/day) (注:假設成年人體重為60公斤估算;攝取量計算(一碗))	研究報告 Chien et al.,2011		研究報告 Wu et al.,2013		
	0.0125		0.0005		
(C) 以人體尿意中濃度計算體內總攝取量 (ug/kg/day) (注:實際測量人體24小時尿液中三聚氰胺濃度;兩份報告的實驗對象分別為學齡兒童(5-9歲)及大專生(19-27歲))	研究報告 Lin et al.,2013		研究報告 Wu et al.,2014		
	0.156		0.0875		

進入血液循環系統，最後進入腎臟中沉積為晶核，形成三聚氰胺 - 三聚氰酸 - 尿酸共結晶，便是所謂的腎結石，堵塞腎小管最終腎臟中毒、腎衰竭。而部分報告也指出長期飲用劣質奶粉的嬰兒，罹患泌尿系統疾病的比例具有顯著高於其他嬰兒的情形。

民國 97 年毒奶粉事件後的同年 10 月，中國多個政府局處聯合公告制定三聚氰胺在乳與乳製品的「管理值」；另外，香港政府則在 2008 年 9 月 22 日緊急立法，禁止食物中的三聚氰胺含量超標，並訂定新法律規範嬰幼兒及孕婦食品中的三聚氰胺含量標準。

而臺灣方面，行政院衛生署（衛福部前身）民國 97 年 9 月 24 日參考國際檢驗方法後也定 2.5 ppm 為食品中三聚氰胺殘留的判定標準，並且不允許乳製品類中驗出任何三聚氰胺。

參考資料

- wikipedia：三聚氰胺
- wikipedia：2008 毒牛奶事件
- 國家環境毒物研究中心，網址：http://nehrc.nhri.org.tw/toxic/toxfaq_detail.php?id=198，106 年。
- 世界衛生組織，網址：<https://www.who.int/csr/media/faq/QAmelamine/zh/>，106 年。

富馬酸二甲酯

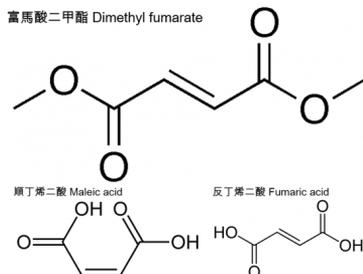
為什麼會有咬人的沙發？

富馬酸二甲酯是抗黴良品還是毒藥？



試著想像一個情境：這天風光明媚，你終於從賣場把心中嚮往好久的那張沙發帶回家。移入客廳之後，你調整擺設角度、並放上可愛的花布抱枕，準備窩到新沙發上享受一整個下午悠閒時光……

咦，奇怪？怎麼坐了幾個小時之後，身上有接觸到沙發表面的皮膚都開始紅腫發癢、出現像是發炎的症狀呢？



各物質結構式

以上狀況曾真實發生在 2006 至 2008 年間的芬蘭、英國與法國，當時大規模的「接觸新購入沙發造成皮膚發炎事件」引起許多人關注。經追查發現，這些發生「沙發皮膚炎（sofa dermatitis）」的患者，主要從三家英國公司與一家法國公司購入沙發，再往源頭回溯，問題的根源竟是他們在中國的供應商。此供應商在製造家具時，使用了「富馬酸二甲酯（dimethylfumarate）」抑制黴菌生長，然而這種化學物質容易誘發過敏，在歐盟地區更是被禁用的。

該次沙發皮膚炎事件不但在媒體上被廣泛討論以外，也促使歐盟更新了原先的規定，除了在「境內」禁用富馬酸二甲酯以外，從境外輸入的民生物品每公斤殘留量也不得超過 0.1 毫克。

帶有毒性，卻可以入藥的富馬酸二甲酯

人體接觸富馬酸二甲酯的途徑有兩種，除了文章剛開始提到的皮膚接觸，還有經攝食進入體內，接觸可能像案例裡家具中殘



留而造成過敏性的濕疹，攝入則可能抑制免疫系統以及傷害消化道。而富馬酸二甲酯抑制免疫系統的特性，在醫學上也會被用於一些自體免疫疾病，如多發性硬化症的治療。

暴露疑慮怎麼辦？先從源頭把關做起

雖然今日臺灣和歐洲皆有立法禁止將富馬酸二甲酯添加至食品中，但在其他地方尚少被列入黑名單，它也仍然因為優異的防黴性質在某些國家被廣泛使用，如家具、食品、飼料和皮革等較易發霉的產品。

為了避免大家接觸富馬酸二甲酯的風險，政府的配套措施除了在商品輸入至國內前的書面審查，進口後還會有邊境查驗，包括現場查核以及抽樣檢驗，把一些食品送到實驗室進行檢驗分析，所以基本上都不會有太大的疑慮喔！



「等等，這一批符合標準嗎？」
富馬酸二甲酯除了輸入臺灣前的書面審查，還會有邊境查驗喔！

新聞來源

- <This baby was burned red raw by a sofa giving off toxic fumes. As our investigation reveals, there are hundreds of other victims> 英國《每日郵報 Daily Mail》
- <Les victimes des fauteuils allergènes de Conforama déçues après une rencontre avec la direction> 法國《觀點 Le Point》

參考資料

- 《食品添加物使用範圍及限量暨規格標準》
- Wikipedia: Dimethyl fumarate
- 台灣食品安心啟航 03 進口端管理篇，網址：<https://www.youtube.com/watch?v=c-1vpDYsJ9k>，106 年。
- No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council on the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals

溴酸鉀

藏在柔軟有彈性麵包裡的魔鬼



去年（2016）印度科學與環境中心檢驗出香噴噴的麵包中含有被列為 2B 類致癌物的「溴酸鉀」

2016 年，印度科學與環境中心（Center of Science and Environment，CSE）的「污染監測實驗室」發布了一項調查：他們買了德里市面上 38 個品牌的麵粉產品到實驗室做分析，結果發現高達 84% 的品牌（32 件）殘留溴酸鉀（Potassium bromate）或碘酸鉀（Potassium iodate）。

而事實上，溴酸鉀在國際癌症研究總署（International Agency for Research on Cancer，IARC）的分類中屬於「對人

類懷疑為致癌物」的第 2B 類物質；聯合國糧農組織（Food and Agriculture Organization, FAO）和世界衛生組織的食品添加物專家委員會（Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, JECFA）更早在 1992 年就已提出指導性的建議，指出溴酸鉀不適合用在麵粉處理上，許多國家也已立法禁止。CSE 的新聞稿發表後，立刻造成民眾恐慌，而印度政府也迅速地在一個月後修法，正式禁止這兩樣物質用於製作麵包。

揉出麵團中蛋白質的秘密

看到這裡你是否也感到疑惑，人們為什麼要在麵包裡加入溴酸鉀呢？這得從「麵包為什麼有彈性」談起。

五穀根莖類是人類獲取碳水化合物的主要來源，但不曉得大家有沒有發現，我們的兩種主食稻米和小麥，在型態變化的「自由度」上有很大的差異：米大多數在去殼、去胚之後就能被煮熟吃掉，但小麥幾乎都會先被磨成麵粉後，才接著被塑造成各種形狀——當然米也可以被做成米粉，偶爾也會有人在牛奶裡面加一些小麥粒，但比例相對並不高。造成這個差異的最大原因，在於小麥含有的蛋白質比例較高，讓麵粉擁有較高的可塑性；而稻米主要由澱粉組成，相對沒有彈性，要做成各種形狀就比較困難。

揉麵團的時候，我們把麵粉與水和在一起，讓氧氣在揉製的過程中混進去，將穀蛋白上的硫氫基氧化。兩條穀蛋白上的硫氫基氧化之後，便有機會橋接在一起形成雙硫鍵（disulfide

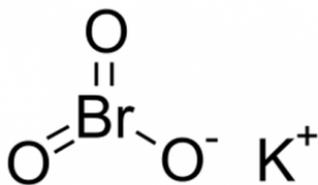
bond，-S-S-），進而增加蛋白質鏈之間的緊密程度。這個反應帶來的影響就是麵團會越揉越有彈性；在下一階段發酵膨脹時也較能夠留住酵母菌生成的二氧化碳，而不至於洩氣塌掉。

溴酸鉀的崛起與衰亡

不過麻煩的來了，以氧氣氧化硫氫基的速度並不快，在大量生產上不是很理想；於是生產者開始嘗試在麵團中加入更強的氧化劑，而其中，CP 值最高的就屬溴酸鉀了。它的所需用量少（1 公斤麵團只需要不到 0.1 克的溴酸鉀），烤完麵包後又能夠「幾乎」全部反應完。

筆者回顧了很久以前的論文（是 1979 年呢！），在過去，它其實是被使用最廣的麵團氧化劑呢！但是，添加進食品中的物質難免有殘留風險，加上動物實驗研究指出溴酸鉀會讓老鼠得到癌症，IARC 和 JECFA 最後還是為溴酸鉀的麵包之路宣判了死刑。

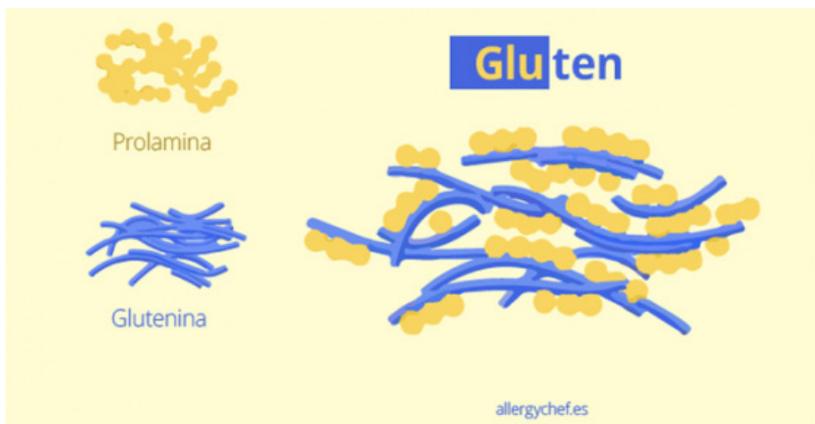




溴酸鉀化學式及外觀

那它會出現在臺灣嗎？

其實早在民國 83 年，JECFA 提出建議的兩年後，當時的衛生署（即現在的衛生福利部）就已經公告禁用溴酸鉀。可雖然近年來幾乎不曾傳出溴酸鉀被違法使用於麵包製程中，各種不肖業者將工業用原料用於食品、甚至藥品製造的食安事件仍不時登上新聞版面，讓人有些擔心，如果溴酸鉀沒有被更嚴格規範的話，會不會成為下一個食安事件的主角呢？



麩朊（黃色球球）是一種醇溶蛋白（Prolamin，prolamina 是西班牙文），在麵粉和水後會協助穀蛋白（Glutenin，glutenina 是西班牙文）與氧氣反應，最後它們會糾結在一起變成麩質（Gluten）

好消息是，行政院環保署毒物及化學物質局在民國 106 年九月公告了最具食安風險的 13 種優先化學物質為毒性化學物質，其中便包括了溴酸鉀。這代表什麼意思呢？當一項化學物質被列為毒性化學物質時，無論是製造、輸入、使用或販賣，都需申請並經主管機關核可才可以執行，而且必需定期申報運作情形。如此一來，便能更有效地掌握化學品的流向，防止它們進到民眾的口中喔！

參考資料

- What' s in our bread?- Centre for Science and Environment
WHO: POTASSIUM BROMATE
- Effect of Potassium Bromate, Potassium Iodate and L-ascorbic
- acid on the consistency of heated dough

吊白塊

讓潤餅皮常保美白、不易腐敗的壞東西？



「吊白塊」是有什麼神奇能力可以讓潤餅皮變得又白又Q彈，甚至防腐呢？這麼「好用」的物質，又為什麼會被禁止添加入食物中？

大家應該還記得寒食節吃潤餅的小故事吧？春秋時代晉文公為了感念在過去流亡的時候幫助自己的介之推，打算冊封他於綿山，可是介之推不願意做官、避不下山，晉文公一怒之下下令放火燒山，卻意外燒死了恩人介之推。懊悔不已的晉文公設立了「寒食節」，規定此節期間都不可生火煮食，民間因此衍生出以餅皮包著食材吃的食物。

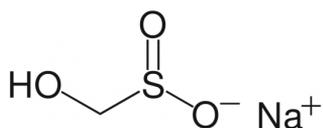
到了現代，寒食節已與清明節合併，「吃潤餅過清明」可說是一種民俗風尚，每年到了這個時候，很多人家裡都會準備上一些來享用。

然而如此美味可口的潤餅也曾發生過食安事件，民國 104 年宜蘭縣政府衛生局就曾查出有不肖業者為了要讓潤餅皮維持白色、擁有 Q 彈口感，並且防腐保鮮，竟在潤餅皮中加入非法的食品添加物「吊白塊」。究竟，吊白塊是什麼東西，竟然可以達到這麼多驚人的功效？這麼「好用」的物質，又為什麼要被禁止添加進食品中呢？

吊白塊的正確使用方法：破壞結構使顏色消失

吊白塊其實是「甲醛次硫酸氫鈉」的俗名，時常在紡織品的染色步驟中擔任「還原劑」的角色。

因為布料印染大多用的是偶氮類染料，因此使用次硫酸氫鈉這種強還原劑，能把染料分子偶氮雙鍵打斷，結構被破壞而使得顏色消失，這樣的步驟稱為「拔染」或「雕印」，因此被稱為「雕白粉」或「吊白塊」。



這麼好用，為什麼要禁止呢？

前面有提到，不肖廠商之所以把吊白塊加入潤餅皮，還因為看上了它「防腐」的功能。那麼明明是漂白劑的吊白塊，為什麼能夠防止食物腐敗呢？這是因為吊白塊會分解出甲醛，甲醛容易氧化成甲酸，其還原性能夠協助食物保存，讓潤餅皮保成品存放更久。而這邊也補充甲醛更深一層的應用：濃度 30-40% 的甲醛水溶液就是俗稱的「福馬林」，可是標本或屍體防腐的好幫手呢！

吊白塊既可以改良外觀與口感又能防腐，聽起來很讚啊！為什麼要禁止人們加入食品中呢？問題仍然出在甲醛身上！

人若接觸過多的甲醛，呼吸道或結膜等黏膜區域容易被刺激而過敏，甚至可能引起腸胃不適、噁心或嘔吐；加上甲醛已經被國際癌症研究中心 IARC 列為「對人類有明確致癌性」的第一類致癌物，因此縱然吊白塊對改善產品有不少好處，仍然不適合被人類吃下肚。

如何避開吊白塊潤餅皮？觀察外觀、低溫保存

因為其對健康的危害風險，吊白塊在許多國家都不被允許添加到食品，因為其對健康的危害風險，吊白塊在許多國家都不被允許添加到食品中，民國 106 年化學局更將吊白塊列入需要從源頭控管流向的化學品，希望能降低其流入食品的風險。



甲醛水溶液「福馬林」可防腐的特性，讓它成為許多標本製作者的好夥伴

如果你還是很擔心所吃的潤餅皮可能含有被吊白塊成分，根據我們剛聊到的幾個添加吊白塊會產生的特色：「漂白」、「Q彈與嚼勁」、「防腐」，你可以在挑選潤餅皮的時候注意以下幾點：

1. 避免挑選顏色過白，甚至白得有點不自然。
2. 避免挑選過脆或太軟 Q、韌性過高。
3. 聞聞看有無異味。
4. 業者宣稱常溫下可保存多時的不要購買。

最後，購買後也應儘量趁新鮮食用，否則要放冰箱冰存，可別避開了吊白塊，結果吃到腐敗的食物鬧肚子痛啦！

註解

1. 根據衛福部公告的「免洗筷衛生標準」，免洗筷中二氧化硫殘留量應為 500 ppm 以下，過氧化氫及聯苯則為不得檢出。

參考資料

- (新聞) 潤餅皮違法添加吊白塊 新北驚爆製作商已使用 20 年 - 東森新聞雲
- (新聞) 不肖業者 " 吊白塊 " 潤餅皮 Q 彈又防腐 - 公視新聞
- 認識吊白塊 - 健康主題網, 彰化縣衛生局
- 吊白塊是什麼? 其成分、用途及危害為何? - 食品生活網 - 台灣食品科學技術學會
- 甲醛次硫酸氫鈉 Wikipedia
- 甲醛次硫酸氫鈉 Sodium Formaldehydesulfoxylate - 國家衛生研究院
- 國家環境毒物研究中心 - 甲醛

苜基紫

紫色一號「苜基紫」：
如此豔麗的紫色，真的能吃嗎？



顏色好看的食物，是不是更讓你有食用的意願呢？

民國 106 年四月，環保署於記者會公布 13 種最具食安風險的「第四類毒性化學物質」。其中有幾種大家應該不陌生，例如每年都會重新出現在食安新聞中的三聚氰胺、皂黃、玫瑰紅 B 等；但是定睛一看，名單中還有一位不太熟的朋友——「紫色一號（苜基紫）」，咦，它又是何方神聖呢？

首先，從物質名稱上應該能看出來，「紫色一號」是一種著色劑。根據食藥署最新公告的《食品添加物標準草案》，臺灣的

食品添加物依照「功能性」分成 28 個種類，其中第 9 種「著色劑」、第 10 種「保色劑」、第 13 種「調味劑」與第 25 種「甜味劑」，都是為了增添食品的外觀與風味，讓身為消費者的我們更有購買與吃下肚的意願。

其中，食品的著色劑更是一個有趣的議題，你所見的紅是不是紅，黃是不是真的黃呢？食物的顏色從何而來？怎麼樣才能安全、健康，但是「看起來」好吃呢？

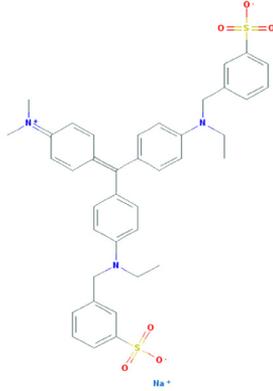
浪漫的紫色，真的適合出現在食物中嗎？

紫色一號，原名苜基紫，外觀是黑色的細微粉末，會溶於水與乙醇。化學式為 $C_{39}H_{40}N_3NaO_6S_2$ 分子量為 733.874 g/mol，相當地有份量。

它的「合法」用途是為羊毛、絲綢或錦綸等織品原料染色。然而，隨著食品工業需求變大，開始有製造者看上紫色一號的低廉成本，動起商業腦筋。於是，顏色浪漫的馬卡龍、蛋糕上漂亮的假花、看起來濃郁可口的芋泥捲等糕點食品中，開始出現原為「工業染料」的紫色一號的身影。但是，這種物質真的適合出現在食物中嗎？

染色劑的歷史：從天然到合成

過去，人類多使用大自然給予的鮮豔天然原料，例如植物的根莖葉、花、果實甚至礦物與昆蟲等，從中萃取不同顏色，並再



紫色一號（**苳基紫**）的化學結構長這樣，是不是很有份量

利用；然而隨著科技演進，我們開始學習如何藉由蒸餾、硫化、硝化焦油來創造並且製作顏色，使用更便利而能夠大量製造的方式，取代過往必須倚賴自然的途徑。

20 世紀初，人工染劑已多達約 700 種，但相較於今日用量甚少，因此尚未受到管制。直至 1938 年，美國食品藥物管理局（FDA）才開始規範食用色素，當時核准使用的食用色素 15 種，其中 6 種沿用至今；而經過各種實驗與檢測之後，FDA 又於 1976 年公布一份需管制的食用色素名單，其中就包含了我們的主角：紫色一號。

到了 1987 年，IARC 也正式將紫色一號列入「對人體可能致癌的物質（possibly carcinogenic to humans）」的 2B 類致癌物；而雖然 2B 類致癌物的定義是：僅在動物實驗上發現致癌性、於人類流行病學以及致癌機制都未有定論，但紫色一號在加熱分

解時會釋放出有毒的氮氧化物、氨、氧化鈉和硫氧化物，實在不適合添加進糕餅糖果中。

幸好如開頭所述，臺灣行政院環保署的毒物與化學物質局也將它列入最具食安風險的「優先 13 種化學物質」中，日後無論製造、輸入、使用及販賣等都須申請核可才可以運作，且必須定期申報運作情形。此外，容器包裝上也應標示「禁止用於食品」，以降低誤流用的可能。

挑選有明確成分標示、不過份鮮豔的紫色食物！

那麼，在紫色一號被禁止使用於食品後，大家是不是就吃不到帶有漂亮紫色外觀的食物了呢？別擔心，我們仍然可以使用紫薯或紫色花草萃取物，作為紫色染色的添加物。



紫色花草與紫薯也可以萃取出紫色著色劑成分喔

而當然，天然健康的紫色食物遠比想像中多樣，包括常見的茄子、山藥、芋頭、紫色莓果類，以及紫花椰菜、紫蘆筍、紫番薯、紫玉米、黑米等，都是喜愛紫色的你可以參考的選擇。至於該如何挑選紫色食物，我們要注意光是被鮮豔的色彩迷惑，記得考慮該食材的「原始顏色」，例如：芋頭的紫色是灰紫色、而不是鮮豔的紫色；另外也多注意完整的成分標示，如此一來，不僅滿足視覺感官，也可以成功照顧好自己的胃！

參考資料

- 環保署《環保署預告列管 13 種毒化物 協力提升食品安全》，網址：<https://www.epa.gov.tw/ct.asp?xItem=60069&ctNode=35334&mp=epa>，106 年。
- 環境資訊中心《Q 彈粉圓有沒有問題？ 13 種非法添加劑 環署將納入毒化物》
- 環保署毒管法修正草案 4+1 記者會簡報
- 環保署公告 13 種列入毒性化學物質的食品添加劑檔案，網址：<https://www.slideshare.net/teia/106042113>，106 年。
- IQC 商品資料庫《環保署納 13 種非法添加劑為毒化物，「第四類毒化物」不更名「關注化學物質」》
Natural News 《The dangers of artificial food colors》
WHO IARC Monographs – LIST OF CLASSIFICATIONS, VOLUMES 1-120

