

蔬菜中硝酸鹽的思辨

作者：王仁助（臺中市政府農業局技正）
電話：04-25279605

作者：蔡淑珍
（農試所副研究員）
電話：04-23317415

作者：吳宗諺
（農試所聘用助理研究員）
電話：04-23317415

前言

近期報載有關蔬菜中硝酸鹽 (nitrate, NO_3^- , 如譯為硝酸根更合適) 含量，提出蔬菜中若含有過量的硝酸鹽，可能增加某些癌症如胃癌發生之風險，同時建議政府比照歐盟制定標準，納入常規檢驗項目。但是，歐盟於 2011 年 12 月 2 日已公布新的蔬菜中硝酸鹽限量的標準 (表 1)，相較常被拿來討論之版本 (EC No. 1881/2006) 有顯著放寬的趨勢，主要是依據歐盟食品安全局 (European Food Safety Authority, EFSA) 於 2010 提出之科學性之觀點才作此決定，最近在食品與化學毒理學期刊 (Food and Chemical Toxicology)，美國德州大學 (University of Texas) 健康科學中心 Dr. Bryan 揭露有關攝食含有硝酸鹽或亞硝酸鹽 (nitrite, NO_2^-) 類會導致癌症的科學新事證，越來越多的研究及對已發表文獻進行更嚴謹的同僚審查 (peer-review) 後，對「攝食高硝酸鹽類蔬菜會增加罹癌風險」的假說有相當大的質疑。

硝酸鹽進入體內，大部分會經由體循環到

腎臟，最終由尿排泄出，但有約 25% 的硝酸鹽在口腔中經由共生的兼性厭氧細菌之硝酸還原酵素 (nitrate reductase enzymes) 作用還原成亞硝酸鹽。在胃的酸性環境下，亞硝酸鹽會自發分解成一氧化氮和其它具生物活性的氮氧化物，進而調節許多重要的生理功能，如在生理缺氧時，硝酸鹽和其它亞硝酸鹽從腸道吸收進入血液循環後，可以在血液和組織中轉換成生物活性的 NO (Lundberg *et al.*, 2008) (圖 1)。

歐盟新修訂之蔬菜中硝酸鹽限量的標準 (EC No. 1258/2011)

歐盟食品安全局 (EFSA) 長期關注蔬菜中硝酸鹽含量的議題，曾制定出菠菜 (spinach) 及萵苣 (lettuce) 之最大硝酸鹽標準，並依收成季節之不同而有不同的標準，但基於日漸更新的科學證據顯示併同檢視關於蔬菜中硝酸鹽對公共衛生之風險及作物生產現況，已修訂放寬限量標準，新舊標準之對照如表 1。歐盟食品安全局在新修訂限量標準的文件中特別提到，儘管希望在嚴格執行良好農業規範 (Good Agricultural Practice, GAP) 栽培下，能夠降低萵苣和菠菜的硝酸鹽含量，但各國似乎很難達到低於原有最大限量之標準，各類蔬菜間硝酸鹽類含量存在非常大之變異，即便是同一種蔬菜也可能因季節、光照、溫度、栽培方式，甚至是貯藏及加工條件不同而有差異，與來自有機農業或傳統農業無關，如氣候特別是光照是降低萵苣和菠菜硝酸鹽含量的重要因子，很遺憾的是生產者如農民很難或是根本不可能去管理或改變氣候狀況。

在體內硝酸鹽和亞硝酸鹽經由亞硝化作用 (nitrosation) 與胺反應可形成亞硝胺類化合物 (N-nitroso compounds)，因硝酸鹽及亞硝酸鹽類天然存在於蔬菜中特別是葉菜類如芸薹屬 (*Brassica spp.*) 葉菜類中硝酸鹽的含量相對較高 (> 3,500 mg/kg) 的硝酸鹽含量，來自蔬菜之硝酸鹽類不太可能構成可察覺之健康風險，蔬菜含有豐富的維生素 C 和某些抗氧化劑如維生素