硼 酸

是好幫手還是壞朋友？
令人又愛又恨的「硼酸」



鹼粽是節慶期間美味的食物，卻曾被驗出含硼砂、硼酸殘留

「驚！OO 鹼粽又驗出硼砂！」、「鹼粽檢出硼酸，醫：嚴重恐引發代謝性酸中毒」，每年的端午佳節總會看見這類食安新聞又重新登上版面。硼酸與硼砂並非合法的食品添加物，卻仍有不肖業者將兩者違法使用，拿來增加食品彈性、韌性，延長保存期限或是保持色澤美觀，甚至除了鹼粽外，其他如年糕、油麵、貢丸、魚板及蝦仁等追求「口感」的食物也時常遭殃。

究竟，硼砂與硼酸會對人類身體產生怎樣的影響呢？這系列

化學物質文章中，我們將以〈硼砂的應用——讓食物變得 QQ 的月石〉一文中介紹能夠製造 Q 彈口感的「硼砂」，這次，就讓我們先簡單說明硼砂的結構與特性，以及它與「硼酸」間的關係。

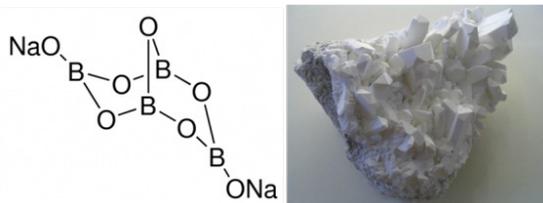
硼砂與硼酸間的轉換

硼砂又稱四硼酸鈉，化學式為 $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ，是一種常見的含硼鹽類，外觀為無色晶體或白色粉末。它可以抑制酵母菌與黴菌的生長，曾用作防腐劑，也能抑制酪胺酸酶（tyrosinase）作用，防止酪胺酸（tyrosine）氧化成黑色素，近年來常被濫用於防止蝦類食品黑變，保持其色澤美觀。

自然界中常見的硼酸

硼酸是一種含硼的無機弱酸，外觀為白色粉末或是透明晶體，摸起來有油膩感，微溶於冷水中，但溶解度會隨溫度增高而增大，在攝氏 20°C 下，1 公升的水約可溶 47.2 公克的硼酸。硼酸在自然界中其實相當常見：海水本身就含有硼酸與其它鹽類；在某些特火山區，例如義大利的托斯卡納（Tuscany）及利帕里群島（Lipari Islands）與美國的內華達州（Nevada），也可以發現它的蹤跡。而有時候，硼酸也會與含硼礦物（例如硼砂礦）共存，穿插在礦物結構裡。

另外，硼元素對植物的生長也是不可或缺的存在，它可以促進木質素生成以及根莖的生長；若缺乏硼，植物便會發黃或發黑，甚至葉子形狀發育不良。



左圖為硼砂的結構式，在水溶液中解離成兩個鈉離子 (Na^+) 與中間的 $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ 陰離子，進而與水形成硼酸分子與氫氧根離子

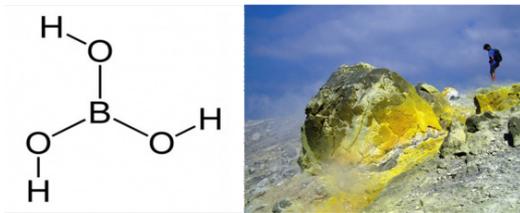
而這些硼元素常以「硼酸」的形式儲存在植物中，尤其是果樹與水果。所以攝入微量的硼酸並不是什麼驚天動地的事，人體也可以自然代謝掉，並不會對健康產生危害。

硼酸的其他應用：消毒、除蟲、緩衝液

除了自然幫助植物生長，硼酸在醫療上也有所應用，它具有消毒作用，可以治療輕微割傷與燒傷，也能抑制黴菌的感染（如念珠菌或是足癬），常用作敷藥或是藥膏來使用。

稀釋過後的硼酸水溶液（最高允許濃度為 3%）則能用作眼藥水或是洗眼液，舒緩眼睛的不適感，也是目前唯一以知道對眼睛有益的酸。

另外，硼酸具有殺死常見害蟲的功用（硼砂也有相同效果），主要機制是腐蝕昆蟲的外骨骼，並藉由餌食攝入的方式影響其新陳代謝。1948 年，美國國家環境保護署（United States Environmental Protection Agency, USEPA）就曾以硼酸控制



左圖為硼酸的結構式

右圖為利帕里群島的火山，其煙霧含有硼酸分子

蟑螂、白蟻、紅火蟻、蠹魚及跳蚤的數量；而這樣同時具備消毒與殺蟲作用的特性，也讓它被用作木材的防腐劑。硼酸的其他用途還包含：控制核電廠的核分裂反應速度、製造耐熱玻璃（硼矽酸鹽類）、硼酸與其硼酸根配成的水溶液可用做游泳池的酸鹼緩衝液等。

注意！硼酸不可添加入食品中

讀到這裡大家可能會覺得：硼酸還不錯啊！除了本身就存在自然界中外，還是人類生活的好幫手呢。然而，接著我們也要說明使用時需要注意的一面——硼酸的毒性。

硼酸雖然本身毒性不強，但是在體內有「累積作用」，儘管每次攝取量不多，連續攝取後在體內累積，仍可能破壞中樞與消化系統，妨礙消化酶作用，引起食慾減退、抑制營養吸收以及促進脂肪分解，導致體重減輕等症狀。此外，在大、小鼠與狗的硼酸餵食研究中，也觀察到長期或短期內攝入大量硼酸或硼砂，雄性生殖系統會受到影響，例如睪丸萎縮。

不過，硼酸現階段並未觀察到明顯致癌或是產生基因突變的結果，國際癌症研究中心（IARC）也未將其列為致癌物質。

以劑量來說，成人攝取 1~3 克的硼酸便會產生「硼酸中毒」症狀，包含嘔吐、腹瀉、皮膚產生紅斑、更甚者有休克或昏迷之虞；口服致死劑量則分別是成人 15~20 克，幼兒 5~6 克，以及嬰兒 2~3 克。

因此，國際糧農組織與世界衛生組織之食品添加物專家委員會（簡稱 FAO、WHO JECFA）認為硼砂與硼酸對人體健康具有潛在危害，故不應做為食品添加劑，世界衛生組織（WHO）則建議硼酸的「每日攝取容許量（TDI）」為 0.16 mg/kg bw/day，亦即每日、體重每公斤可容許 0.16 毫克的攝入量。



硼酸具除蟲效果，曾被 EPA 用來控制紅火蟻、蠹魚及跳蚤的數量

目前世界各國，大多命令禁止將硼砂或硼酸作為食品添加劑（不過歐盟允許硼砂或硼酸做為魚子醬的防腐劑），臺灣也已經明令禁止——我們的食品添加物採正面表列，硼砂並不在許可清單之中喔。

除了仰賴相關單位的檢驗抽查之外，下次再購買相關食品的時候，我們也可以儘量挑選包裝完整且有標示食品成分資訊的產品，多一分用心，就少一分風險囉。

新聞來源

- 〈鹼粽檢出硼酸 醫：嚴重恐引發代謝性酸中毒〉——聯合新聞網
- 驚！彰縣抽驗端午食材 鹼粽竟驗出硼砂，網址：<http://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews/2071656>，106年。

參考資料

- EPAB—Boric acid
Scientific Opinion on the re-evaluation of boric acid and sodium tetraborate (borax) as food additives. EFSA. J. 11, 3407 (2013)
- 國家衛生研究院國家環境毒物研究中心—硼
- 國家衛生研究院國家環境毒物研究中心—澎湖縣政府衛生局呼籲鹼粽勿再使用硼砂
- 科技大觀園—硼的自述
- 勞動部職業安全衛生署：硼及其化合物引起之中毒及其續發症認定參考指引

亞硝酸鹽

是福還是禍，總之躲不過：
亞硝酸鹽的新發現，切開了致癌的鎖鏈？



以劑量來說，成人攝取 1~3 克的硼酸便會產生「硼酸中毒」
「香腸和魷魚一同食用，恐合成人類可能致癌物亞硝胺？」你也聽過上述的謠言嗎？硝酸鹽和亞硝酸鹽常常與致癌的消息綁在一起，到底它們為何會常常出現在你我的日常飲食中？亞硝酸鹽又真的是好毒好毒的致癌物嗎？我們又該如何面對這樣的流言？在解答這些問題之前，讓我們先從亞硝酸鹽可能的致癌機制談起。

亞硝酸鹽的「致癌鎖鏈」？

攤開便當，火腿香腸臘肉家族大概是最容易擁有食安謠言的食材，謠言的配對組合也各式各樣糊里糊塗。我們簡單分為 A、

B 兩組，A 組是臘肉、香腸等含有「亞硝酸鹽」的加工肉品，B 組包括魷魚、養樂多、柴魚、章魚、魷魚、香蕉、番茄、起司等含有「胺類（蛋白質及其降解產物）」的食物；A 組任一成員遇上 B 組任一成員，碰！你就有一個「這樣吃會有致癌風險」的食安新聞了！

但是大家先不要焦躁，且讓我們來追根究柢主因。香腸這些肉類加工製品（A 組）都會添加硝酸鹽或亞硝酸鹽，做為上色與防止肉毒桿菌產生之用 [1]。亞硝酸鹽在酸性或高熱的環境下，會與胺（B 組）反應生成亞硝胺，一種已知的致癌物。而由於上面整組反應可以寫成：硝酸鹽 → 亞硝酸鹽 + 胺 → 亞硝胺 >> 致癌。因此，只要吃下了硝酸鹽或亞硝酸鹽，配上含胺的食物，就會生成致癌物質……嗎？



最容易產生致癌食安新聞的食物：香腸家族！

這裡告訴大家經過許多科學分析得出的結論：我們並不確定。

理論很殘酷，現實很模糊

化學理論是一回事，人類生理反應又是另一回事。我們一直無法確認在人類胃酸的環境下，究竟能有多少亞硝酸胺生成。前段「會生成亞硝酸胺」指的是在化學實驗的單純環境下，可是胃裡同時有太多反應在進行，實際上硝酸鹽與胺類的濃度並不高。就算亞硝酸與胺的反應是男主角與女主角碰在一起的乾柴烈火、一發不可收拾，可胃裡的環境就是個大通鋪啊！便當裡有飯、香腸、雞排和高麗菜，因此胃裡同時有胃酸、纖維素、澱粉、葡萄糖、鹽分等物質族繁不及備載；通鋪裡同時出現男配角 1 號到 100 號加上女配角 1 號到 100 號在旁邊啊！確定會反應嗎？

想以實驗驗證這項理論，需要持續檢驗記錄人體吃下東西後胃裡的亞硝酸胺濃度，顯然不太實際。那換成以流行病學的方法，追蹤吃下比較多硝酸鹽或亞硝酸的人群，並和正常人比較，其健康狀況是不是有受到影響，這樣可以了吧？

呃，還是不確定。

這裡有個流行病學研究的極限，流行病學主要追蹤現有的飲食習慣或生活習慣，以找出影響健康的因素，然而「生活」包含得太多，很難將單一因子分割出來。加工肉品在 2015 年被國際癌症研究總署歸類為第一類致癌物質（有足夠證據），看起來好

像「罪證確鑿」，但千萬不要被誤導了，我們日常飲食中硝酸鹽與亞硝酸鹽最大的來源其實並不是加工肉品，而是蔬菜類 [2]，可蔬菜類又多含有維他命等物質可以防癌。目前單以硝酸鹽或亞硝酸鹽的攝取量來討論是否會致癌，眾研究的結果是互相衝突、沒辦法有定論。



日常飲食中硝酸鹽與亞硝酸鹽最大的來源其實是蔬菜類

亞硝酸鹽加胃酸，抗菌新配對？

不過在近期，我們對於硝酸鹽與亞硝酸鹽在人體的作用，又有了新的認識 [3]。

血液中的硝酸鹽約有 1/4 會被唾腺吸收分泌進唾液中，硝酸鹽進入口腔後，會在唾液裡被細菌轉化為亞硝酸鹽——這其實才是人體中最大的亞硝酸鹽來源，即使你不吃加工肉品也會自然產

生。唾液中的亞硝酸鹽經過吞嚥進入胃中，會在酸性環境中生成一氧化氮，弱化細菌生理反應；換句話說，亞硝酸鹽配合胃液，有明顯的殺菌效果，足以殺死一般常見的大腸桿菌、沙門氏菌等，很可能跟胃部殺菌的功能有關。

就這樣，亞硝酸鹽從「致癌物前身」搖身一變，成了「抗菌小幫手」。

回到關於飲食的焦慮：怎麼吃才是對的？

曲曲折折講到這裡，有沒有發現一開始討論的「香腸和魷魚一起食用，會合成亞硝胺」根本問錯問題？飲食中，加工肉品並不是亞硝酸鹽最主要的來源，如果要擔心亞硝酸鹽，應該是要針對最主要的來源——蔬菜（硝酸鹽）與口水（亞硝酸鹽）配上含胺的食物會不會致癌，對嗎？

一定有人看到這裡表示崩潰：即使可以減少蔬菜中硝酸鹽的含量 [4]，但該拿口水怎麼辦啊！

這時要提醒一下大家，蔬菜雖然是飲食中硝酸鹽類最大的來源，但也是維他命 C、維他命 E 的主要來源；而維他命 C 和維他命 E 作為抗氧化劑，可以阻斷亞硝酸鹽轉換成亞硝胺的反應。只要你攝取的飲食中有充分的維他命 C 與維他命 E，理論上就不需要對於硝酸胺的生成太過憂慮。（有點像一併吃下解藥的感覺～）

關於「硝酸鹽－亞硝酸鹽」對人體影響，有越來越多討論認為利多於弊，雖然目前仍沒有明確的定論，不過可以確定的是，在飲食攝取方面，蔬菜類對於健康的好處還是非常明顯的。請不要把硝酸鹽當成藉口，而挑食不吃青菜啊！

註解

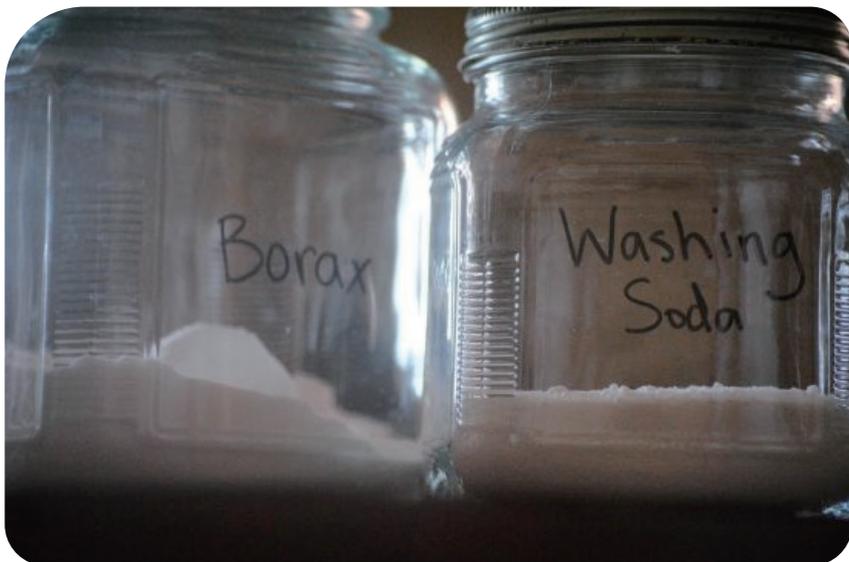
1. 肉毒桿菌是種很麻煩的東西，肉毒桿菌毒是致死率最高的物質之一，在我們日常的環境中就有肉毒桿菌的孢子，但需要在無氧的環境下才能生長，而我們精心製作的香腸、臘肉，恰恰好就有適合牠生長的環境；但是只要在肉品中加入一點點亞硝酸鹽，就能阻止肉毒桿菌生長。
2. 硝酸鹽類是蔬菜主要的「氮」來源，本來就自然存在，而且在葉菜類濃度會比加工肉品來得高。農委會農糧署於 101 年 9 月 19 日公布目前監測結果：101 年 1-6 月檢驗 133 種 1,327 件蔬菜硝酸鹽，主要含量範圍為 11-5,006 ppm。歐盟對於加工肉品的限制濃度為硝酸鹽 500 ppm，臺灣的限制為 NO₂ 濃度 70 ppm。
3. 雖然號稱「較新」但也已經是 1994 年的研究了：由瑞典斯德哥爾摩卡洛林斯卡學院的隆伯格（Jon Lundberg）和英國阿克希特半島醫學院的班傑明（Nigel Benjamin）的兩組團隊分別觀察到，人類胃部含有大量的一氧化氮（NO）氣體，是由亞硝酸鹽與胃酸作用而來的。
4. 蔬菜內的硝酸鹽有可能減量，但不可能完全不存在。硝酸鹽在自然系統中扮演了氮循環的重要角色，也是氮肥的主要成分之一。

參考資料

- Weitzberg, E., & Lundberg, J. O. (2013). Novel aspects of dietary nitrate and human health. *Annual review of nutrition*, 33, 129-159.
- Cockburn, A., Brambilla, G., Fernández, M. L., Arcella, D., Bordajandi, L. R., Cottrill, B., ... & Dorne, J. L. (2013). Nitrite in Feed: From Animal Health to Human Health. *Toxicology and applied pharmacology*, 270(3), 209-217.
- Alexander, J., Benford, D., Cockburn, A., Cravedi, J. P., Dogliotti, E., Domenico, A. D., ... & Grandjean, P. (2008). Nitrate in vegetables Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food chain. *EFSA J*, 689, 1-79.
- 国际癌症研究机构专刊对食用红肉和加工肉制品做出评价
Evaluations of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA)
- WHO FOOD ADDITIVES SERIES: 50 NITRATE and NITRITE
- 國家毒物研究中心 – 硝酸鹽及亞硝酸鹽
- 比起香腸、熱狗...「口水」才是人體亞硝酸鹽的主要來源！營養師告訴你：這樣吃不會致癌，網址：<https://health.businessweekly.com.tw/AArticle.aspx?ID=ARTL000066335&p=2>，106 年。
- 維生素 C 的抗氧化機制，網址：<http://www.masters.tw/72131/%E7%B6%AD%E7%94%9F%E7%B4%A0c%E7%9A%84%E6%8A%97%E6%B0%A7%E5%8C%96%E6%A9%9F%E5%88%B6>，106 年。
- <https://nutritionfacts.org/video/vegetables-rate-by-nitrate/>
- Duncan, C., Dougall, H., Johnston, P., Green, S., Brogan, R., Leifert, C., ... & Benjamin, N. (1995). Chemical generation of nitric oxide in the mouth from the enterosalivary circulation of dietary nitrate. *Nature medicine*, 1(6), 546-551.

硼砂

讓食物變得 QQ 的月石



硼砂（左）與洗滌鹼（右）

民國 106 年五月，校園傳出一起惡作劇事件：因被好友欺騙是糖粉，學童誤食了硼砂，回家後發高燒、吐血送醫，引起不少討論。在其他食安新聞中，也會不時聽聞貢丸、油條等食品驗出硼砂，究竟硼砂有沒有毒？有多毒？會出現在生活中哪些地方？以下，且聽我們娓娓道來。

在正式進入硼砂之前，讓我們先從元素「硼」說起。硼（Boron）在元素表排序第五，屬於含量較稀少的元素，總量在地殼之中約佔 0.003%。元素硼外表色黑，是硬度相當高的物質，

僅次於金剛石，但質地相當脆。單質硼可應用於冶金工業，在鋼中參入少量的硼，即可大幅改善不鏽鋼強度；此外，硼也是維持人跟植物生理機能必須的元素之一。而我們俗稱的「硼砂」並非元素態的硼，而是硼與氧、水、鈉的化合物：四硼酸鈉 ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)。

硼砂 (Borax) 的外表是無色晶體與白色粉末，比起純元素的硼，硼砂是早期在自然界中較容易找到硼的型態——另外一個常見的型態為硼酸，可在火山與溫泉中發現現；元素硼則是至 1808 年才被化學家給呂薩克、泰納德與戴維分離出來。在硼元素被發現之前，硼酸甚至一度被列入元素表呢。

煉金術士的法寶－硼砂的歷史應用

硼砂的用途相當廣泛，約西元前 200 年時，巴比倫人就已經將硼砂用於黃金鑄造的過程。之後，古埃及與羅馬人也會使用硼砂製作玻璃器皿，他們發現玻璃製作過程中加入硼砂，除了能幫助融熔，也可以控制玻璃的膨脹率，提高耐火度。中國則在西元前 300 年將硼砂用於陶瓷釉料，主要功能同樣是促進融熔、降低溫度，並做為琺瑯的原料之一。

到了西元 8 世紀，開始有文字記載波斯、阿拉伯煉金術士將硼砂用做金屬工業上的助焊劑與助熔劑。這是由於硼砂在焊接金屬的過程中，會分解成水、偏硼酸鈉 (NaBO_2)、氧化硼 (B_2O_3)，其中氧化硼能夠與金屬表面的氧化物反應、將之去除，故能夠幫助被焊金屬結合。



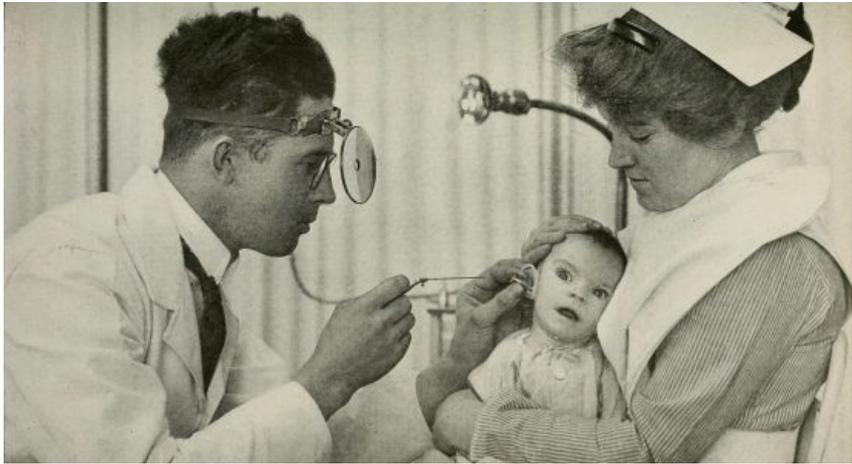
加州死亡谷的採礦遺跡
該地自 1875 年發現大量硼砂後，成為當時最大的礦場

硼砂的中西醫藥發展

除了冶金、玻璃與陶瓷工業上的應用，硼砂也具有藥用價值。在中國古代，硼砂又稱月石，被用作礦物藥的一種，《本草備要》中便有記載：「硼砂潤，生津，去痰熱。甘，微咸，涼，色白質輕。」

硼砂在傳統藥效上，外用可解毒防腐、消腫，為主要用途；內服可治療喉嚨腫痛、咳嗽止痰、反胃等症狀，例如許多人嘴破時會用的西瓜霜，配方即含有少量硼砂。講到這邊，應該有人會想問：西瓜霜在臺灣不是被列為禁藥了嗎？

事實上，這是由於大家所熟悉的桂林西瓜霜為中國藥廠製，目前在臺灣並未經過查驗核准發給藥品許可證，因此該藥品屬於



醫生以飽和硼酸溶液沖洗嬰兒的耳朵

不可販售的禁藥，罪魁禍首並非硼砂。而在西方，硼砂的醫療研究常與硼酸相提並論。約公元 10 世紀左右，科普特人使用含有硼砂的成分來治療眼疾。1702 年，荷裔醫師 William Homberg 首先將硫酸鐵與硼砂共熱，製備出硼酸。但 William 醫師還不知道他製造出來的物質就是硼酸，而將其命名為「鎮靜鹽（sedative salt of homeberg）」，聲稱其具有鎮靜、止痛、解痙攣的效果。

19 世紀至 20 世紀，硼酸與硼砂的醫療研究開始蓬勃發展。硼砂與硼酸被認為具有抑制細菌與真菌的性質，普遍被製成各式軟膏、敷藥、溶液藥，用途包含結腸和直腸灌洗、洗胃，也用於燒傷、手術傷口、膿腫時的外用藥；此外治療鼻子、喉嚨，甚至嘴巴內的鵝口瘡等，都可用上含硼酸的藥品。1875 年，英國醫師 Joseph Lister 則是第一個將硼酸用於「食品防腐」的人，開啟了日後硼砂與食品防腐的因緣。

硼砂與食品添加物的淵源

回到臺灣，我們習慣將硼砂稱作「冰西」，早期常添加在食品中，增加韌性口感與保水度，如蝦仁、黃油麵、鹼粽、貢丸、魚丸、年糕、燒餅等等。那麼，硼砂為什麼能讓食品變 Q 呢？其奧妙在於將硼砂溶於水時，會產生硼酸，並進一步與水中的氫氧根結合成硼酸根離子，與多醣中的官能基進行縮合反應（一種將兩個分子的官能基結合並脫去其他分子的反應）。換句話說，硼砂是澱粉分子間的關鍵連結，負責將各個分子交聯（cross-link）在一起，從而產生「QQ 的」口感。

除了提升口感，硼砂也會在生鮮蝦蟹的保存中，用來防止「黑變」發生。在保存過程中，蝦頭、尾表面容易形成黑色斑點，這是由於蝦蟹捕撈離水後與氧氣接觸，體內的多酚氧化酶（Polyphenol Oxidase）會催化酪胺酸（Tyrosine）代謝產生黑色素沉積，讓外殼看起來黑黑的，與蘋果發生的褐變相似。有些不肖商人為了賣相，會在冰存的鮮蝦、螃蟹等甲殼類中，加入硼砂作為多酚氧化酶的抑制劑，防止黑變。不過，基於硼砂對人體的危害，世界上許多國家包括臺灣都已禁止硼砂在食品保存與防腐中使用。

硼砂的毒性作用

說了這麼多，硼砂究竟會對人體產生什麼影響？如果硼砂能夠入藥，為何新聞媒體還會稱硼砂是「高毒性」呢？



其實，硼砂對人體的危害，主要來自吃下硼砂後與胃酸反應的產物：硼酸（ H_3BO_3 ）。硼酸對人體屬於中等毒性，會被腸胃道或是受損的皮膚迅速吸收，但不易排出的「蓄積性毒物」。只有微量攝取時，可由泌尿系統排出，對身體幾乎沒有影響；可是若暴露量太大或累積量過多時，便會引起中毒。

這是由於硼酸在人體中會抑制消化酶作用，可能引起食欲衰退、阻礙營養素吸收、影響骨骼發育，中毒現象包括皮膚紅疹、脫屑；噁心、嘔吐、腹瀉、休克、昏迷等，嚴重者可能對胃、肝、腎、肺，甚至對腦造成危害。



成人若攝入用 1~3 公克硼砂即可能中毒，15~20 公克有致命危險；孩童則因為代謝效率較慢，食用 5 公克可能造成死亡 [1]。新聞中的孩童僅沾食了一口硼砂就出現中毒症狀，幸好最後送醫沒有大礙。

蟑螂、螞蟻都聞之色變

既然食品中已經不能添加，我們還會在哪裡遇到硼砂呢？答案是——殺蟲劑！

硼砂取得簡單、成本低廉，是坊間常見的防治蟻蟑配方，一般會將硼砂與麵粉、砂糖或其他易吸引昆蟲的餌食混合，製成簡單的餌劑。硼年紅砂餌劑的滅蟲機制是利用螞蟻、蟑螂群居於巢穴、會食用同類屍體的習性，將硼砂的毒性傳播出去。



民國 92 火蟻入侵臺灣的危機中，硼砂也被正式用作有效的餌劑之一，可以說是立了大功。再次綜觀人類的發展，硼砂的使用已十分長久，曾經作為煉金術發展的重要原料之一、到一度成為防腐劑的班底。如今在工業上，硼砂不只是製備其他硼化合物的基礎原料，也有許多不同的用途；在農業上，硼砂是硼肥中的重要成分之一。除此之外，只要正確的使用，硼砂也能成為生活防蟲的好幫手。

希望大家在閱讀完這篇文章後，能夠對硼砂有所認識，當然硼砂的應用千變萬化，說不定在生活某處，你也能發現硼砂默默參了一腳喔！（編按：例如自製軟軟和史萊姆的時候 XD）

註解

1. 在歐盟，硼砂被允許以極少的用量添加於真正的魚子醬中，每公斤魚子醬僅能添加 5 公克。

參考資料

- Alberta Stwertka (2002) , A Guide to the Elements, Second Edition. Oxford University Press, Inc. U.S.A.
- Akihiro Koike et al. (1995) , Dynamic Light Scattering and Dynamic Viscoelasticity of Poly (vinyl alcohol) in Aqueous Borax Solutions. Macromolecules, Volume 28, Pages 2339-2344.
- Jaime Wisniak (2005), Borax, Boric acid, and Boron—From exotic to commodity. Indian Journal of Chemical Technology, Volume 12, Pages 488-500.
- Robert J Weir JR, Russell S Fisher (1972) , Toxicologic Studies on Borax and Boric Acid. Toxicology and Applied Pharmacology, Volume 23, Issue 3, Pages 351-364.
- Valdes-Dapena, M. A. and Arey, J. B. (1962) , Boric acid poisoning. The Journal of Pediatrics Volume 61, Issue 4, Pages 531-546.
- 許鴻源等人 (1985) , 簡明藥材學。新醫藥出版社，臺北市。
- 廖永安 (2008) , 中醫藥材常用指南。黃金屋文化事業公司，臺南市。
- 8 蘇明德 (2016) , 硼的自述。科學發展, 第 523 期, 第 50-58 頁。
- 陳竹亭 (2008) , 硼元素的發現。高瞻自然科學教學資源平台。
- 中國大百科全書總編輯委員會《化學》編輯委員會 (1992) , 中國大百科全書, 化學 II。中國大百科全書出版社編輯部, 北京市。
- 歐明、王寧生 (2005) 。中藥及其製劑不良反應大典。大展出版社有限公司, 臺北市。
- 菲利普·費爾南德斯·阿莫斯圖著, 何舒平譯 (2005) 。食物的歷史。中信出版社, 北京市。
- 曹艇、劉夢溪 (2003) , 食品中非法添加硼砂的危害。中國預防醫學雜誌, 第 3 期, 第 237-238 頁。

參考資料

- 胡小玲、黃輝濤、肖學成（2008），ICP – AES 法測定食品中硼砂。中國衛生檢驗雜誌，第 18 卷第 10 期，第 1994-1995 頁。
- 鄭永銘（2016），為什麼鹼粽吃起來 Q 彈。跟著鄭大師玩科學。
- 高憲明（2012），毒家報導——揭露新聞中與生活有關的化學常識。五南圖書出版股份有限公司，臺北市。
- 高鎖鋼、田學賓等人（2005），化學元素發現的故事。倚天文化事業有限公司，臺北縣。
- 曾道一、賈宜琛（2002），食品科學概論。新文京開發出版有限公司，臺北縣。
- 行政院農委會水產試驗所（2017），蝦頭變黑與新鮮度無關嗎？水產資訊，水產品食安專區。
- 漢斯烏里希·格林著，劉于怡譯（2014），把化學吃下肚。麥田出版，臺北市。
- 陳俊宏，硼及其化合物（boron and its compounds）引起之中毒及其續發症認定參考指引。勞動部職業安全衛生署，職業傷病管理服務中心。
- 邱一中、王清玲（2009），利用硼砂餌劑防治入侵紅火蟻（*Solenopsis invicta* Buren）（膜翅目：蟻科）之效果評估。臺灣農業研究。58 卷 2 期，第 84-92 頁。
- 陳淑佩、王清玲、翁振宇、林俊義（2004），防治紅火蟻入侵簡易餌劑之開發。農業試驗所技術服務季刊，第 15 卷第 4 期，第 23 – 25 頁。
- 王振宇、羅怡珮（2011），螞蟻餌劑對黑頭慌蟻族群的防治效果評估。台灣昆蟲期刊，第 31 卷第 3 期，第 169-177 頁。
- 黃基森（2005），入侵紅火蟻防治政策在環境保護上之意義研究。環境教育學刊，第 4 期，第 79-107 頁。

容許量 / 攝取量

這是毒還是藥？先搞懂

「每日容許攝取量」和「最大殘留安全容許量」吧！



橫掃全世界的傳染病瘧疾，惡名昭彰的毒藥滴滴涕（又稱迪迪替，學名雙對氯苯基三氯乙烷 Dichloro-Diphenyl-Trihaloroethane, DDT），逗幾？

無可避免的「殘酷二選一」

2014 年比爾·蓋茲發布一項統計，造成最多人類死亡的動物排名第一是「蚊子」，每年造成 72.5 萬人死亡，其中 60 萬人死於瘧疾 [1]。從 1955 年開始的根除瘧疾計畫，使用了 DDT 這種在 20 世紀上半葉非常重要的農藥和殺蟲劑，並在許多國家（包

括臺灣) 成效顯著。但 DDT 不但有急性毒性，長期使用還具有潛在的基因毒性、干擾內分泌作用，甚至被列為 2A 類致癌物質，即可能使人致癌 (Probably carcinogenic to humans) 。

DDT 已經被大多數已開發國家禁用，但最近在非洲肆虐的瘧疾又再度引發爭議：我們是否應該在對抗瘧疾的戰爭中重啟使用 DDT？微量就可以致人於死的超級毒素，與會致癌的亞硝酸鹽，逗幾？

日常食用的香腸、臘肉等能夠長期保存的肉類製品，由於肉品內部環境很容易滋生肉毒桿菌、產生肉毒桿素——已知對人類毒性最強的毒素，只需要 1 克就能夠毒死一百萬人——因此，香腸最常使用的添加物為亞硝酸鹽，主要功能之一便是抑制肉毒桿



香腸最常使用的添加物是亞硝酸鹽，有抑制肉毒桿菌滋生的功能

菌滋生。但是過量的亞硝酸鹽會導致急性後天變形血紅素症，嚴重時可能造成窒息而致命；更甚者，亞硝酸鹽若碰到二級胺可能會產生致癌物質亞硝胺（Nitrosamines），一種經動物實驗結果顯示會導致腫瘤的致癌物質。那麼，午餐的香腸臘肉就是在肉毒桿菌素與亞硝酸鹽中二選一賭命嗎？我們為什麼還傻傻繼續吃下去？

不需要的殘酷二選一：毒即是藥，藥即是毒？

大家有沒有發現，前段兩個敘述都刻意省略了一個很重要的資訊：DDT 與亞硝酸鹽會導致中毒的「劑量」。如果加入這個重要資訊，其實我們面臨的選項並非「殘酷二選一」，而是「人類可以在怎樣的劑量下，有效運用這個物質？」

討論「有毒物質」時有一個非常重要的概念：「所有的物質都有毒性，只要使用的劑量正確，再恐怖的毒藥都可以成為仙丹。」舉例來說，維繫生命的必須物質「水」，喝太多也會造成水中毒；即使是屬於劇毒的肉毒桿菌素，近年來也被廣泛應用於醫美微整容以處理皺紋。而像 DDT 或硝酸鹽這種毒性較高的物質，選擇完全不使用，也可能出現相當沉重的代價（如前述的瘧疾或是食品中的肉毒桿菌）；只要劑量低於會導致不良反應（如中毒）的劑量，「殘酷二選一」其實並不存在 [2]。

由動物實驗得來的「無明顯不良反應劑量」

在日常生活中，無論如何都難免直接或間接接觸食物添加劑、農藥、殺蟲劑等潛在有毒物質，想要妥善運用，首先得找出不會導致中毒的劑量。這部分多由動物實驗中獲得「無明顯不良反應劑量（中文又稱無可見有害作用劑量，No-Observed-Adverse-Effect-Level, NOAEL）」，意思是在動物實驗中，統計上「未觀察到任何不良反應」的最大劑量。

以亞硝酸鹽來說，「無明顯不良反應劑量」的單位是每天每公斤體重所能攝取的毫克數（mg/kg body weight per day），從以下列表可以發現每種動物的敏感度不同，如鱒魚的 0.1、狗的 2.6、兔子的 4.5 到貓的 23、雞的 25。獲得「無明顯不良反應劑量」後，再除以安全係數（通常是 100，考慮到人跟動物很可能敏感度不同），將會得到「每日容許攝取量（ADI）」。



每天攝取也不會有壞影響的「每日容許攝取量」

接下來，科學家們會根據動物實驗，計算出即使每天攝取，也不會對健康造成影響的量：每日容許攝取量（Acceptable Daily Intake, ADI）。這個數值將作為政府單位設置管制的起始標準，如 WHO 針對硝酸鹽及亞硝酸鹽提出的每日攝取安全容許量硝酸鹽為 0~3.7，亞硝酸鹽則為 0~0.07（單位皆為 mg/kg body weight/day）[3]。

但是，人們不會只有「加工肉品」這麼一個亞硝酸鹽的來源，如果我今天經營香腸工廠，又該怎麼算出香腸中應含有多少亞硝酸鹽才是合理的呢？別擔心，政府的管理單位會根據 ADI，再因地制宜計算出各日常產品的限量濃度，此階段會因為各地的飲食習慣、加工需求不同而會有所變動。如歐盟針對硝酸鹽殘留，乳酪限制為 50 ppm 以下，醃製肉品則限制為 250 ppm 以下；美國煙燻肉類硝酸鹽殘留則限制為 500 ppm。

作為行政執法依據的「最大殘留容許量」

針對非刻意添加的殘留物如農藥、飼料殘留等，政府單位也會設定一個「最大殘留容許量（MRL）」作為執法標準，這個標準並非「超過就會中毒」，而是提供給廠商一個「超過就會受罰」的標準。

最大殘留容許量的設定，除了參考前述的每日容許攝取量，

還要考量到飲食習慣、田間農藥測試結果、國際組織標準等，才能決定出本國執法的劑量。值得注意的是，MRL 會依據一般飲食習慣設定，每日的「總曝露量」遠低於經實驗與計算而得的ADI，因此驗出超標的產品也不見得就很危險、或劑量絕對多到會導致中毒，只是代表在法律的標準底下是不被接受的，超標廠商將受到懲罰。

以前面提到的 DDT 為例，DDT 在 WHO 的「每日容許攝取量」為 0.01 (mg/kg body weight per day)，而臺灣與美國均於 1970 年代禁止使用 DDT，但仍有部分國家繼續採用。聯合國食品法典委員會 (Codex) 針對 DDT 設定的建議 MRL 於穀類、

最大殘留容許量(MRL)

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{NOAEL} \\ \hline \text{無可見有害} \\ \text{作用劑量} \\ \hline \end{array} \div \begin{array}{|c|} \hline \text{安全係數} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{ADI} \\ \hline \text{每日可接受} \\ \text{安全攝取量} \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{MRL} \\ \hline \text{最大殘留} \\ \text{容許量} \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline \text{攝食量} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{總曝露量} \\ \hline \end{array}$$



行政裁量標準

JECFA評估Ractopamine的ADI=1ug/kg/day
臺灣法規牛肉(肌肉)中的MRL為10ppb=10ng/g
10ng/g x 6000g/day = 60 ug/day (60公斤成人)

NOAEL(No-observed-adverse effect level)
ADI(Acceptabke daily intake)
MRL(Maximum Residue Level)

雞蛋均為 0.1 mg/kg，肉品為 5 mg/kg，乳製品為 0.02 mg/kg；而臺灣全面禁止使用 DDT 的緣故，對於 DDT 的限制均為不得驗出，其實是比某些國際標準來的嚴苛。

要針對日常生活中可能出現的「毒物」進行管理，「每日容許攝取量」與「最大容許殘留量」是非常重要的兩大概念，兩者均是在毒物學的原理底下計算出的管制劑量，應建立在科學證據上。而正因為如此，隨著相關研究以及檢測方法的進步、新的研究發現，這些法規數字也需要隨時間調整，使參考依據能夠符合最新的研究結果。

未來，「每日容許攝取量」與「最大容許殘留量」如果再有調整，其實只需要判斷是否符合最新科學證據，不需要太大驚小怪啦。

註解

1. 這一點 1895 年來臺灣打乙未戰爭的日本軍隊應該相當感同身受：當年正規軍約三萬七千人的兵力，病死了超過四千人，至少是戰死人數的 3 倍。臺灣作為瘧疾的疫區，一直到 1955 年全球 66 個國家展開根除瘧疾計畫，1956 年全臺噴灑 DDT，1964 年 11 月才由世界衛生組織認定臺灣撲滅瘧疾成功。乙未戰爭的日軍戰死人數從 164 人到 1436 人皆有人主張；但日軍病死的比戰死的多很多這點是共識。
2. DDT 另外由於在環境中代謝緩慢、次級代謝物 DDE 會長期殘留在環境中，有環境賀爾蒙的作用，並且對於鳥類與魚類毒性較強，被認為是會影響生態系的藥物不被鼓勵使用；但由於第三世界國家目前尚缺乏有效對抗瘧疾的方法，亦有人主張應開放 DDT 作為消除瘧疾之用。
3. 此數值由聯合國糧農組織／世界衛生組織聯合食品添加物專家委員會（Joint FAO/WHO Experts Committee on Food Additives, JECFA）提出，不適用於 3 個月以下的嬰兒。

參考資料

- Cockburn A, Brambilla G, Fernández ML, Arcella D, Bordajandi LR, Cottrill B, van Peteghem C, Dorne JL. (2013). Nitrite in Feed: From Animal Health to Human Health. *Toxicol Appl Pharmacol.* 270(3):209-17
- Evaluations of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA)
- WHO FOOD ADDITIVES SERIES: 50 NITRATE and NITRITE
- The Deadliest Animal in the World
- 國家毒物研究中心 – 硝酸鹽及亞硝酸鹽
- 【農百科】何謂農藥「最大殘留容許量」？超標就等於中毒？

芬 普 尼

是惡魔還是天使？

在聊芬普尼蛋前先來一份風險管理吧！



近來雞蛋當中驗出殺蟲劑成分芬普尼（fipronil）的新聞鬧得沸沸揚揚，家中的阿公阿嬤、爸爸媽媽、菜市場裡的阿伯阿桑都叫你不要吃蛋，唯恐多吃一顆就會中毒。在你要把手上剛買的茶葉蛋丟掉之前，我們回頭再來看一下這場令雞農「蛋疼」、消費者恐慌的芬普尼蛋事件。

為了更了解芬普尼這種化學物質，以及它可能帶來的風險，我們訪談了正在努力統籌管理全國化學物質的環保署毒物及化學物質局（以下簡稱化學局）評估管理組的賴正庸博士。

芬普尼禁用原因跟人無關？

從歐洲爆發雞蛋殘留芬普尼的事件後，臺灣也隨即開始檢驗國內的雞蛋。只是芬普尼這號角色以前從未出現過，到底是從哪裡出來的？

你或許沒有聽過芬普尼，但是如果你家有養貓狗，你可能曾經使用過的各種用來幫寵物除寄生蟲的藥；還有你為了將家裡到處爬的蟑螂殺的片甲不留，而買的連鎖殺蟑藥劑，其實這些都是合法使用芬普尼的產品。