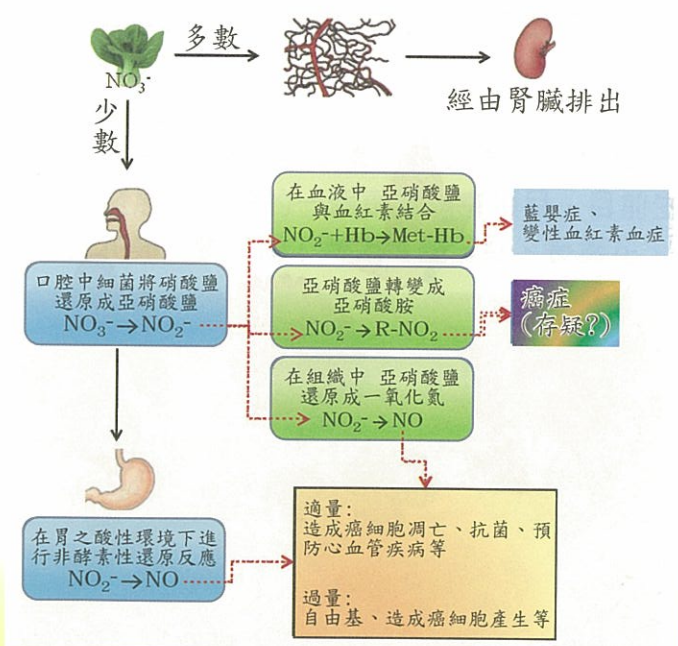


圖 1、蔬菜中硝酸鹽在體內變化及影響之示意圖

E 和多酚類化合物，可以抑制亞硝胺的形成，研究指出多攝食蔬菜對身體健康必然是利多於弊。在動物和人類體內也有內生性硝酸鹽和亞硝酸鹽類存在，食品添加物及飲用水也是硝酸鹽及亞硝酸鹽類的來源，許多國家已核准硝酸鹽及亞硝酸鹽當作食品添加物 (food additives)，如硝酸鹽使用在乳酪製品限量 (以硝酸鉀計) 為 50 mg/kg，而在肉類及其製品則為 250 mg/kg；在臺灣，行政院衛生署之規定硝酸鹽及亞硝酸鹽添加於肉類品及魚肉製品限量 (以亞硝酸根計) 為 70 mg/kg 以下，生鮮肉類、魚類則不得使用。我國之「飲用水水質標準」中，亞硝酸鹽的最大限值則為 0.1 mg/L。

硝酸鹽類是朋友還是敵人？

在酸性環境下，亞硝酸鹽會產生各式氮氧化物，其中包括一氧化氮。口中的細菌會將硝酸鹽轉化為亞硝酸鹽，亞硝酸鹽吞嚥進入胃部後，就可產生一氧化氮 (nitric oxide, NO)。國際癌症研究署 (International Agency for Research on Cancer, IARC) 認為硝酸鹽、亞硝酸鹽會導致動物癌症缺乏足夠的證據力。硝酸鹽和亞硝酸鹽本身並不對人類有致癌作用，雖然 (內生性) 亞硝胺曾經在 2006 年被國際癌症研究署將之列入第二級 (group 2) 人類致癌因子分類表中，新版的分類表應該在 2010 年公布，但遲至今日仍有許多物質等待重新評估，亞硝胺就是其中之一。

亞硝胺致癌的假說，「可能」因 1998 諾貝爾醫學獎得主 - 繆瑞 (Ferid Murad) 對體內一氧化氮生理之重要發現與應用而有所改觀，一氧化氮在化學結構上其外圍電子軌域的電子不成對屬於自由基，具有強烈氧化性，很多細胞均可產生自由基，而人體內亦普遍存在著抗氧化劑與之抗衡，但是過量的自由基生成亦會造成傷害，導致包括動脈硬化、老年癡呆等諸多疾病。體內過多一氧化氮產生 (如發炎) 可能才是致癌的主要原因，因為一氧化氮會直接修飾 DNA 序列造成突變，且抑制 DNA 修復酵素 (造成突變無法被檢查出來) 而導致正常細胞轉變成癌細胞。

有關硝酸鹽、亞硝酸鹽和亞硝胺的動物毒性研究，主要集中在 1960s~1980s 年代，在 1980 年由美國、歐盟和日本三方之政府藥政主管機關共同組成之國際藥品協和會 (International

Conference of Harmonization, ICH) 之實施工作組 (Interagency Working Group, IWG) 就曾向美國食品藥物管理局 (FDA) 對先前試驗的樣品數太少且缺乏劑量效應提出質疑，最近美國國家毒物學計畫 (National Toxicology Program, NTP) 的專家對這些實驗重新進行同僚審查，認為先前有關硝酸鹽、亞硝酸鹽和亞硝胺具有動物毒性之研究，以現在更嚴謹的實驗標準流程來看，存在許多嚴重的缺陷。