芬普尼是一種長效型的殺蟲劑，使用在寵物身上大約可維持一個月的效用，而另外在農田裡以容許劑量 4.5 毫克芬普尼農藥噴灑作物，也可以有 4~6 個月的效果。只是這芬普尼的效果越好，感覺好像越讓人害怕。

歐盟確實在 2013 年底宣布禁止在玉米及向日葵上使用含芬普尼的農藥，不過禁止的原因跟人體健康較沒有關係。賴正庸說，「歐盟禁用芬普尼是以生態毒性的觀點，而非人體毒性。」最主要的原因是發現芬普尼可能是讓蜜蜂大量死亡的元兇！

國外研究指出蜜蜂在外採蜜，接觸到帶有芬普尼的花蜜或花粉時，會導致牠們呈現興奮狀態，但不會立即死亡。不過，被牠們帶回來的食物餵食的幼蜂就沒那麼幸運了，因為牠們較幼小，對於芬普尼的耐受度沒成蜂好，很可能整群幼蜂全部因此而死亡。



歐盟禁用芬普尼是以生態毒性的觀點，而非人體毒性

其實，芬普尼這種化學物質對於前面提到的蜜蜂、蟑螂等節肢動物的毒性，遠遠超過對於人類所屬的哺乳動物。原因在於芬普尼對於它能對節肢動物的神經系統造成很大的影響。

神經系統在正常的情況下，會派出GABA這號神經傳導物質，去和神經細胞上對應的受器結合，開啟通道讓氯離子進入細胞內。讓氯離子進入的用意在於抑制神經細胞，讓它不要過於興奮。而芬普尼這種物質，基本上就是來搗亂神經系統，它對節肢動物的GABA受器結合力強，先一步搶了GABA和受器的結合位置，讓GABA的作用不了。因此在蜜蜂等昆蟲接觸到低濃度芬普尼之後神經系統會異常地興奮，就像party party all night一樣嗨到不行，而接觸到高毒度芬普尼則會癱瘓或死亡。



檢出就代表有害嗎？容許量和中毒是兩件事

等等！那為什麼媒體上說每天吃 1.6 顆蛋就超標？這個說法主要是以採樣中不合格的蛋場，所得到的最高檢測值 153 ppb 來計算。以 60 公斤成年人來計算，只要吃 1.6 顆 50 公克蛋就會超過每日容許攝取量（Acceptable Daily Intake, ADI）0.0002 mg/kg bw（毫克每公斤體重）。

ADI 是個在長期食用下風險評估依據，但並不表示吃到這個量就會中毒。（延伸閱讀：這是毒還是藥？先搞懂「每日容許攝取量」和「最大殘留安全容許量」吧！）

賴正庸補充道：「國外也有統計過芬普尼的最低致病劑量，要短時間連續吃 7 萬顆芬普尼蛋才有可能達到劑量，並出現掉髮

和噁心等症狀，否則時間長一點芬普尼就代謝掉了。」

由於在臺灣的規定，芬普尼不能用在食用動物身上，因此以目前儀器對於芬普尼的檢驗極限值 10 ppb 作為標準，目前臺灣和歐盟以此為檢驗殘留量的標準。也有其他國家使用不同的標準，如日韓、美國各以 20 ppb、30 ppb 作為檢出標準。而這樣的管制標準，其實都需要經過各方面的評估，才能訂定出適當的標準。

化學物質先「身家調查」，再好好管制

以賴正庸任職的化學局來說，他們需要在第一時間對於芬普尼蛋進行全面的風險評估，包括瞭解各國的規範、目前科學研究上芬普尼對動物的風險，以及針對臺灣的狀況進行了解，對於其他化學物質也是如此。「通常我們需要在民眾還沒理解到這些議題的時候，我們先從各種科學方面去評估。」在了解化學物質的風險之後，才能去決定要不要管制，以及怎麼管制。

而這次芬普尼蛋事件告一個段落後，農委會、食藥署也開始在評估農民使否有使用芬普尼的需求，才能進一步去訂定適合的殘留容許量標準。

「化學物質不就是應該要管到底，不讓它們出現在我們生活裡嗎？」面對民眾對於眾對於「化學」的恐慌，賴正庸也只能笑笑地說：「化學物質本身沒有善惡，它們具有各式各樣的應用方式，純粹看人們怎麼用。」

他舉了一個例子，網路上媽媽社群中時常在討論奶粉中添加的乳糖，可能會造成嬰幼兒攝取過多乳糖，而東方人常有的乳糖不耐症體質，更容易使得嬰兒腸胃道系統過敏。近年來確實有些醫學報告開始驗證這個現象，而乳糖也是化學物質的一種，化學局該怎麼管？

賴正庸解釋，奶粉商會在奶粉中添加乳糖，最主要的作用是防止奶粉結塊。而嬰兒身旁最大的乳糖製造商，其實可能不是奶粉商，而是媽媽本身。（筆者驚恐，所以媽媽該被管制嗎？）就化學局的角度，他們不會去管制媽媽生產的母乳，反而是以媽媽生產的乳糖量，作為未來評估奶粉中添加乳糖的標準。這個「自然食譜原則」是假定媽媽生產的乳糖劑量對寶寶來說是安全的，因此在奶粉中添加低於這個劑量的乳糖也是安全的。這個原則常被用於評估食品用的添加物和化學物質。

目前國內登錄的化學物質就有 2 萬 8 千多種，所有製造與輸入的化學物質都要依法申請登錄，可以在化學物質登錄平台中查詢。要讓這些化學物質都能在合適的崗位上，各自發揮它們的效用，管理確實是個大大大大工程。面對每一種可能具有危害的化學物質，化學局都要透過風險辨識、風險確認、風險評估的程序，先為化學物質來個「身家調查」。

首先先確認它們的基本資料，透過各式化學物質資料庫、物質安全資料表來了解該物質；接著查清楚它以前有什麼害人害環

境的「犯罪事蹟」，例如不斷更新的國際間通報、新聞或是學術期刊研究結果，來加強我們對於這個化學物質現階段的危害了解。

然而，收集到的這些資料都還是得回歸到國內的狀況來評估，若食品中出現有毒化學物質污染，還得了解國人的食用習慣、攝取量，如果一個有毒化學物質容易殘留在動物內臟，不太食用內臟的西方國家可能較沒差別，但是較常食用內臟的我們，就得特別留意。

「有些很毒的物質，你可能一輩子都碰不到；有些物質可能化成蒸氣，或是其他容易接觸到的型態，」賴正庸說，「除了要考量劑量的問題外，也得考慮到化學物的暴露方法和接觸的容易性。」





經處理的蚊帳，幫助住在瘧疾盛行區域的民眾，防範被蚊子叮咬

在真正了解一種化學物質的各種風險之後，才能幫它量身打造適合的風險管理和風險溝通的方式。雖然說現在許多人聽到化學物質，就是一副「化學物質，退散！」的反化學或是對化學恐慌的態度，但現在的我們不可能完全不接觸任何化學物質，對於化學物質更需要以聰明、有效的方法管理。

你想到的管理可能是「重罰違法使用化學物質的廠商，讓他們再也不敢無視法律！」但這也僅僅是管理的其中一個方式，其他的也包括我們在危險藥瓶上看到的骷髏頭圖樣，或是安全蓋的設計，都能在日常生活中提醒、保護使用者遠離化學物質的危害。

我們可以發現這些化學物質並不完全是十惡不赦的罪人。芬普尼在除蟲上的極佳效果，幫助家裡寵物、環境清潔仍很有用，甚至還可以製作含芬普尼的蚊帳，幫助住在瘧疾盛行區域的民眾，防範被蚊子叮咬。而母乳中乳糖是無害的化學物質，但若是在奶粉裡面加多了，也可能會對嬰幼兒造成危害。既然化學物質無所不在，我們需要做的是去了解它的風險，進而做好該做的風險管理，而不是把它們拒於千里之外，或是陷於恐慌之中。

參考資料

- EU to ban fipronil to protect honeybees, The Guardian, 2013.7.16.
- Fipronil, ScienceDirect
- [新聞解讀] 連鎖茶飲店 - 芬普尼殘留，國家環境毒物研究中心，2015年4月23日。
- 吳欣恬、林彥彤，〈153ppb 芬普尼蛋 1 天 1.6 顆就過量〉，《自由時報》，2017年8月23日。
- 彭宣雅，〈芬普尼標準 農委會：將比歐盟 5ppb 寬鬆〉，《聯合晚報》，2017年8月30日。
- Carolyn M. Slupsky et al., Postprandial metabolic response of breast-fed infants and infants fed lactose-free vs regular infant formula: A randomized controlled trial, Sci Rep. 2017; 7: 3640

劑量 — 反應

不想老是喝掛？煉金術師提供的小秘訣：
「劑量—反應」曲線



「所有物質都是毒物，沒有一種不是毒物。只要劑量正確，
就可以把毒物變成仙丹。」

—————煉金術師巴拉賽爾士
(Paracelsus, aka 馮 · 霍恩海姆)

有遭遇過拚酒的場景嗎？希望自己不要輕易被酒精飲料「放
倒」嗎？這箇中的秘訣五百年前的煉金術師就已經告訴我們了！
了解化學物質「劑量 — 反應」曲線的原理，讓你學會拚酒的科
學！（喂）

要引起反應，先要通過這些關卡

人體內原本就有些代謝關卡專門處理「有毒」物質。生命在世界上，就算不拚酒，也會隨時面臨外來物質入侵。不像化學反應，身體並不會全部照單全收、予取予求（？）反應出來。

第一關，是「吸收」

每種化學物質的吸收路徑並不相同。以酒精為例，大口喝酒的時候，嘴巴跟喉嚨會先接收到一小部分的酒精，約五分之一的酒精會由胃吸收，大多數的酒精則經由小腸進入體內，幾分鐘後出現在血液中。腸胃中如果有食物，酒經由身體吸收的速度會慢得多，但如果飲酒混合了含氣泡的飲料，酒精吸收的速度會快得多；而如果是純飲酒，酒精被嘴巴跟喉嚨吸收前，就會經由呼吸被排出體外。

許多化學物質在低劑量或不適合被吸收的狀況下（如鉛在固體的狀態下很難被吸收，要融入液體或成為氣態才容易進入體內），由身體的自然屏障阻擋，不會進入體中，自然就沒有中毒的問題了。

第二關，是「代謝」

化學物質闖過了吸收這個關卡後，會出現在血液中。如上述酒精的例子，隨著血液進入肝臟的酒精會被分解，剩下的酒精有一小部分會由肺排除，另外一小部分會由腎排除，這就是為什麼我們可以由呼氣或是驗尿來檢測一個人的酒精濃度。

酒精從血液中被排除的速度約為每小時 14 毫升，也就是想代謝完一瓶啤酒的酒精含量，至少需花上一個小時。

代謝速度除了和爸媽留給你的遺傳有關，還包括攝取酒精的人過去是否經常飲酒，如常喝酒的人的確不容易喝醉；另外如最近的生理狀況，營養攝取是否均衡、是不是有睡飽等，都會影響代謝速度。

如果化學物質持續進入體內、超過了代謝速度，這些物質主要會累積在血液中。一般來說，持續喝酒、體內的酒精濃度逐漸提高，會依序達到四種狀態：微醺狀態，頭暈目眩但心情愉快；喝醉狀態，言行失控；爛醉狀態，最後則是有急性死亡風險（對，酒精其實有過量致死的紀錄）[1]。

「科學飲酒」的必備資料—「劑量－反應」曲線

持續記錄某一個人攝取了多少酒精時、會進入哪個狀態，正是「劑量－反應」曲線的表现方式[2]。在大多數的化學物質反應上，這是一個類似 S 型的曲線，左側接近零與右側接近 100% 的地方會是平坦的，代表此種化學物質在某個劑量以下不會有反應，以及在高到某個劑量時會有最大反應。

這個曲線除了與化學物質種類有關，也和物種、體質、代謝相關。在「劑量－反應」曲線的最左端平坦處到有反應之前，曲

線未開始上升之處所對應的劑量值就是「無可見作用劑量（NOAEL）」，也是前述在一般接觸時，人體能夠自然屏障、以及快速代謝（解毒）的化學物質劑量。很容易想像，一個人即使酒量再差，也不至於會因為打針時消毒藥棉上的酒精而臉紅或醉倒，因為此劑量很明顯還低於 NOAEL 值。

同樣類型的「劑量 — 反應」曲線，還可以參考科學家霍爾丹實（玩）驗（命）而來的一氧化碳中毒研究。在還不太了解煤氣中毒的原理之前，霍爾丹以自己為實驗對象，記錄曝露在不同濃度一氧化碳中的中毒症狀，同時持續測量自己血中的一氧化碳含量。他發現當血中的一氧化碳濃度達到 27% 時，視線會變暗、人也變得極端虛弱、一施力就會昏倒；最高紀錄則為血中一氧化碳濃度達到 56%，他已經無法行走、並且無法記得實驗期間的所有事情。（警告：玩命科學家不良示範請勿學習）



當連代謝都來不及 · · · · ·

如果希望「科學」飲酒，可以參考霍爾丹的作法，記錄自己每次喝酒的量以及感受到的醉意程度，那就是你個人的「劑量—反應」曲線了——而如擁有夠完整（？）的紀錄，你會知道該怎麼喝、喝到什麼程度不能再喝，自然就不會輕易被「放倒」了[3]。

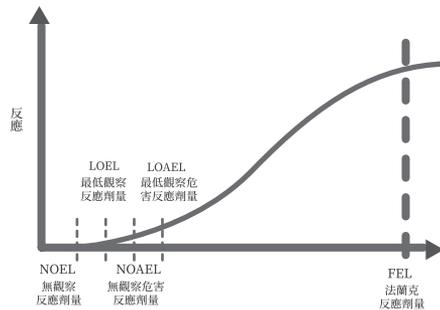
建立在「劑量—反應」曲線上的風險評估與治療

今天人們對於許多化學物質如一氧化碳或酒精中毒等症狀的理解與知識，正是透過霍爾丹這類以身涉險的研究、或是動物實驗的資料而來。在治療某種化學物中毒的病人時——這些病人絕大多數都無法告知醫生使他中毒的化學物質或劑量——如果能對照相關資料，知道在什麼劑量下會造成中毒、甚至從出現的症狀回推中毒劑量，就可以根據這些資訊進行救治、提供適當的解毒劑。

另外，「劑量—反應」曲線對於化學物質，包括藥物、食品添加物、食品污染物的風險評估亦十分重要。舉例來說，酒精如果攝取過多會有致死的毒性、攝取到一定劑量也會使判斷力與專注力下降，因此定有法規限制駕駛的「酒測值」上限（吐氣所含酒精濃度 0.15 mg/L 或血液中酒精濃度達 0.03%），若超過則有罰鍰。

不過，一般擦拭消毒所使用酒精劑量極少，皮膚的吸收效率又低於腸胃消化道，因此我們可以判斷得出這個行為是安全的——應該沒有人會擔心打針回家的路上會被驗出酒駕吧。

「劑量 — 反應」曲線再次具象化了毒物學的第一原則：在某些劑量以上，所有化學物質都是有毒的；在某些劑量下，化學物質不會出現任何效應。劑量，決定了物質的毒性。



不妨試著記錄自己的酒精「劑量 — 反應」曲線

註解

1. 四個階段的酒醉狀態與血中酒精濃度：微醺狀態 100 mg/100 ml；酒醉及言行失控 200 mg/100 ml；爛醉 300mg/100ml；有死亡危險 400 mg/100 ml。換算下來一個 65 公斤的成人攝入超過 200 克的酒精就有致死的風險。
2. 關於「劑量 — 反應」曲線包括給予一群個體不同劑量的化學物質，記錄表現出某種反應（如醉酒）的比例；或是記錄某個特定個體在不同劑量下的表現程度（本次的舉例）。
3. 由於酒精代謝除了個人體質還包含很多因素（包括扯後腿的酒友），即使有紀錄也請不要太自信，盡量不要飲酒過量，並且千萬避免喝到 S 型曲線的右側。《新世紀福爾摩斯》第三季中就挑戰過一次。

參考資料

- 約翰·亨布瑞著 莊勝雄譯 《毒物魅影：瞭解日常生活中的有毒物質》商周出版 2006-05-19 ISBN 986-124-659-2 Haldane J (1895). The action of carbonic oxide on man. The Journal of Physiology. 18 (5-6): 430-462.
- Wikipedia – Carbon monoxide poisoning

汞

瘋癲的帽匠怎麼了：從汞談化學生命週期



「你可以告訴我該往哪走嗎？」愛麗絲問道。

「那要看妳想去哪裡，這個方向……」柴郡貓舉起右邊的貓掌，「住著瘋帽匠；而那個方向……」牠舉起另一邊的貓掌，「住著三月兔。不管遇到誰都一樣，他們兩個都瘋了。」

——愛麗絲夢遊仙境 [1]

十九世紀的英國帽匠為什麼瘋瘋癲癲的？

十九世紀時，一種職業病時常出現於英國的製帽匠身上，症狀包括流口水、掉頭髮、肌肉抽搐、走路搖晃，說話思考困難、甚至產生幻覺、異常興奮或情緒不穩等，英文諺語的「跟帽匠一

樣瘋」(mad as a hatter)很可能便是因此而來。現在則認為當時的這類職業病，應該就是水銀中毒。在十八、十九世紀，水銀常常用於處理帽子的毛皮原料；帽匠們會長時間暴露於水銀蒸氣中，在還不明白水銀毒性的年代裡，他們被認為總是瘋瘋癲癲的，可這些其實都是經水銀引發的中樞神經中毒的症狀。

在眾多的金屬元素中，水銀——也稱為汞——是個相當特別的存在。汞是唯一在常溫下為液態的金屬元素，具有密度大、導電性佳等特性。過去西方煉金術認為水銀為金屬的第一物質，煉丹師也以硃砂（硫化汞）作為煉丹的重要原料；現今的水銀則多應用於水銀電池、電源開關、繼電器、螢光燈管、溫度計、血壓計等。然而，雖然被普遍使用在許多日用品中，水銀對於人體與環境都有一定的毒性，那麼，人們究竟如何管理這類的有毒物質呢？

如何了解產品對環境的影響？「生命週期評估」

現今人們對於有毒物質的了解更多，自然不會像十八、十九世紀的製帽工業，任由工人曝露在水銀蒸氣中。但現代產品的製造流程也相對更為複雜，如幾乎人手一支的「手機」便結合了許多電路製程，每種過程中都可能產生毒性物質，因此根據不同的化學物質種類，我們需要有詳細的評估與管理方法。

針對會廣泛使用於製造過程或民生用品的毒性化學物質，通常會進行「生命週期評估 (Life Cycle Assessment, LCA)」，

從原料取得、生產、使用到最後處置（回收或廢棄），評估出整個產品生命週期裡可能造成的環境影響。



水銀——也稱為汞——是個相當特別的存在
汞是唯一在常溫下為液態的金屬元素，具有密度大、導電性佳等特性

「生命週期評估」的概念早在 1969 年便被提起，直到 2002 年才由聯合國環境規劃總署（United Nations Environment Programme, UNEP），與環境毒理化學協會（Society of Environmental Toxicology and Chemistry, SETAC）共同合作推行，將其實際應用至產業生產及政府決策之中。例如水銀對生物體具有相當強的毒性，且能長時間停留在環境中、進行生態累積（由於生物累積放大效應，因此許多大型魚類如鯊魚、旗魚等較高階的消費者，體內的水銀濃度會較高），所以使用水銀的產品，應該要進行「生命週期評估」管理。生命週期評估可以初步區分為幾個階段，包括原物料開採與加工、半成品及產品製造、

消費使用以及廢棄物處理與回收；目標是對於有毒物質「從搖籃到墳墓」完整監管，沒有遺漏。



「從搖籃到墳墓」看水銀如何進入臺灣環境

我們以「汞」在臺灣如何進入環境中為例，來看看生命週期評估會關注到的項目。在原物料開採階段，臺灣本島並無汞礦的開採，絕大多數含汞相關的原料都是進口，其中以「原油」（因為總量最大）占了含汞量的最大宗，其次則為煤礦、天然氣、水銀及液化石油氣。然而，除了總量，不同原料的「應用方式」也會大幅影響汞對環境的後續影響，我們暫且分為空氣污染源與水污染源來分析。

在原料階段，汞的空氣污染源主要和燃煤有關，如主要用來發電的燃煤發電鍋爐，與燃煤汽電共生鍋爐；水的污染源則主要來自金屬基本加工。

到了半成品及產品製造階段，汞的空氣污染源主要有工業中處理水泥原料的水泥旋窯、生產鋼的電弧爐以及煉鋼用的燒結爐；水污染則來自於電鍍業、印刷電路板製造業、晶圓製造及半導體製造業。而在最後的廢棄物處理與回收階段，水污染源主要集中於工業區的污水系統；空氣的汞污染則主要來自垃圾焚化爐以及火葬場；另外還有因一般垃圾焚化的飛灰跟底渣造成的土壤污染。

說到這，大家應該可以看得出來，「生命週期評估」需要追蹤毒化物從開採、原料進出口、產品製造到廢棄、回收各階段的分布狀況，才能夠針對每個階段進行管理。舉例來說，如果希望降低汞在空氣中的排放量，第一步當然是去改善最大宗的空氣污染源，也就是水泥窯以及燃煤發電的汞排放狀況啦。

這樣的「生命週期評估」概念主要會應用在判斷產品對環境的影響，希望在每個階段減少資源消耗、改善產品性能，而毒化物自然是其中非常重要的一環。今日人們如果要開一家製帽工廠，在評估初期就可以判斷水銀的毒性太高，而採取其他更安全的製程取代它，工廠帽匠也不會再瘋瘋癲癲的了！

無法承受更多的汞—用「水俣公約」對汞污染說不

前面講了這麼多臺灣環境中的汞污染源，主要都與工業有關，根據統計，目前人為造成的汞空氣污染排放約為 1,200 至 2,000 噸；但其實自然的力量也不容小覷。自然界裡本來就存在汞，地殼中的濃度約有 0.08 ppm，而每年的火山噴發與森林火災等天然因素，排放至大氣的汞就可達每年 2,000 噸。



由於汞能夠在大氣中長途傳播，會長久存在在各生態系中形成生物累積作用，甚至可能影響北極地區，世界上已有許多國家開始努力，希望盡可能減少汞的污染。

2013 年 1 月，147 個國家終於在四年的協商後達成共識，同意控制汞污染的「水俣公約」[2]，將於 2020 年禁止含汞產物的進出口、疫苗跟補牙材料應更換為無汞材質、降低小型淘金產業對汞的使用，並使用最佳控制技術降低工業污染源（燃煤電廠、工業鍋爐、鋼鐵業）的汞排放。水俣公約將於 2017 年 8 月 16 日正式生效，從此開始，讓汞逐步從我們的生活中消失吧！

註解

1. 亦有人考據認為愛麗絲夢遊仙境中的瘋帽匠有實際的指涉人物，不見得只代表水銀中毒，但可以確定作者相當熟悉英文諺語的「跟帽匠一樣瘋」（mad as a hatter）的實際狀況。
2. 「水俣（讀音：ㄩˇ / y u）」為日本熊本縣地名，於 1956 年發生大規模汞中毒公害疾病「水俣病」，因此防止汞害的公約以此命名。

參考資料

- 毒性化學物質環境流布調查成果手冊，行政院環保署毒物及化學物質局
- 台灣地區含汞元件之流布與管理，行政院環境保護署土壤及地下水污染整治網
- 汞水俣公約資訊網站，行政院環境保護署
- Mercury Levels in Commercial Fish and Shellfish (1990-2012)
- David G. Streets, et al, Total Mercury Released to the Environment by Human Activities, Environ. Sci. Technol., 2017, 51 (11), 5969-5977

參考資料

- Gleason, J. D., Blum, J. D., Moore, T. C., Polyak, L., Jakobsson, M., Meyers, P. A., & Biswas, A. (2017). Sources and cycling of mercury in the paleo Arctic Ocean from Hg stable isotope variations in Eocene and Quaternary sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 197, 245-262.
- Huang, J., Liu, C. K., Huang, C. S., & Fang, G. C. (2012). Atmospheric mercury pollution at an urban site in central Taiwan: Mercury emission sources at ground level. *Chemosphere*, 87(5), 579-585.
- Y. C. CHEN, M. H. CHEN.(2006) Temporal distribution and potential sources of atmospheric mercury measured at a high-elevation background station in Taiwan. *Journal of Food and Drug Analysis*, 14(4), 373-378
- Sheu, G. R., Lin, N. H., Wang, J. L., Lee, C. T., Yang, C. F. O., & Wang, S. H. (2010). Temporal distribution and potential sources of atmospheric mercury measured at a high-elevation background station in Taiwan. *Atmospheric Environment*, 44(20), 2393-2400.
- Wang, Q., Kim, D., Dionysiou, D. D., Sorial, G. A., & Timberlake, D. (2004). Sources and remediation for mercury contamination in aquatic systems—a literature review. *Environmental pollution*, 131(2), 323-336.
- Obrist, D., Agnan, Y., Jiskra, M., Olson, C. L., Colegrove, D. P., Hueber, J., ... & Helmig, D. (2017). Tundra uptake of atmospheric elemental mercury drives Arctic mercury pollution. *Nature*, 547, 201-204.

戴奧辛

好毒的意外：化學工業的歷史共業「戴奧辛」



我們都對有著「世紀之毒」名號的戴奧辛並不陌生，但到底它是何時開始出現的？來源又是哪裡？為何如此惡名昭彰？又是如何這麼容易地偷偷進入並累積在食物鏈裡？對人體又會有什麼影響呢？其實戴奧辛的出現與人類活動息息相關，要探索這些問題的解答，先讓我們一起回到回到一次大戰後化學工業剛興起的那個時候吧！

好毒的意外：一開始，只是想來點消毒水

戴奧辛是如何大量出現的呢？簡單來說，完全是技術不夠好導致的（喂）

一開始被「大量」生產出來的戴奧辛，其實是製造氯酚類藥劑時的副產品。副產品指的是工業生產目標物質之外的其他物質。消毒藥劑「氯苯酚 (chlorophenol)」，是第一種會大量產出戴奧辛的化學製程，其他較出名的化學物質還包括除草劑「2,4-D (2,4-dichlorophenoxyacetic acid)」與「2, 4, 5-T (2,4,5-trichlorophenoxyacetic acid) [1]」、三氯酚、五氯酚 [2] 等。很不幸的，在使用了好一陣子的含氯酚清潔劑、農藥、殺蟲劑、除草劑之後，人們才逐漸發覺到日常生活中很常見「便宜又好用」的氯酚好像有點問題——這些藥劑裡或多或少會有戴奧辛殘留；更不幸的是，這裡的「好一陣子」，是超過二十年的時間，才讓人類停止大量生產這類的藥劑。

最初幾起人類受戴奧辛毒害的案例都和工業意外有關，如工人意外曝露在大量的除草劑或殺蟲劑中。1949年，美國西維吉尼亞州發生了第一起「孟山都除草劑工廠意外」，而更受注目的還有1976年義大利的「塞維索事件 (Seveso disaster)」，因為化學工廠內的管制系統故障導致反應槽內的化學物質大量外洩，其中包括6公噸的三氯酚以及估計1~3公斤的2,3,7,8-四氯雙苯環戴奧辛 (TCDD) 散布至民眾居住地區範圍，是目前已知最高濃度的TCDD大規模污染。賽維索事件也是戴奧辛令人聞之色變的開始。

近代由焚化爐而生的戴奧辛

1977年，才有人提出戴奧辛會出現於工業燃燒的飛灰中，三



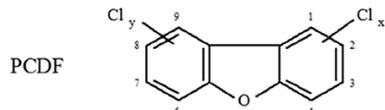
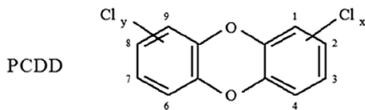
年後（1980）的研究也證實戴奧辛會在焚化一般垃圾時生成。研究指出，大氣中的戴奧辛濃度從 1935 年逐步增加，這個起始點跟化學工業的興起符合。簡單來說，含氯製品如塑膠等，在二次大戰後開始大量出現於人們的生活中，而這些產品進入焚化爐若未妥善處理，便會生成戴奧辛，散佈入大氣中。（Hites, 2011）

在停止氯苯酚製程之後，「世紀之毒」不再是化學工業大量製造的副產物，但人為的戴奧辛來源並未全數消失。近年來戴奧辛的主要來源是垃圾焚化，戴奧辛成為幾乎所有人的共同「歷史共業」。因此如果真要追究戴奧辛的罪魁禍首，慣於使用化學工業製品的每一個人都應該要背負一份責任，盡可能減量使用塑膠，並做好回收。

為什麼戴奧辛被稱為「世紀之毒」

1977 年，才有人提出戴奧辛會出現一般新聞裡說的「戴奧辛」是一整群多達 210 種化合物的總稱，包括 75 種多氯聯苯戴奧辛 (PCDDs) 與 135 種多氯二聯苯呔喃 (PCDFs) [3]。這兩類化學物質的主要結構相似，具象化一點，我們可以將這群化學物想像成一隻（沒有眼睛的）螃蟹，兩個苯環與連結的部分是身體，兩邊的苯環各有四隻腳共八個位子可以連結氯。

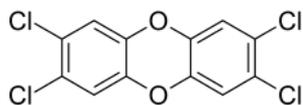
隨著氯的數量跟位置不同，分子的毒性會略有差異；其中 2,3,7,8- 四氯雙苯環戴奧辛 (TCDD) 在動物實驗中已有最低半數致死劑量 (LD₅₀) [4]，甚至毒過沙林毒氣，因此也被稱之為「世紀之毒」，是目前已知人類所能製造出來最毒的東西。



氯聯苯戴奧辛 (PCDDs) 的結構

多氯二聯苯呔喃 (PCDFs) 的結構

上方氯聯苯戴奧辛 (PCDDs) 與下方多氯二聯苯呔喃 (PCDFs)，這兩類化學物質就是我們一般俗稱的「戴奧辛」這群化合物。標有數字的位置都可以接上氯，視氯位在不同的位置與數量會影響該分子的毒性。



2,3,7,8- 四氯雙苯環戴奧辛

2,3,7,8- 四氯雙苯環戴奧辛 (2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin) 是目前已知人類所能製造出來最毒的東西。

不怕它太毒，卻怕它百年永留存

雖然有「世紀之毒」這樣惡名昭彰的稱號，可實際上「人類戴奧辛急性中毒致死」的案例非常少見，即使是 2004 年震驚全球的戴奧辛下毒事件——烏克蘭總統候選人尤申科體內驗出大量的 TCDD 戴奧辛，也未導致死亡（他後來選上了，而且當完了任期）。戴奧辛被列於「黑名單」，主要是因為它不管在哪裡都難以代謝的特性。

戴奧辛主要由含氯物質高溫生成的，具抗熱穩定性、抗酸鹼、抗氧化性等因素，讓戴奧辛十分穩定，在自然環境中非常難以被分解，會進入食物鏈。而人體代謝戴奧辛的速度也很慢，預期「半衰期」約為 7 至 11 年，也就是即使之後都未再攝入戴奧辛，也要花 7 至 11 年才能使體內戴奧辛的濃度降低到中毒時的一半。

戴奧辛中毒最明顯的症狀是會造成氯痤瘡，其他還有肌肉或關節疼痛、分泌系統及免疫系統傷害。另外，戴奧辛也被認為是一種環境賀爾蒙，可能造成畸形的下一代；而戴奧辛也被國際癌症研究機構 IARC 分在第一類致癌物（也就是實驗證據最充分的種類），認為此物質與軟體組織惡性瘤、惡性淋巴瘤的發生有關。

那食物裡的戴奧辛又是怎麼來的？

那麼回到一開始的問題，戴奧辛是如何進入雞蛋中的？你得先知道一件事，日常生活中，人們接觸到的戴奧辛有超過 90% 都來自食物。如前面所述，戴奧辛在環境中留存的時間很長，會隨著空氣傳播、再沉降進入土壤，或土壤也可能過去受到的工業污染而含有戴奧辛。人們在土地上栽種食物，如果雞隻、牛隻吃到含有戴奧辛的土壤種出的飼料，就會吸收、累積在其脂肪中，隨後出現在牛奶或雞蛋裡。

由於人類有過大規模使用氯酚類藥劑的歷史，幾乎所有人體內都或多或少含有戴奧辛。不過好消息是，目前已經有研究顯示，大氣裡的戴奧辛濃度從 1970 年代起開始逐步下降，目前約為最高濃度的三分之二（Hites, 2011）。

當然，或許仍有「土壤」中的戴奧辛污染未被發現，因此若希望盡量避免攝取超量戴奧辛，就得多注意食物來源，選擇有可靠來源標示的產品，並且均衡飲食、不要偏食於某種特定的食物。



戴奧辛在環境中留存的時間很長，會隨著空氣傳播、再沉降進入土壤

那面對環境裡因為空氣污染、汽機車排放和焚化爐排而產生的戴奧辛又該怎麼辦呢？預防勝於治療，最好的治本方式當然就是「不要製造戴奧辛」。你除了可以關心空氣污染防制和興建焚化爐時的相關配套措施之外，積極地做好垃圾分類和資源回收，也能有效地避免戴奧辛排放於空氣之中。

註解

1. 1962 年到 1970 年越戰期間，美國軍方大量使用落葉劑「橙劑」破壞越南的農田與叢林。惡名昭彰的橙劑主要就是由前述的除草劑 2,4-D 與 2,4,5-T 混合而成，兩種物質平均含有 2-3 ppm 的戴奧辛。但越戰期間並未有人起疑，直到戴奧辛的毒性在稍後研究逐漸顯示，同時遭到橘劑噴灑的地區出現畸形兒的比例大量增加，才開始受到討論。
2. 民國 54 年至民國 71 年，臺南的中石化安順廠生產大量的五氯酚外銷，關廠時存放了 5,000 公噸的五氯酚在廠內，在風吹日曬之下污染了當地的土地與地下水。當地所受的污染是混合性的，除了五氯酚與戴奧辛，還包括汞污染；為臺灣最大宗的土地污染事件之一。
3. 某些類戴奧辛多氯聯苯（PCBs）具有相近的毒性，也有人將之歸類為類戴奧辛。
4. LD₅₀：半數致死量 - Wikipedia

參考資料

- 約翰·亨布瑞著 莊勝雄譯 《毒物魅影：瞭解日常生活中的有毒物質》商周出版 2006-05-19 ISBN 986-124-659-2
- Ronald A. Hites, Dioxins: An Overview and History, Environ. Sci. Technol., 2011, 45 (1), pp 16-20
- DIOXIN: DIOXIN TIMELINE
- WHO Dioxins and their effects on human health
- 陳怡儒、楊和慶、到手香、紀宗廷、林欣瑜、柯昭儀、雲琇卿、吳怡亭、孟美雲、林煜庭、鄭諺彌、陳亭瑋、陳昭明、葉宗桓、林宏儒、蘇怡帆. 《圖解日用品安全全書》. 臺灣：易博士出版社（城邦文化）. 2011-05-17 [2011]. ISBN 978-986-120-761-2

麝香

《暴露評估傳》：疑似有麝香來襲，甄嬛該怎麼做？



這一日甄嬛傳了溫太醫到碎玉軒為她診脈，看腹中剛懷上兩個多月的孩子是否安好。約莫一盞茶的時間後，溫太醫結束診脈，一臉凝重地開口：「從脈象看來，娘娘的胎氣不甚穩固，現下胎兒仍小，可得多加留意才是。」「莫非這宮中有人想要對本宮的孩子不利？溫太醫你可得幫幫本宮！」

「宮中嬪妃慣用麝香謀害龍胎，微臣可以先從娘娘平日接觸的物品、入口的食物和飲水做個檢查。」不出多久，溫太醫果然從甄嬛宮中找到了麝香，而且還不只是一處。「微臣在桂花樹下發

現土壤中、娘娘用來擦皮膚的舒痕膠，和娘娘為了維持身材而吃的息肌丸中皆發現了麝香的蹤跡。」

「這些人處心積慮要本宮不能保住孩子，實在可恨！」甄嬛憤恨地說著，手裡拿著帕子幾乎都要被她揉爛了。隨即又焦急地問，「溫太醫，本宮的孩子可還保得住？」溫太醫拱一拱手說道，「娘娘別急，雖然您宮中確實找到了這些麝香，但這些接觸到的麝香會對健康造成什麼樣的風險還得進一步評估。在中醫學，麝香具有活血化癥的功用，也因此被認為是孕婦不宜接觸的化學物質。而在西醫學裡認為麝香的麝香酮和雄性激素，會影響女性荷爾蒙，雖然沒有明確的研究證據指稱會使懷孕女性流產，但還是建議孕婦避免接觸。」

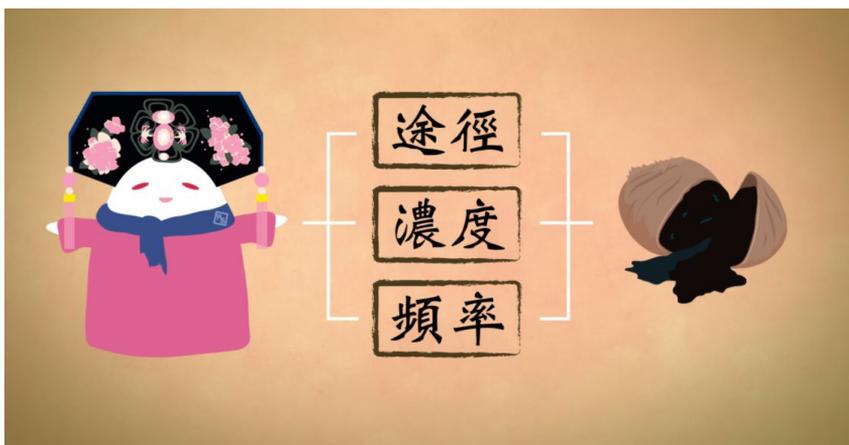
從風險分析的角度來說，目前我們僅做了第一步『危害確認』(Hazard Identification)，也就是知道麝香可能對健康有危害，



不過這樣的危害是否會影響娘娘的鳳體或是腹中的胎兒，則還需要進一步的評估。簡單的比喻，就像是我們知道過馬路有被車子撞的風險，但不代表過馬路一定會被車子撞。

而這個風險的大小，取決於我們過什麼樣的馬路，是高速公路還是山間小路？我們多常橫越這樣的馬路？就是第二步『暴露評估』（Exposure Assessment），評估現在與未來可能的暴露途徑與暴露量。

從娘娘接觸麝香的例子來看，暴露評估主要從您平日接觸麝香的途徑、濃度和頻率等資訊，來評估您對麝香的暴露程度。若以桂花樹下埋的麝香來說，娘娘您會透過吸入的方式透過口鼻接觸到，不過這塊麝香埋在土裡，微臣認為它能飄散到空氣中的濃度有限。再加上現在酷夏，娘娘多半待在室內，到院子裡的時間也少，由此途徑暴露到麝香的量應該相當低。」



「那舒痕膠和息肌丸呢？雖然有孕之後再也沒有為了瘦身吃息肌丸，但好姊妹安陵容送來的舒痕膠本宮可是天天擦在皮膚上。」

「娘娘在擦舒痕膠時，透過皮膚直接接觸到麝香，從剩下的舒痕膠來看，其中麝香的濃度確實遠高於在桂花樹下吸入的濃度。不過，皮膚接觸有害化學物質的暴露量除了取決於濃度外，還得有其他需要考量的條件，娘娘可將兩件摻有麝香的藥品交給我，我還需要再仔細評估它們透握兩個途徑，各有多少比例的麝香能被身體吸收，而透過這個途徑吸收之後的麝香如何影響人體。」

溫太醫心中盤算著，以塗抹的麝香來說，只要能估算單位皮膚所接觸的劑量、接觸的皮膚面積、皮膚對於這個物質的吸收率，以及接觸的時間，大致上就能計算出經由皮膚暴露途徑暴露危害性化學物質之終生平均每日暴露劑量（Life-time Average Daily Dose, LADD）。

$$\text{LADD}_{\text{skin absorption}} = \frac{\text{C} \times \text{M}_s \times \text{SA} \times \text{AF}_{\text{skin absorption}}}{\text{BW}} \times \frac{\text{ED}}{\text{AT}}$$

經由皮膚暴露途徑暴露危害性化學物質之終生平均每日暴露劑量
(Life-time Average Daily Dose, LADD)

LADD_{skin absorption}：皮膚暴露途徑之終生平均每日暴露劑量
(mg/kg/day)

C：皮膚接觸危害性化學物質濃度 (mg/L， mg/kg)

Ms：單位皮膚面積接觸之環境介質量 (L/m²， kg/m²)

SA：每日接觸環境介質之皮膚表面積 (m²/day)

AFskin absorption：皮膚暴露途徑之危害性化學物質吸收分率 (%)，若以潛在劑量 (Potential Dose) 計算，則 AF = 1

BW：人體平均體重 (kg)

ED：人體平均暴露時間

AT：暴露發生的平均時間

而從吃息肌丸攝取到的麝香，算法也類似，而是改考慮飲食中攝取的有害化學物質濃度。甄嬛柳眉一挑說道，「這麼說，你現在還是沒有辦法告訴本宮，這些麝香是不是造成我胎氣不穩的原因？」

題重訂本艸綱目後
本艸益肇于炎皇而陶蘓陳寇諸賢相繼漸次增廣論選品物益精終至明李東璧集古今之大成著作綱目一書取材至富增物甚多區別部類六十條枚載藥品一千八百九十二種可謂備矣此書一出舊說悉廢永為青囊祕錄枕中鴻寶必用不可闕之具天下之談名物論藥性者皆於斯取法焉及本

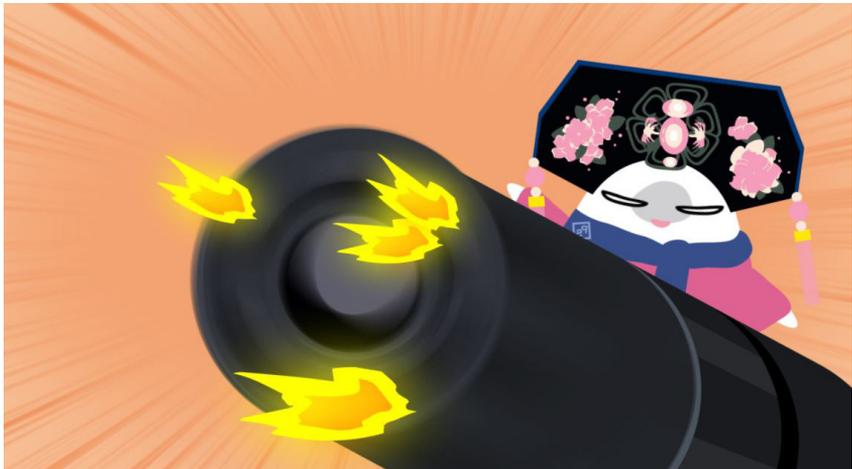
正德四年甲午夏至日東涯
伊藤長流謹序

本草綱目

「娘娘先別著急，在進行暴露評估之餘，還要同時進行第三步『劑量效應評估』（dose-response assessment）。

回到之前提到的過馬路的例子，劑量效應評估就像是評估車子以什麼速度撞上，會對我們造成什麼樣的影響一樣。它讓我們了解不同劑量的危害化學物質可能帶來的影響。最後才能作『風險特徵描述』（Risk Characterization），也就是整合上面三個步驟的結果，去計算風險度數值，包括致癌與非致癌的風險度。」

溫太醫停頓了一下，又再繼續說：「不過，即使微臣能從史書典籍或外國的研究中了解麝香的毒理，但要對應到本國的狀況去做調整，例如根據娘娘與其他本國婦女的體質、飲食和生活方式等去綜合評估，才能知道麝香對這個族群的毒性影響。」



此外，又因娘娘身懷龍胎屬於敏感族群，也得特別考量。」說著這些話的同時，溫太醫腦中也飛快地閃過各種可能。在暴露評估這一個領域，即便幸運找到相關的研究文獻，多半也是針對暴露濃度高的工廠作業人員進行評估，能夠在較短的時間內得到較顯著的研究結果。

但是每日以相對少量、長期的危害化學物質暴露評估，例如一般人透過日常飲食、環境中接觸到的危害化學物質，相較於工廠來說濃度、劑量都少了許多，接觸方式也有所不同，不能完全拿同一個研究結果去套用。

甄嬪抬了抬手，「罷了罷了，把這些含有麝香的東西好好收著，不管暴露在這些麝香裡對本宮或胎兒有沒有影響，本宮定會向安陵容好～好～討回這筆帳。」

參考資料

- 譚健鍬，《史料未及的奪命內幕》，時報出版。
- 王玉純，《環境健康風險評估》ppt。
- Human Health Risk Assessment, United States Environmental Protection Agency.

甲 醛

「甲醛」建材中都會看到的小小身影



“最近某知名指甲油品牌驗出甲醛超標 82 倍，「甲醛」是什麼？想必很多人馬上聯想到嶄新的裝潢、家具、汽車等等散發出的刺鼻味，以及新聞偶有報導衣物、化妝品、黑心食品等等含有過量甲醛…”

— 《指甲油、家具、衣服，無所不在的甲醛對人有什麼危害呢？》

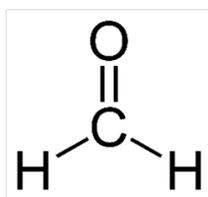
甲醛是一種在日常生活中被應用廣泛的物質，因此，它除了是〈毒性化學物質管理法〉中管制的第二類（慢毒性）及第三類（急毒性）化學物質，更還有許多不同主管機關分別管理不同層

面的釋放標準。如衛生福利部〈食品安全衛生管理法〉規定金屬罐或紙類食品容器由不得溶出甲醛，〈環境用藥管理法〉亦規定環境用藥中不得含有甲醛；而內政部營建署則限制建築合板中的甲醛含量需低於 1.5 ppm；經濟部〈紡織品安全規範〉規定直接與皮膚接觸的紡織物游離甲醛需低於 75 ppm。

究竟為什麼會有這麼多法規都將甲醛列入「黑名單」？又為什麼我們的食衣住行好像無法完全脫離這個化學物質呢？

回顧：活潑的最小醛類

首先，不免俗地再次介紹甲醛的結構：一個碳原子與一個氧原子以雙鍵鍵結，並接上兩個氫原子，是醛類中最小的。如果還記得高中化學的內容，我們大概還依稀記得氧和碳相比是比較愛電子的（無論是電子親和力或者電負度都較高），加上雙鍵的鍵長比單鍵短，中心碳原子又沒有接上其他碳原子來分攤氧原子的拉力，所以電荷分布很不均勻。



甲醛是最小的醛類

這個情形讓甲醛的「極性」變得相當高，即使在室溫下仍是氣體、也可與水混溶（而若調成 35-40% 水溶液，就是所謂的福

馬林囉），反應性也很活躍，較有名的反應是與苯酚的聚合反應，可形成具有耐熱耐水性的合成塑料。

塑膠誕生的重要建材

自 1859 年被俄羅斯化學家 A. M. Butlerov 意外合成，1868 年被德國化學家 A. W. Hoffmann 建立穩定的合成方法後，甲醛被廣泛用做合成化學的「建材（building block）」。

1907 年，來自比利時的化學家 L. Baekeland 利用苯酚和甲醛的縮合反應，發明了酚醛樹脂（就是俗稱的電木），這是史上第一種合成塑膠，也從此改寫了塑膠材料的歷史——自此以後人們衍生出各式各樣的應用，從各類器具的塑膠外殼、建材及零件黏著劑，到化妝品、食品的防腐劑，甚至醫療或養殖產業的殺菌除藻，甲醛相關製品充滿了生活。甲醛是如此重要的化工原料，就算是在被國際癌症研究總署 IARC 認列為確認會致癌的第一級致癌物的 2012 年，仍有超過四千萬噸的年產量，而且每年持續成長。



如何避免中毒與過敏？

甲醛具致癌性、刺激性，還是常見的過敏原，但其實日常環境中暴露到的甲醛濃度都不高，且常常與其他物質一起出現。像是油漆的的溶劑除了使用甲醛，還會有甲苯等揮發性物質，也因此暴露的毒性劑量時常因此被忽略，如甲醛油漆事件總是每隔一陣子就會再次出現。

不過，大家也不需太過恐慌，前面提到甲醛是反應性很高的氣體，在環境中的半衰期大約只有一小時，濃度基本上沒辦法累積，因此針對室內油漆之溶劑揮發，以及建材中樹脂老化緩緩分解出的甲醛，原則上保持良好的通風換氣就可以改善許多，其他污染源如吸菸、有機物燃燒，則儘量減少或是使燃燒產物排出室外；衣物的部分也可以在買回來後先下水洗過再穿，以避免不必要的甲醛暴露喔。



參考資料

- BBC 新聞—塑膠簡史
- 國際癌症研究總署— IARC Monograph
- Merchant Research & Consulting, Ltd. — World Formaldehyde Production to Exceed 52 Mln Tonnes in 2017
- 世界衛生組織—室內空氣品質指導手冊：甲醛
- 國家環境毒物中心—甲醛
- 列管毒性化學物質及其運作管理事項
- 紡織品安全規範

石綿

翻開覆蓋的陷阱卡：「石綿」健康的隱形殺手



今天要來和大家談談石綿（asbestos）。政府從民國 78 年開始便逐步禁止其輸入與使用，107 年 1 月 1 日起更將全面禁用，我們對石綿的認識頂多就是舊版國中小課本（洩漏年紀了嗎）

在自然課實驗加熱時使用的石綿網，不過現在其實也多以陶瓷纖維網取代。但前陣子卻出現了一則新聞：《工業發展史中的致命粉塵：臺灣石綿職業病可能在 2020-2030 年達到高峰》，看到這樣的標題，你或許有以下的困惑：我們不是已經不用石綿了

嗎？為何高峰是在這麼多年以後？石綿的職業病是什麼？學者們又是如何預測到石綿職業病發生的高峰的？

石綿主要成分其實類似沙子，它的致病性來自於粉碎的石綿會形成很細緻的粉塵，如果吸入肺中會累積無法排除，累積達到一定數量並長時間在肺中作用，便可能會引發「石綿沉著症」嚴重影響肺部功能；在臨床上石綿已經證實與許多種癌症有直接關聯，包括惡性間皮瘤、肺癌、喉癌、卵巢癌等。其中惡性間皮瘤為罕見癌症，與接觸石綿關聯性極大。



石綿從原礦中剝離之後呈棉絮狀

燒不掉的棉花

在回答這些疑問以前，我們先來認識石綿，了解為何它會潛伏在你我周圍？石綿（asbestos）其實是六大類結晶呈纖維狀的矽酸鹽類礦物總稱，主要出現在海洋地殼經推擠抬升出海平面的蛇綠岩套中，從原礦中剝離之後呈棉絮狀，帶點緞面織品的光澤；常見的種類有蛇紋石系的白石綿，與角閃石系的青石綿和褐石綿。

它耐熱防火、隔熱、吸音、絕緣、耐酸鹼而且輕盈柔軟，在工程上是性能相當優良的材料。

考古紀錄顯示早在西元前，芬蘭東部尤奧湖（Juojärvi）一帶的居民便會使用直閃石系的石綿加強廚具的性能；最早的文獻紀載則在古羅馬時期，賽普勒斯的特羅多斯山（Τρόδος，Troodos）是古代重要的石綿產區，當時會將石綿用作燈芯或製成可「用火清潔」的織品如衣物或桌巾。

十九世紀中葉，隨著歐美發現多處新礦場，以及各種用途的開發，石綿開始大量進入人們的日常生活中。白石綿可混紡進紗線製成「防火毯」或者舞台的布簾，另外鍋爐管線的絕熱夾層、建築中的防火吸音塗料以及剎車來令片包材也多會用到白石綿；



石綿是性質優良的建材，圖為風化後露出鬆散棉絮的石綿板

褐石綿則較常混入水泥中製成石綿浪板及石綿瓦，是質輕、防火又吸音的建材。

翻開石綿這張覆蓋的陷阱卡

但到了十九世紀末，發生在石綿產業相關工作者的肺部疾病逐漸引起關注。但到了十九世紀末，發生在石綿產業相關工作者的肺部疾病逐漸引起關注。

1899 年，英國倫敦的 H. M. Murray 醫生首次在一名罹患肺纖維化的年輕石綿磚工人的肺部切片中，發現石綿纖維；但在這之後又過了二十多年，石綿肺症（asbestosis）一詞才首次問世。

1918 年，美國的勞動統計顯示石綿作業者早死的風險異常高；1928 年，一份英國勞動部的流行病學調查更指出，年資 20 年以上的石綿作業勞工，肺部纖維化的發生率超過八成。直至 1960 年代，石綿和石綿肺症、肺癌以及間皮細胞瘤（mesothelioma）等疾病之間的關聯性才逐漸廣為人知及接受。

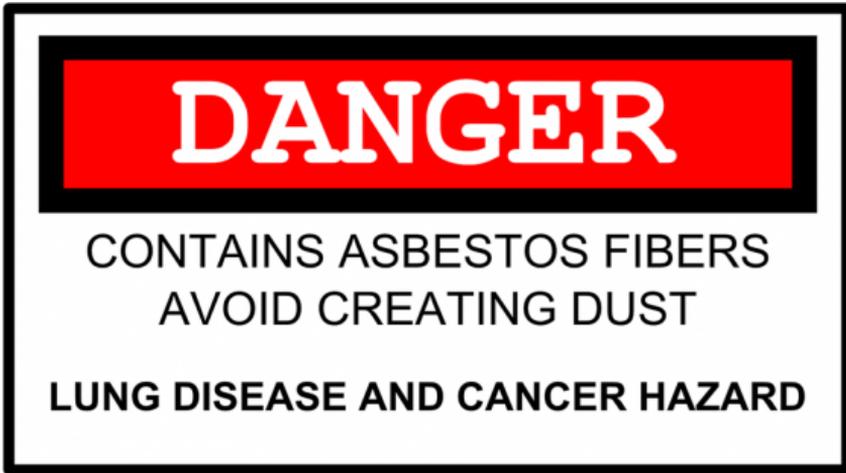
三種石綿相關疾病的潛伏期都在 20 年以上，其中間皮細胞瘤的潛伏期約 30-40 年，加上間皮細胞瘤較少因暴露石綿以外的物質而致病，由此可推估石綿相關的職業病大約在石綿使用高峰期之後 30-40 年的 2020-2030 年達到高峰。

儘管歐美政府已經意識到石綿可能造成的危害，但這麼好用的材料仍讓人們難以割捨，直到 1970 年代才逐步減產及限制進口（只有英國在 1932 年就開始「管制」石綿使用）。國際癌症研究總署（International Agency for Research on Cancer, IARC）在 1987 年將所有種類的石綿列為第一級致癌物，禁用石綿才變成國際共識，但在這期間已有數以萬計的勞工因石綿而罹病甚至死亡。

熱門產業帶來的後遺症

鏡頭拉回到了臺灣：二戰時期，日本和國民政府曾在花蓮進行過小規模的石綿開採；而後在 1960 年代，隨著都市化及工業化的需求，臺灣開始大量進口石綿，並在 1980 年代達到高峰。除了礦場及工廠勞工的職業暴露以外，推動十大建設時拆船業蓬勃發展，船隻上含有石綿的鍋爐管線也讓工作者在不知不覺中暴露在石綿纖維的危害之中。

雖然目前石綿已經幾乎被禁用了，舊建築中的殘存石綿，仍是目前最普遍的暴露疑慮。2017 年 11 月澳洲國立大學（Australian National University）發表於《Lancet Public Health》的研究《Risk of cancer associated with residential exposure to asbestos insulation: a whole-population cohort study.》於 1983~2013 年間調查了澳洲首都地區（ACT）超過一百萬人後發現，生活在含有石綿建材的房屋中的男性罹患間皮瘤的風險跟未暴露者相比增加了 2.5 倍，在研究調查的 285 名診



石綿被國際癌症研究總署 IARC 列為第一級致癌物

斷為間皮瘤的患者中，有七名居住在有石綿建材的建築當中。

但回到臺灣，到底有多少影響還需要後續更多的研究和追蹤，如果真的仍居住在還有石綿的建物中擔心相關風險的話可以與有關單位聯絡，需拆卸時也要做好適當的防護措施喔。

編按

本文最末句原文為「那麼，我們究竟能怎麼防範日常生活中的石綿暴露呢？事實上，只要不去破壞建材，石綿纖維基本上不會被釋放出來；如有需要拆除，儘量在不破壞建材的情況下整塊卸下，並做好適當防護就可以了喔！」與 2017/11/2 於《Lancet Public Health》發表的研究《Risk of cancer associated with residential exposure to asbestos insulation: a whole-population cohort study》內容有出入，因此將文字調整為現在的版本，謝謝網友的指正與補充資料。

參考資料

- 環保署公告－〈環保署將逐步禁止石綿用於石綿瓦製造〉
- 環保署公告－〈環保署提前全面禁用石綿之時程〉
- 《Ophiolite Concept and the Evolution of Geological Thought》－〈History of asbestos discovery and use and asbestos-related disease in context with the occurrence of asbestos within ophiolite complexes〉
EnvironmentalChemistry.com－〈A Brief History of Asbestos Use and Associated Health Risks〉
- 英國獨立報－〈It took 80 years to act〉
- IARC monograph supplement No. 7
- 臺灣職業安全健康連線－〈石綿的健康危害與臺灣現況〉
- 美國國家有毒物質和疾病登記中心－Asbestos Toxicity
- 營建署公告－〈未損傷的既有居家石綿建材，不會對人體健康造成影響〉
- 國家毒物研究中心－石綿

化學技術特工

化學災害的幕後英雄：
化學技術特工出動！（上）



「載鹽酸槽車翻覆！國1北上嘉義水上路段管制警戒」、「桃園化工廠大爆炸！化學粉末燃燒焚屋 31 消防車救援」這些化學災害一般民眾都可以從新聞媒體上得知，卻很少人知道面對與處理這些災害的人到底是誰？

這些人不只有冒著危險衝入現場的辛苦消防人員，還有一群熟練運用化學知識來救災的「特工」隊，避免這些化學物質繼續擴散、污染環境，甚至造成更大的災害。

臺灣從民國 95 年開始，逐步建立起了環境事故應變的基本架構，包括設置環境事故監控中心、環境事故諮詢中心及 7 隊環境事故專業技術小組，這些都是特工隊的工作場所。但究竟這些「化學技術特工」們的工作內容是什麼呢？讓我們一起來看看平常看不見的幕後紀實吧～

守護臺灣的環保千里眼、順風耳： 環境事故監控中心

走入環保署化學局中的環境事故監控中心，可以看到一整面的螢幕牆，不只有區域地圖、也隨時播放著新聞畫面，因為媒體也是他們的情報來源之一。除此之外，他們也隨時與消防、環保、警察等單位保持聯繫，一有相關的化學災害就能即時掌握消息，馬上應變。而螢幕牆也可以隨時轉換成毒性化學物質運送車輛監控追蹤系統，若接獲通報化學槽車發生意外，他們能從這個系統鎖定是車輛、廠商、運送什麼化學物質，以及是滿車或空車狀態，取得初步的資訊。同時他們也是災害發生時提供決策與整合資源的中央單位。

運籌於帷幄之中、決勝於千里之外： 環境事故諮詢中心

而位於臺灣的地理中心南投，環保署設立了環境事故諮詢中心，這個諮詢中心是委請工研院所屬的化學、化工、環工、公衛或環境衛生領域專家組成無敵智囊團。正如同 119 的勤務中心，當環境事故諮詢中心接獲化學災害通報，會立即聯繫各方彙整相

關情資，若研判需要支援或收到政府其他防救災機關請求，立即通知鄰近的技術小組前往災害現場。他們和監控中心的專業人員一樣，通常不會直接到災害現場，而是透過和現場技術小組的隨時聯絡來得知狀況，即時為技術小組提供各種資源與建議。

諮詢中心化災應變研究室專案經理陳新友形容，諮詢中心的角色比較像是大腦，而技術小組是四肢；技術小組在現場得面對各式各樣災害樣態，並且可能遇到成千上萬種不同類型的化學物質，可以想像一下在令人緊張到幾乎忘了呼吸的災害現場，要冷靜地研判所需要的資料是多麼困難的事情。而諮詢中心便可以在這時同步幫他們查詢資料，給予最適當的處理建議。



隨時監控各新聞頻道並能掌控毒性化學物質運送車輛位置的
環境事故監控中心

十八般武藝樣樣精通之特工隊： 環境事故專業技術小組

而在災害現場的技術小組，就是與消防單位最密切合作的一組人馬。以工廠火災為例，他們會從事前建置的資料庫中，調出工廠廠區配置圖，瞭解化學物質所在的位置，並評估火災對於化學物質的影響，提供最佳的減災措施。或許你會說最瞭解工廠的，不就是工廠的員工和老闆嗎？關於這個問題，或許我們可以預想一下災害發生的當下，如果老闆臨時要你找資料會遇到什麼麻煩和困難，更何況還可能是在十萬火急的火災現場。

另一種情形則是工廠發生火警意外時，往往是在人最少的半夜和假日，工廠內可能只剩警衛與雞同鴨講的外勞。要他們跟你說明快燒到桶子內的東西到底是具腐蝕性的硝酸、還是有毒的化學物質，並不是件容易的事。而技術小組除了提供最佳減災措施之外，最主要的工作則是進行環境偵檢：透過即時分析環境數據，



具備各式專業人才，以因應各種突發狀況，並提供最合適應變處理建議的
環境事故諮詢中心

除了可以提供現場救災指揮官做為決策參考，當化學物質擴散到環境中他們也可以提供除污善後的相關技術。

守護台灣，全年無休的化學技術特工

然而如此完整的應變體系並非一下子就成形。同樣任職於化災應變研究室的工程師林祐任表示，最初應變體系還沒有這麼完整時，新竹發生一個化學工廠的爆炸案，因為離工研院相當近，還能夠即時到現場支援。不過若是事故發生在其他縣市該如何是好？如果相關人員要趕過去的時間太長，就會有遠水救不了近火的遺憾，而這些限制就促使應變體系逐漸調整成現在的模樣。



依不同狀況身著不同等級防護設備跟手持偵檢儀器進行環境偵檢的技術小組

環保署為了確保不論任何時候發生毒化災事故都有人員能夠及時處理，目前監控中心、諮詢中心及 7 隊技術小組都是採輪班制，24 小時全年無休。諮詢中心和技術小組隨時都保持至少 3 人值班，而監控中心則是至少 1 人。若是發生事故，技術小組值班的 3 個人出動到現場支援，還得另外再找來 3 位休假的同仁補上工作缺口，以防隨時還有另一個事故發生。這樣算下來，臺灣就有至少 25 位具有毒化災應變經驗的專業人員，不分日夜在守護著你我摯愛的臺灣呢！

化學技術特工

化學災害的幕後英雄：
化學技術特工出動！（下）



在化學災害的幕後英雄：化學技術特工出動！（上）我們介紹了台灣目前有哪些化學技術特工，本文則是要分享這些特工們的工作情況，讓大家更了解化學災害。

救災行動「對」比「快」更重要

最近發生一個慘痛的案例，一處電子工廠發生大火，消防人員在不知道廠內有硫酸的狀況下進入救火，不幸被強酸蒸氣滴到造成 11 位人員受傷。為了避免這樣的遺憾再次發生，化學救災該抱持著「『對』比『快』更重要」的精神，縱使在緊急的救災現

場仍得耐心花時間確認現場的化學物質及洩漏或燃燒的狀況，或者透過後勤支援團隊從既有資料庫中盡可能掌握廠房或槽車的內容物與數量。

這些情報幫助現場人員在救災的時候能保護自己，例如遇上腐蝕性物質得戴防護面罩、要先噴水還是噴泡沫？也是考量是否需要疏散附近人員的依據。就像電影中的特務在出任務前會先弄清楚目標地點的內外結構、出入口、警衛部署，以及目標對象的外貌、習慣與危險性等資料。先瞭解對手再出招，才不會傻傻拿錯武器反而誤傷自己，或造成更大的災害。

沒有標準答案的訓練方式

「我們很難遇到一模一樣的事故。」諮詢中心化災應變研究室專案經理陳新友說，因此每一次的事故都是一個新的挑戰。

他分享在民國 98 年時，曾有一個液化石油氣槽車在國道翻覆的案例。20 噸的槽體翻落到國道的邊坡，讓整個救災行動的難度倍增。除了技術人員要克服環境的障礙去安裝移槽設備，吊車也遇到許多困難：因為掉落的槽體已經離道路有一段距離，當吊車伸出吊臂的長度越長，所能承受的最大重量就會越小。

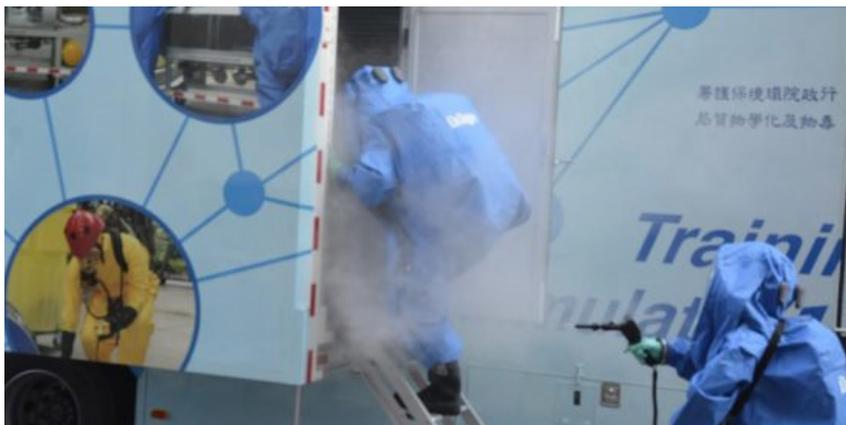
「當時調來了三、四台吊車都沒有辦法順利吊起槽體，後來直接從台中港調來一台可以一次吊 100 噸的吊車過來，才解決這次的危機。」陳新友說，每一次事件的發生，對他們來說都是一

次全新的危機處理，讓他們更瞭解團隊在設備和訓練上的不足。

為了加強災害應變的能力，民國 106 年 9 月環保署化學局打造了兩台移動式的仿真模組車輛，可以模擬高壓槽車翻覆後扶正、吊掛的訓練過程。除此之外也有各種的訓練容器，包括常用來包裝化學物質的鋼瓶、加侖桶等，都有設計各種不同的破裂方式和壓力模式來做為教學訓練之用。

「預防」才是抵達安全的最佳途徑

然而救災也不只是消防隊或是這些化學技術特工們的責任，在運作及使用這些化學物品及設備的廠商，也是防範化學災害的其中一個重要環節。



技術小組示範穿著 A 級防護衣、手持偵檢儀器，進入仿真模組訓練車中

「最好的狀況是我們的技術小組都不用出勤！」化學局環境技術師劉建良這麼說，如果運作的廠商平時能做好管理並具備一定的應變能量，在災害釀成前及時控制，這才是理想的災害控制方式。

鑑於政府資源有限，未來將以使用者付費的概念，要求業者廠商盡到本身的責任，並在平時透過直接到現場輔導廠商的方式，讓這些運作者能夠在安全的條件下使用化學物質，做好防範措施及相關管理，要求他們具備處理災害的能力。

不只政府把關，企業聯防力量大

不過化學槽車的移動過程中，若是移動距離較長——例如從高雄的工廠運往桃園，原本的工廠即使有心也很難在事故發生的時候即時救援。因此得透過上中下游的廠商或是運輸同業間相互幫忙，形成企業聯防組織共同面對可能發生的災害。化學局危害控制組科長盧家惠表示，目前全國已經有 103 個企業聯防組織，她也觀察到一個現象，在運輸業者形成大大小小聯防組織的過程中，有一些應變能力相對較弱的業者也透過這個過程被淘汰，或是願意去加購、升級自己的設備和應變能力。

透過化學災害應變體系的建置，當事故發生時我們確實有一群「化學技術特工」可以運用他們豐富的經驗和知識來幫助我們處理化學物質可能帶來的危害。但是最希望的還是可以在災害發

生前就妥善輔導所有使用化學物質的單位，幫助他們好好與化學物質相處，沒有災害發生，特工們也就不用出動了！



仿真模組訓練車內配置多種常見裝載化學品或氣體的容器
可隨時隨地提供應變人員進行毒化災事故模擬訓練



仿真模組車輛配置應變人員遭遇的各種洩漏情況的仿真設備，圖為模擬
管線受到撞擊產生形狀不一的破口，應變人員須學習依不同情況進行偵
檢、止漏



仿真模組車輛內配置亦配置多種止漏設備，可反覆提供應變操作訓練所需，亦可以作為無預警測試使用

環境用藥

環境用藥「殺蟲劑」為什麼能殺蟲？
它對人體有害嗎？



臺灣的夏季又濕又熱，是病媒蚊滋生最理想的氣候。臺灣常見的病媒蚊如三斑家蚊、埃及斑蚊，會傳播日本腦炎、登革熱等疾病。而為了防治蚊蟲、蟑螂侵擾，一般人常會使用電蚊香、蚊香等容易取得的產品，你或許也看過市公所沿著街區排水孔噴灑殺蟲藥劑。

電蚊香、殺蟲劑這些日常生活不可或缺的化學武器，便是所謂的「環境用藥」。然而對於這些隨處可見的化學物質，大家了

解多少呢？到底環境用藥對人體健康會有什麼影響？又會給環境帶來哪些改變？

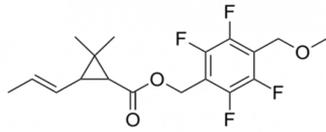
對昆蟲來說，殺蟲劑是牠們的神經毒氣

殺蟲劑根據作用的擊昏能力，可以分作三級：強速效性藥劑、中度速效性藥劑以及慢效性藥劑 [1]。

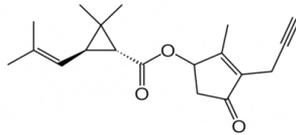
強速效性環境用藥中的化學物質，很大一類是類除蟲菊素（Pyrethroid），這種化合物的結構和可從特定的菊花中提煉出的除蟲菊素（Pyrethrin）很類似，「類除蟲菊素」的結尾通常可以看到「-thrin」，翻成中文也就是「OO 寧」。常見的化合物像是 Metofluthrin（美特寧）、Prallethrin（普亞列寧）、Cyphenothrin（賽酚寧）等等。

我們可以發現這三種化合物的中間結構相似、但兩側有差異；事實上，正是這兩邊「取代基」的差別，會使得藥劑的效果略有不同喔。

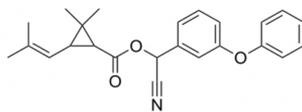
比起樟腦、薄荷等藥物只有「驅蟲」的效果，除蟲菊素能夠有效的「消滅」蚊蟲，這是因為它有一種神經軸突興奮毒素，進入昆蟲體內後，能夠打開昆蟲細胞膜上的鈉離子通道而增加傳導功能，使得神經系統過於興奮、最後麻痺而死。



美特寧



普亞列寧



賽酚寧

殺蟲劑這麼臭，應該對人體有害吧？

說明至此，肯定會有人擔心：能撲滅蚊蟲的物質，應該也會對人體造成傷害吧？這一點生產者當然也考慮到了，環境用藥的其中研發要點之一，便是盡量只針對目標的生物產生作用。

以殺蟲劑為例，除蟲菊素對於節肢動物的毒性很強，但對脊椎動物（例如人類）的毒性較低。不過即便如此，若於短時間內皮膚接觸到高濃度的除蟲菊素或類除蟲菊素，可能會有癢、灼熱或刺痛感，若是短時間內吸入或攝入高濃度的除蟲菊素或類除蟲菊素，可能會產生頭暈、頭痛、甚至意識喪失等症狀，因此大家在使用環境用藥時還是要注意劑量與保持通風喔。



在室內噴灑除蟲劑時，一定要保持屋內空氣的流通

常常聽說「天然的尚好」，然而從除蟲菊所提煉天然的除蟲菊素，毒性其實比人工合成的類除蟲菊素毒性要再強一些，原因是天然提煉的除蟲菊素中其實含有六種不同的化合物，這些化合物都具有殺蟲的效果，當人體攝入天然的除蟲菊素後，肝臟必須先花時間分解天然除蟲菊素上的長碳鏈，而使得血液的毒性提升。

相對於合成的類除蟲菊素，天然的除蟲菊素也會引發人體的過敏反應，甚至有在長久接觸下引發氣喘的案例。

雖然說除蟲菊素對於大部分的哺乳類的毒性較低，對於貓來說卻是劇毒！因為貓體內缺少了分解除蟲菊素所必要的酶。所以家裡如果有養貓的話在使用上要特別注意。

殺蟲劑只會殺蟲，真的有這麼神嗎？

由於除蟲菊素的作用原理是和神經興奮有關，理論上對大部分生物都具有毒性，差別在於能承受量的多寡。除蟲菊素除了對貓是劇毒之外，對於水生生物也具有非常強的毒性，以校園中常見的殺蟲劑—賽滅寧為例，多數魚類對於賽滅寧的 LCt₅₀ [2] 僅 5 ppb，對魚類而言已是劇毒物質，所以噴藥時，水族箱須停止抽氣、箱上做覆蓋，避免殺蟲劑、氣霧微粒飄落至水面。



注意使用說明，並保持通風

環境用藥千百種，每種使用方法都不盡相同，想了解這些藥品的使用及注意事項，最直接的方式就是詳細閱讀商品背面的說明。以一般常見電蚊香為例，標示說明就有註明「本劑對水生生

物具毒性，請勿污染或使用於魚池、水源、池塘、湖泊、河流等水域」的字樣。

在使用時，也要注意「打開門窗保持空氣流通」，避免人體暴露在高濃度的環境。另外需要注意的是，千萬不要自行調配、重製市售藥劑，如此才能避免在消滅蚊蟲的同時，不小心傷害了自己與家人喔。

註解

1. 台灣環境有害有害生物管理協會，網址：<http://www.tepma.org.tw/html/front/bin/ptlist.phtml?Category=337207>，106 年。
2. LC₅₀：半數致死濃度 – Wikipedia

參考資料

- 《簡單認識殺蟲劑》，網址：<http://mulicia.pixnet.net/blog/post/30821167-%E7%B0%A1%E5%96%AE%E8%AA%8D%E8%AD%98%E6%AE%BA%E8%9F%B2%E5%8A%91>，106 年。
- 彭繹栢 作《殺蟲劑如何毒害蜜蜂幼蟲進而影響生存？》
- 黃基森 何旻遠 薛翔泰 作《校園常用殺蟲劑 - 賽滅寧 (Cypermethrin) 之環境流佈及潛在危害》
- 國家環境毒物中心

氰化物

推理系作品中兇手的最愛「氰化物」，
它真的有那麼致命嗎？



《名偵探柯南》漫畫裡面有人「突然」死掉時，原因通常只有一個：氰化鉀！不是氰酸鉀，不是氰酸鉀，不是氰酸鉀！（很重要說三遍）[1]

有杏仁味、沾到一點點就會馬上死掉，時常出現在各大案件中…… 氰化物真的這麼毒嗎？呃，其實，漫畫裡的描述只正確了一部分。

阻斷呼吸作用的「氰根」

一般談到「氰化物」，主要指化學結構中有氰根(CN⁻)的化合物，常見的包括氰化氫(HCN)、氰化鈉(NaCN)和氰化鉀(KCN)，共同特性是在水溶液環境中都會釋出氰根。

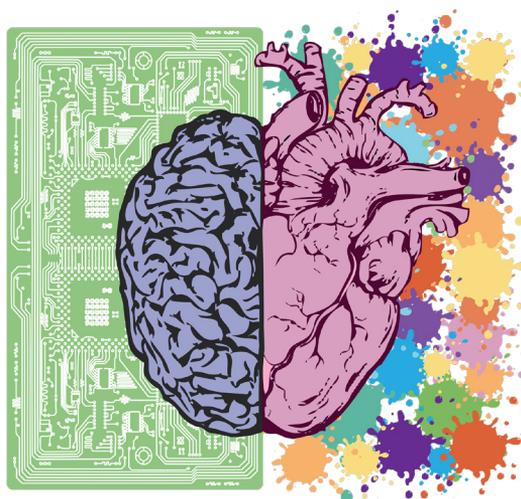
氰根與重金屬離子的結合力很強，因此會抑制酶的作用；打個比方，氰根對重金屬來講就像種「天菜」般的存在，重金屬遇到氰根就會脫離酶、進入氰根的懷抱；而失去了金屬離子的酶也會因(失戀)而失去用處。其中最敏感的酶便是主司細胞呼吸作用的呼吸酶「細胞色素氧化酶 a3」(Cytochrome a3)。

大家應該瞭解，所有細胞都需要進行呼吸作用產生 ATP 來獲取能量，然而若細胞色素氧化酶 a3 因為氰化物失去了活性，呼吸作用就會被阻斷，細胞只能使用無氧呼吸獲取能量；當這些能量不足以應付身體的需求，就會產生細胞缺氧及乳酸中毒，甚至進一步死亡。那麼，哪些細胞對於「能量」的需求最大呢？答案是大腦與心臟的細胞！因此氰化物對於這兩個部位的影響最為劇烈。

當然，講到毒物就不能不談劑量，作為偵探小說的「愛用品」，氰化物的毒性跟其他毒物相比其實並沒有特別高。氰化鉀對大鼠的口服半致死劑量(LD₅₀)約為 5 mg/kg，換算下來一個

體重 60 公斤的人要吃下 0.3 g —— 大概比半顆普拿疼多一點點 —— 才有約一半的死亡率。也可以說，若用半致死劑量與其他的毒物來排名，氰化物連前十名都進不去。

但是如果一次攝入的劑量夠高，氰化物便有可能直接造成大腦或心臟細胞壞死，那就是漫畫《名偵探柯南》中常見的殺人場景了！



細胞需進行呼吸作用獲得能量，
其中又以大腦與心臟兩個部位的細胞需求最大

讓我們回頭看看，柯南說對了哪些部分？

首先，杏仁味對了。氰化物在低濃度下會有苦杏仁味而如果進入人體，除了由肝臟代謝外，有一小部分會經由呼吸排出體外；因此氰化物中毒的病患，無論重度或輕度，呼吸中都會出現杏仁味。

而最令人聞之色變的「一碰即死」呢？

人體其實有代謝少量氰化物的能力，如果及時發現，醫院可以使用維他命 B12 族的羥鈷胺（OHcbl, B12a）或是亞硝酸鹽解毒。前面有提過氰化物的半致死劑量不算太高，但氰化物在液體中的溶解度很高，因此如果要在「一口飲料」裡放入足以致死的劑量，是有機會的。如果攝入的劑量夠高，由於氰化物的毒性特質，的確會有瞬間致死的可能。

且讓我們假想一個畫面：被下毒的人毫無戒心地喝了一大口滿滿苦杏仁味的飲料，吞下去之後腸胃吸收力很給力……（柯南背景音樂響起，登登登登登登登登～）請擔心被下毒的夥伴們記得不要空腹喝杏仁茶啊。（誤）



作為一種特殊氣味且致死劑量不算低的毒物，氰化物其實不太「適合」用來下毒。那為什麼各種漫畫、小說文本如此熱愛以氰化物作為毒藥呢？這要回過頭，從氰化物的屬性與歷史談起。

下毒也要講究 CP 值

氰化物是二次大戰期間，德國集中營毒氣的主要成分，由於取得方便，戰敗後許多納粹高階軍官也以這種毒物自殺。到了 1980 年代的兩伊戰爭中，則被用於殺死庫德人；近年來氰化物也出現在辛巴威盜獵、毒殺大象的案例中。許多納粹與間諜死於氰化物快速毒素發作的印象，也深深植入眾多小說家心中，使得氰化物到今日仍保有它「下毒」的經典印象。

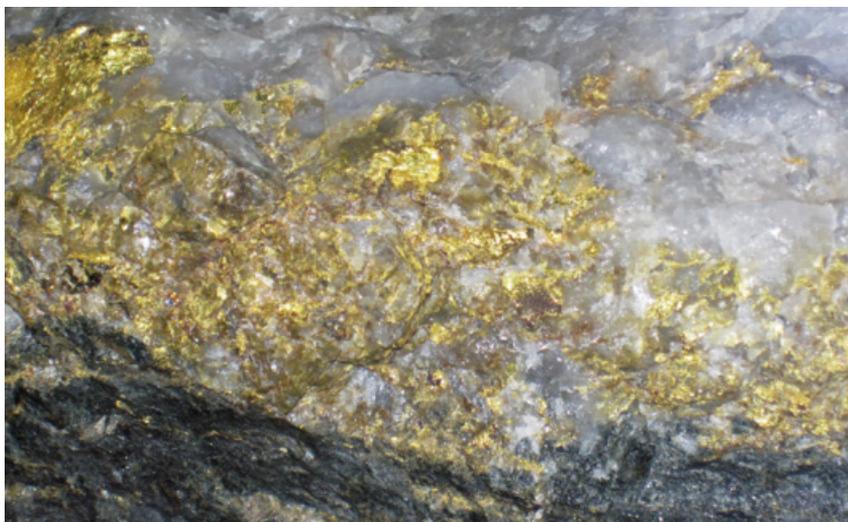
然而，一開始人們使用氰化物最主要的因素，其實是由於價格便宜。許多毒性物質的來源如細菌或植物，成本都很高——要得到有效純化肉毒桿菌素，或是破傷風菌毒素都不容易。相較之下，氰化物可以說是「CP 值」挺高的選擇，過去也曾經出現在毒魚、毒殺昆蟲等用途。而除了使人或動物致病、中毒之外，氰化物在礦業中也十分常見，用以將礦石中的黃金跟白銀等貴金屬提煉出來。現代工業上也會將之應用於製備各種有機化合物，例如利用氰化氫加入丁二烯來製造生產的乙二腈，就是我們很熟悉的塑膠材料「尼龍」的前驅物質。

「純天然」的氰化物

或許有不少人認為食物是「天然的最好啦」！但其實，我們

日常生活中食用的植物也不乏氰化物的存在喔。薔薇科的杏仁、蘋果核、櫻桃核，以及小米、青豆、黃豆、竹筍、樹薯都含有「氰苷」，也就是氰根與醣類結合的有機化合物。

氰苷本身毒性不強（畢竟植物也是要行呼吸作用的啊），但氰苷在細胞被破壞、氧化或接觸到胃液時會釋出「氰根」，把任何膽敢冒犯的動物毒得不要不要的～

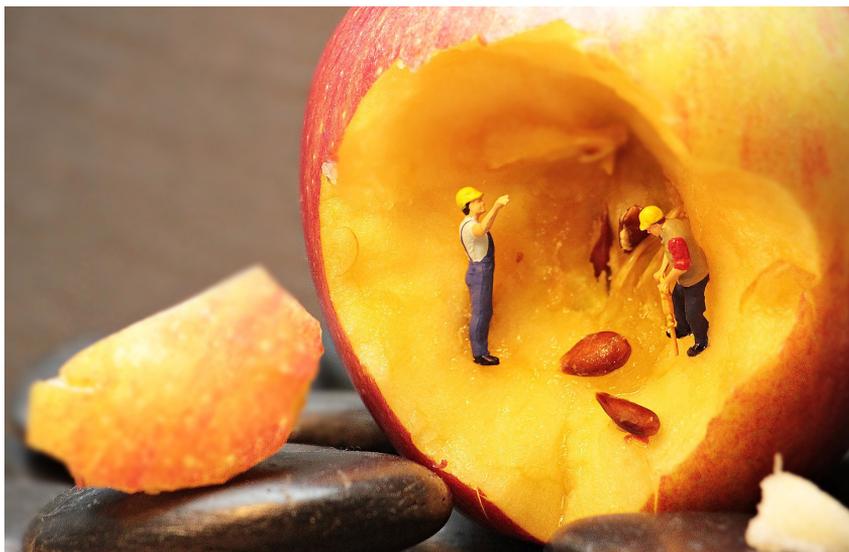


氰化物可用於將黃金、白銀等貴金屬提煉出來

正如前面所說，談到毒性物質怎麼可以不談談劑量、也就是吃到多少才會「有事」呢？事實上，人體代謝系統有處理少量氰化物的能力，一般我們日常飲食中會接觸到的櫻桃核、蘋果核等氰苷含量都頗低，也太不會有人拿蘋果核或櫻桃核當瓜子啃；就算偶爾吞下種子，只要沒有破壞到結構，隔天「再見」的果核種

子都還可以發芽生根呢！所以不太需要擔心蘋果或櫻桃。而氰苷在經過烹煮加熱後會被破壞、不再具備毒性，因此大家可以也對氰苷含量很低，而且不太會拿來生吃的黃豆和竹筍放心了。

好的，接下來就剩下我們不太熟悉的「樹薯」以及「苦杏仁」了。電視劇《後宮甄嬛傳》裡的角色安陵容就是以苦杏仁自殺的。苦杏仁並不是我們當零嘴吃的甜杏仁（又稱甜杏仁或南杏），而是較為少見、多用於中藥的藥材，又稱為北杏；苦杏仁含有的氰苷濃度是前述植物中最高的，因此風險評估建議苦杏仁成人攝取量一天別超過兩顆，請不要拿苦杏仁當零嘴了。由於氰苷經過加熱與水煮的過程可以被有效分解，也建議大家有藥用需求時要好好依據醫囑用藥、煮藥啊！



蘋果核中也有氰化物的成分

最後則來到幾乎每個人都吃過的樹薯（或稱木薯）了，珍珠奶茶中常見的粉圓就是由樹薯粉製成的。樹薯的氰苷主要集中在表皮，處理樹薯的標準流程包括削皮、水煮、發酵等，主要就是為了消除氰苷。如果經過完整的處理，樹薯內含的氰化物含量可以降到極低，事實上，樹薯是許多非洲國家的主食，至少有五億人依靠它飽腹。

從毒理學的角度來看，每種毒物都有不同的屬性及注意事項，氰化物也不例外。儘管因為漫畫和推理小說較受到矚目，但說到底，氰化物也不過是我們生活中有可能遭遇的化學物質之一，只要足夠瞭解相關食物與接觸情境，也不需要過度恐慌、聞之色變啦。



樹薯

註解

1. 氰酸鉀也有毒性，但並沒有苦杏仁味且中毒劑量大很多。
根據維基百科，前兩名依序為肉毒桿菌毒素、破傷風菌毒素，都是來自生物的毒素。
2. 根據網友統計漫畫本篇 1~71 集，不含回憶及對話中，死亡人數總計 179 人，漫畫本篇中，釣魚線使用次數為 13 次，氰酸鉀使用次數為 11 次。所以其實並沒有大家印象中那麼多 XD

參考資料

- 氰化物，入口即死的“毒药之王”？網址：<https://www.guokr.com/article/165448/>，106 年。
- 柯南統計學 PART4，網址：<https://www.ptt.cc/bbs/Suckcomic/M.1342779035.A.D26.html>，106 年。
- 國家毒物研究中心—氰化物
- 木薯 (Cassava) 危機，網址：<https://pansci.asia/archives/9377>，106 年。
- 《謠言終結站》「樹薯粉」加工後無毒 勾芡料理可安心吃，網址：<http://news.ltn.com.tw/news/life/paper/1100378>，106 年。
- 盜獵悲歌 辛巴威 10 頭大象遭毒殺，網址：<https://www.cna.com.tw/news/aopl/201706140465.aspx>，106 年。
- Tewe, O. O. (1992). Detoxification of cassava products and effects of residual toxins on consuming animals. Roots, tubers, plantains and bananas in animal feeding (Editors: D Machin and AW Speedy). FAO Animal Production and Health. Paper, (95), 85-91.
- 國家毒物研究中心：[資訊] 苦杏仁成人每天兩顆為限 兒童則應完全禁止
- Two bitter apricot kernels per day are the limit for adults – children should refrain from consuming apricot kernels altogether
- 氰化物中毒治療，網址：<http://www.pcc-vghtpe.tw/antidote/cure01.htm>，106 年。

斯德哥爾摩公約

斯德哥爾摩公約：污染才不管哪邊哪國呢



要出去打仗了嗎？先噴點滴滴涕（DDT）再出門吧！

美麗新世界的靈藥？誤會大了

歷史上人類對於化學物質的應用，由後人的眼光來看，常常充滿各種不可思議的莽撞。

二次大戰結束前的 1941 年，滴滴涕（DDT）進入商業市場，由於此物質對人類的「急性毒性」相當低、對昆蟲的毒性高，只要一點點就可以將生活環境中的瘧蚊、跳蚤消除得清潔溜溜，因而成為炙手可熱的殺蟲劑，當時眾人都覺得：能解決各種昆蟲困擾的靈丹妙藥終於橫空出現了！在那個受苦於瘧疾與傷寒的年

代，DDT 的問世的確避免了許多傳染病；但 DDT 在上市後將近 20 年的時間中近乎被濫用，出現各種不在乎劑量、四處噴灑的現象。化學物質的系列文章看到現在，客官們應該都很清楚，在化學物質的使用上，「有病治病，沒病強身」、「多噴多保庇」百分之百是錯誤的觀念。

於是隨著時間過去，壞消息逐漸冒出來：跟 DDT 同世代的許多化學殺蟲劑，在後世被我們稱之為「持久性有機污染物」（POPs），這類化學物質被發現會導致生物體內分泌紊亂、生殖及免疫機能失調、神經及發育紊亂。2001 年在瑞典簽訂的《斯德哥爾摩公約》，就是希望集合全世界的力量減少甚至消除這類化學物質的影響。

化學農藥的「蚱蜢效應」

究竟這類化學物質有多恐怖，需要勞師動眾各國簽訂一個公約管制其使用呢？斯德哥爾摩公約關注的 POPs 化學物質主要為早期的強效殺蟲劑（如 DDT），少數為工業副產物（如戴奧辛）[1]。POPs，持久性有機污染物有幾個共同的特性，讓它們對生物體的影響特別大，包括毒性很強、「持久性」在環境可以存留很久、「半揮發性」能跟著水與空氣傳播，「生物累積性」可以食物鏈高階消費者的脂肪層中累積。

毒性強無須解釋（不然幹嘛要禁止它呢），另外兩個特性組合成了 POPs 惡名昭彰的「蚱蜢效應」；POPs 的「持久性」

會讓它即使受風吹日曬雨淋也能維持原狀與毒性，而「半揮發性」使得它能蒸發或附著在大氣顆粒上隨著大氣移動。POPs 往往由溫暖的地方蒸散移動，抵達寒冷的地方才又隨大氣沉降。這種「隨大氣移動」的特性讓它的污染影響全球化：受污染地可以離排放地非常遙遠，就像蚱蜢隨處亂跳。

於是時至今日，即使連南北極這樣偏遠的所在也曾驗出 DDT 的污染。（Chen & Blume, 1997; Lia & Macdonald, 2005）加上大家很熟悉的「生物累積」作用以及 POPs 可以在脂肪層中累積的特性——而高緯度地區的生物往往是靠脂肪層禦寒——於是胖胖的、又位於食物塔頂層的肉食動物因此飽受威脅。（北極熊淚目：活下來好難）

美國滅蚊撒了太多殺蟲劑，結果五年後極圈的北極熊中毒，是不是感覺有哪裡不太公平？簡單來說，已經痛定思痛、決心全部禁用 POPs 的某國，卻因周遭國家繼續使用、經過大氣傳播仍受到了污染，這筆帳該如何算起？

除了禁用，還得提出替代方案

2001 年 5 月 22 日，《斯德哥爾摩公約》在瑞典簽立，2004 年 5 月 14 日，此公約正式生效。公約的主要目標相信大家很清楚了：讓地球未來不再受到持久性有機污染物的危害。但要做到這一點，需要先訂出首要的處置名單。



首批列管名單包括 12 種 POPs，後續隨著證據增加，截至 2017 年 5 月 5 日，受到管制的化學物質已達 28 種。不過，公約除了列出危險的化合物名單，更重要的是支持各地區尋找安全的替代品。有些化學物質可能在已開發國家停用已久（如第一批列管的 POPs 在臺灣多已禁用超過 20 年）；但對某些發展中國家來說，替代品可能太難製造、太過昂貴或是不夠好用。

不用 DDT，許多國家立即迎來瘧疾肆虐；用了 DDT，全世界就要繼續承受長期的污染。用？不用？這是個好問題。

要真正解決持久性有機污染物，「不准用」之後還有很多問題要面對。好比說已經製造出來的庫存農藥或是正在使用的設備應該如何處置？另外，有些國家本身可能缺乏相關技術，長期放置或遠距離搬移都會提高物質洩漏風險，這時就得借助國際力量。



由於 POPs 化學物質具有持久性、半揮發性與生物累積性，在遙遠的南北極也曾測出它們的身影

舉例來說，過去有許多電力系統的零件含有多氯聯苯，如果希望將環境中所有多氯聯苯消除，就需要相當龐大預算更換整套電力系統，這在許多開發中國家中並不切實際；同樣需要國際協助提出具體的改善方案。

而除了各國正在進行中的禁用、尋找替代方案、淘汰舊器材之外，那些已經擴散到大自然中的污染又該怎麼辦呢？坦白說，現代科學對於已經進入環境的 POPs 目前並沒有太有效率的處置方法，只能像對待失戀一樣：讓時間治療一切。



1955 年為防治蟲害於森林中使用飛機大量噴灑 DDT 的畫面

所幸 POPs 的半衰期並沒有想像中漫長，第一批 POPs 在田間環境中的半衰期 [2]，最長的是滅蟻樂 8.2 年，最短為毒殺芬少於半年。面臨持久性有機污染物的問題，只要能不再生產這些化學物質，積極處置現有的庫存，經過足夠的時間，就像處理氟氯碳化物的問題一樣 [3]，人類終能有宣布勝利的一日。

註解

1. 目前列管的化學品主要可分為：殺蟲劑（如阿特靈、可氯丹、地特靈、安特靈、飛佈達、六氯苯、滅蟻樂、毒殺芬等）、工業材料（如五溴二苯醚做為電子材料的阻燃劑）、無意產生的化學物質（如戴奧辛、呔喃等）
2. 半衰期 – Wikipedia
3. 蒙特婁議定書係迄今最成功之環境公約，成功減少全球 95% 之氟氯碳化合物（CFCs），終止對臭氧層的破壞。
欲知更多可見斯德哥爾摩公約相關說帖《清除污染物指南》

參考資料

- 地理學中的人與自然：全球化的環境污染，網址：<https://scitechvista.nat.gov.tw/c/FLJo.htm>，106 年。
- 持久性有機污染物資訊網站，網址：<https://pops.epa.gov.tw/masterpage.aspx>，106 年。
- 環境外交，網址：<https://www.mofa.gov.tw/igo/cp.aspx?n=3DFC33E1B00D3FC7>，106 年。
- 國內外環境毒物研究成果新知，網址：<http://kmweb.coa.gov.tw/category/categorycontent.aspx?ReportId=13445&CategoryId=13313&ActorType=001&kpi=0>，106 年。
- Chen, J., & Blume, H. P. (1997). Impact of human activities on the terrestrial ecosystem of Antarctica: a review. *Polarforschung*, 65(2), 83-92.
- Li, Y. F., & Macdonald, R. W. (2005). Sources and pathways of selected organochlorine pesticides to the Arctic and the effect of pathway divergence on HCH trends in biota: a review. *Science of the total environment*, 342(1), 87-106.

環境荷爾蒙

環境荷爾蒙就在你身邊？



大地陷入奇怪的寂靜。比如鳥兒，哪裡去了？許多人談到鳥，一臉困惑和不安。後院的餵鳥架沒有鳥光臨。

少數還能看到的鳥兒奄奄一息，抖得很厲害，飛不起來。那是個沒有聲音的春天。

以前，旅鶉、北美貓鳥、野鴿、松鴉、鷓鴣和其他數十種鳥，天一亮就此起彼落的鳴叫，把早晨弄得好不熱鬧，如今早上卻寂然無聲；田野、樹林、沼澤到處了無聲息。

——瑞秋·卡森《寂靜的春天》，1962

成大研究團隊日前就發現，有位女童幾乎天天接觸塑膠製品，沒想到，兩歲就來初經，因此提醒家長，一定要讓孩子勤洗手，而且儘量以不鏽鋼或陶瓷、取代塑膠容器，才能減少塑化劑對健康的威脅。

—— 2017/11/18 公視新聞

亂發軍令的路人甲

1962 年的《寂靜的春天》和 2017 年小女孩的性早熟，其實都是源自於同一類化學物質——環境荷爾蒙（environmental hormone），也被稱為「內分泌干擾物」（endocrine disrupting chemicals）。環境荷爾蒙到底是什麼？為什麼會對大自然與人們造成這麼大的影響呢？

如果我們將動物的身體系統視為有分部門、各司其職的軍隊，那負責「傳遞訊息」的兩大部門就非神經系統與內分泌系統莫屬了。大家應該知道，內分泌系統會分泌激素，也就是荷爾蒙，以調控身體的活動。

若將荷爾蒙想像成身體的傳令兵，那「環境荷爾蒙」就可以視為會綁架傳令兵，或者穿得很像傳令兵的路人甲——它影響了身體傳令（調節）功能，因而牽一髮動全身地造成相當嚴重的錯誤反應。

由於內分泌系統調控的機制相當繁瑣而複雜，因此，能夠影

響內分泌系統的「環境荷爾蒙」可能造成的效應也難以預測，影響的對象不只包括人類，還涉及了幾乎所有層面的野生動物。目前已知較為顯著的例子包括會影響鳥類和魚類的甲狀腺功能與發育、降低生殖力或孵化率；造成魚、鳥、爬蟲類的性別發育不正常（去雌性化、雄性化、去雄性化、雌性化）。

而環境荷爾蒙對於人類的影響包括可能會造成乳癌、子宮內膜異常增生、前列腺癌、睪丸癌、不正常性發育、降低生殖力、腦下垂體及甲狀腺功能異常等。更值得注意的是，某些荷爾蒙僅需極少量就可以對生物體有影響，尤其胎兒與嬰幼兒的發育成長皆倚賴荷爾蒙調控，因此使環境荷爾蒙顯得更加危險、須被眾人瞭解與注意。



除了人類，環境荷爾蒙可能影響的範圍還包含魚、鳥與爬蟲類

追求便利生活的副作用

第二次世界大戰後蓬勃發展的化學工業，為人類帶來更舒適與有效的便利生活，包括幫助蔬果免於遭受蟲害的農藥、各式輕巧便宜的塑膠材料、以及難以控制的環境污染都是日常生活中，容易接觸到環境荷爾蒙的來源。

首先要解釋的是，環境荷爾蒙並非特定種類的化學物質，只要可能影響內分泌系統作用的化學物質皆包含在內，又被稱為「內分泌干擾物質」。

目前已知有多達 70 種化學物質被列為環境荷爾蒙，主要包括農藥殺蟲劑（如 DDT）、工業產品（如多氯聯苯 PCB）、塑化劑（如鄰二甲苯類）、金屬污染物（如甲基汞、鉛）、其他化學副產物（如戴奧辛）等。





環境荷爾蒙泛指各式可能影響內分泌系統作用的化學物質，而其中某些具有持久性早已進入環境，我們難以完全避免接觸

隨著人們越來越了解化學合成物，確認是環境荷爾蒙的化學物質種類數預計也將繼續增加；如近期美國環境保護署開始採用新的演算法 (Patience Browne et al., 2015) 來評估化學物質「對於特定內分泌物的活性 (Endocrine Bioactivity)」，就有助於確認可能的環境賀爾蒙及其影響。

環境荷爾蒙就在你身邊？

若進一步研究，我們可以發現「斯德哥爾摩公約」列管的許多化學物質，在臺灣已禁用許多年（喜悅的掌聲下！）。

那麼，目前生活中最可能接觸到哪些環境荷爾蒙？又應該如何避開呢？事實上，環境荷爾蒙可能出現的範圍涵蓋了食、衣、住、行會接觸到的各種材料與化學物質，常見者包括重金屬鎘、汞、鉛；塑膠製品中的雙酚 A、鄰苯二甲酸酯類（塑化劑）；屬於工業特殊添加材料的壬基苯酚、有機錫化合物、全氟烷化合物、多溴二苯醚、多氯聯苯、六溴環十二烷等，以及因難以分解而得到「世紀之毒」別稱的戴奧辛。

但是，大家先別被這麼落落長的名單嚇到了！基本上，這些環境荷爾蒙主要經由兩種途徑進入人體：食物途徑與容器途徑 [1]。「食物途徑」是含有該化學物質的產品在完成任務後，沒有被妥善回收，成為污染物而進入環境，經由農業或漁業中的生物吸收，最後進入食物中。舉例來說，「汞」最常見的接觸來源就是由大型魚類生物累積而來，而戴奧辛容易累積在脂肪、乳製品中。

另外，「容器途徑」通常源於錯誤使用食物容器，以塑膠材質的餐具為例，若溫度太高或是磨損後持續使用，就極易吸收到雙酚 A 或是塑化劑 [2]。換句話說，若沒有刻意去挑戰盛裝容器的「極限」，挑選符合標準、經認證的產品，並遵守使用規範，因為此途徑而接觸到環境荷爾蒙的風險便很低。

不讓污染物流入環境，謹慎選擇食物與餐具

雖然目前仍沒有一種方式能完美保證「絕對不會接觸到」環境荷爾蒙，但只需要採取簡單的老梗策略，就可以降低自身受到危害的機率囉！且聽我們娓娓道來。

如前述，絕大多數日常生活中的環境荷爾蒙來自於「食物途徑」，要避開這個途徑，就需要做好資源回收，讓廢棄物中的化學物質不至於流入環境造成污染；飲食多樣化，選擇不同來源的食物，避免化學物質在體內持續累積。針對「容器途徑」，應選擇可靠的食物容器，最好來自信譽可靠、附有檢驗資訊的廠商，不要貪小便宜；並且遵照使用注意事項，如原始設計單次使用的塑膠餐具絕不可重複使用，食物容器須注意其適用溫度，避免過熱、錯誤使用。這些健康生活的老招數，就可以盡可能降低攝入的環境荷爾蒙劑量。

在《寂靜的春天》出版後的幾十年間，人類禁用了許多化學物質（包含很多種殺蟲劑）、對新化學物質的使用也更加謹慎；而希望有一天，環境賀爾蒙能夠不再是我們對於環境的污染與自身健康的威脅。

註解

1. 各化學物質各有其接觸途徑，這邊只是做一個概略的統整，詳見：食藥署網站 - 常見的內分泌干擾物質
2. 同場加映一下大家都很擔心的雙酚 A 和塑化劑。由於塑膠材質的廣泛使用，這兩類化學物質很難全數避免，但這兩類物質在人體的代謝速度都相當快，大部份的 DEHP 塑化劑會於 24 到 48 內小時排出體外，雙酚 A 在人體的半衰期只有 6 個小時；因此避免長時間且大量的攝入，人體是可以有效代謝這類化學物質而不會有累積的情況。但目前這類物質對人體的影響仍不明確，建議懷孕婦女與嬰幼兒仍應盡可能避免接觸。

塑化劑每人每日耐受量 (Tolerable Daily Intake, TDI)

塑化劑		每日耐受量 (mg/kg bw/day)
中文名稱	英文名稱(簡稱)	
鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯	Di(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP)	0.05
鄰苯二甲酸二丁酯	Di-n-butyl phthalate (DBP)	0.01
鄰苯二甲酸二異壬酯	Di-isononyl phthalate (DINP)	0.15
鄰苯二甲酸二異癸酯	Di-isodecyl phthalate (DIDP)	0.15
鄰苯二甲酸丁基苯甲酯	Benzyl butyl phthalate (BBP)	0.5

參考資料

- [資訊] 認識內分泌干擾物 - 利用電腦模擬運算篩檢具雌激素活性之化學物質，網址：<http://nehrc.nhri.org.tw/foodsafety/news.php?&id=131>，106 年。
- Browne, P., Judson, R. S., Casey, W. M., Kleinstreuer, N. C., & Thomas, R. S. (2015). Screening chemicals for estrogen receptor bioactivity using a computational model. *Environmental science & technology*, 49(14), 8804-8814.
- 鄰苯二甲酸酯國人暴露及其健康效應，黃柏菁；陳重羽；郭育良；李俊璋。
- 內分泌干擾物質 (環境荷爾蒙) 專區，網址：<https://www.fda.gov.tw/tc/site.aspx?sid=3816>，106 年。

- 鄰苯二甲酸酯國人暴露及其健康效應
- 成大研究：塑化劑致性早熟 2 歲女童來初經，網址：<https://news.pts.org.tw/article/377277>，106 年。
- 世界衛生組織出版「2012 內分泌干擾物科學報告」- I，國家衛生研究院電子報
- 世界衛生組織出版「2012 內分泌干擾物科學報告」- II，國家衛生研究院電子報
- 世界衛生組織出版「內分泌干擾物質對兒童健康可能產生之早期影響」報告，網址：<http://nehrc.nhri.org.tw/toxic/news.php?cat=knowledge&id=18>，106 年。

國家圖書館出版品預行編目資料

生活中的化學物質 . -- 臺北市：環保署毒物及化學物質局，
民 107.12

面；公分

ISBN 978-986-05-7920-8(平裝)

1. 環境教育 2. 文集

445.07

107021808

書名：生活中的化學物質

出版機關：行政院環境保護署毒物及化學物質局

發行人：謝燕儒

地址：10667 臺北市大安區大安路二段 132 巷 35 弄 1 號

網址：<https://www.tcsb.gov.tw/mp-1.html>

電話：(02) 2325-7399

校對：謝燕儒、陳淑玲、張文興、許仁澤、盧柏州、劉怡焜、董曉音

出版年月：中華民國 107 年 12 月

定價：新臺幣 300 元（平裝）

展售處：國家書店松江門市

地址：104 臺北市松江路 209 號 1 樓

電話：(02)25180207

網址：<http://www.govbooks.com.tw>

五南文化廣場台中總店

地址：400 臺中市中山路 6 號

電話：(04)22260330

網址：<http://www.wunanbooks.com.tw>

GPN : 1010702343

ISBN : 978-986-05-7920-8

著作權利管理資訊：本著作權屬於行政院環境保護署毒物及化學物質局所有

書籍簡介

化學物質真的不可怕！

你我一天24小時一年365天的生活中天天在接觸它們，呼吸的氧是 O_2 、喝的水是 H_2O 、吃的麵包中的澱粉是 $(C_6H_{12}O_5)_n$ 、咖啡裡的咖啡因 $C_8H_{10}N_4O_2$等等。

瞭解它們、正確運用它們，
揭開神秘面紗後，我們的生活將會更安全、豐富！

謝燕儒局長 真情推薦

集結「生活中的化學物質Chem Life」臉書粉絲專頁中的精華之作，值得讀者收藏閱讀，甚至作為教材的工具書，全民一起來認識認識這些看似陌生卻隨時可能跟隨在你我身旁的化學夥伴。

ISBN 978-986-05-7920-8

00300



9 789860 579208



生活中的化學物質Chem Life

定價300元



行政院環境保護署毒物及化學物質局