動物試驗結果不宜過度解釋或推論人類也有相同之結果，其關鍵在於試驗動物 (如大鼠或小鼠) 與人之重要器官、生理及酵素系統有明顯差異，如試驗常用的齧齒類動物有前胃 (forestomachs) 和哈氏腺 (Harderian gland) 而人類並無，IARC 認為許多試驗每天管餵非常高劑量的亞硝胺類而導致動物胃癌，而這些試驗條件在現實人類生活根本不可能發生，錯誤的試驗設計導致錯誤的結論。

食品與化學毒理學期刊中提及：2006 年 IARC 認為目前有關硝酸鹽、亞硝酸鹽和亞硝胺致癌的流行病學研究結果並不一致，特別是在導致胃癌上缺乏直接的因果關係，專家審查後並不支持攝食含有硝酸鹽或亞硝酸鹽後產生之內生性亞硝胺類會導致癌症的假說。在 1995~1996 年，美國耶魯公共衛生學院進行大規模的流行病學試驗，約有 55 萬個自願者參與，證實攝食硝酸鹽及亞硝酸鹽並不會增加成人膠質瘤 (adult glioma) 之風險。

近年 (2010~2012) 許多的研究均指出多攝食蔬菜如菠菜，因所含之硝酸鹽可轉化成一氧化氮而有助於內皮細胞功能及降低血壓甚至可說有益於心血管之健康。一氧化氮也是免疫細胞如巨噬細胞對抗噬細菌、黴菌的重要武器，且一氧化氮可以造成癌細胞之凋亡，因此在對抗癌細胞的戰爭中一氧化氮可能扮演極重要角色，有越來越多的研究正在開發使用一氧化氮或其類似物來抑制癌細胞生長。

對民眾之建議

請維持均衡的飲食習慣，每天至少攝取 2 份水果和 3 份蔬菜，攝食蔬菜的種類建議多元化。

蔬菜應有適當的處理及烹煮，購買後如不立即烹煮，應先貯放冰箱中，蔬菜如經切或削之

後，應立即烹煮，水洗無法去除硝酸鹽，但用沸水焯菁（川燙）1~3分鐘約可降低12-31%。

世界衛生組織 (WHO) 建議純母乳餵養嬰兒至6個月後，才需適當的補充副食品，如為6個月大之嬰兒準備之固體食物如蔬菜泥和蔬菜粥，亦應在製備後儘速餵食。如果需要貯存，應置冷凍庫（等於或低於攝氏 -18°C以下），以避免因細菌污染食品產生亞硝酸鹽。

給業界的建議

蔬菜硝酸根含量，取決於植物代謝能力，植物光合作用旺盛，產生大量碳水化合物可代謝較多硝酸根。

在光線充足、水分及其他養分適當情況下，正確栽培管理如實施合理化施肥特別是降低氮肥之使用，籲請農民應遵守良好農業規範，依作物生長需求適量施肥，才能讓硝酸根充分轉化，有效降低蔬菜硝酸根含量，不僅有益於降低栽培成本（主要效益）、保護環境，也有益人體健康（附帶效益）。

業界應該選購及販售可靠來源的蔬菜並保持適當的紀錄，以利需要時可追溯源頭的來源。

不當處理和儲存食品可能孳生細菌，而提高

亞硝酸鹽之含量，故採後蔬菜應貯存在冰箱或陰涼乾燥的地方，並避免因細菌污染而提高亞硝酸鹽含量。

結論

無論是在毒理學或是流行病學中發現許多新的證據，已經清楚的證明來自蔬菜的硝酸鹽本身並不會造成公共健康的危害，因此歐盟關於蔬菜硝酸鹽限量之標準一再放寬。多年來其代謝物亞硝酸鹽或亞硝酸胺致癌的假說深烙人心，但近年其證據力則因餵食劑量過高、實驗數不足及實驗期過短等試驗設計缺失而被強烈質疑。國際食品法典委員會 (Codex) 也未訂定相關標準，一般人只需多元且均衡的攝食蔬菜，在良好保存及適當烹煮方式下，多攝食在地生產的蔬菜如通過吉園圃、生產履歷、有機驗證之蔬菜，對健康絕對利大於弊，無需因媒體報導而過分恐慌。由法國、比利時及瑞典的硝酸鹽總攝食量數據來看，是否需要將已經非常有限的政府資源或公共財力投注在將硝酸鹽檢驗納入常規檢驗項目，恐值得再商榷。在不景氣的年代中，省錢才是王道，農民或業者也應合理控管肥料的使用，降低農業經營成本，才能提供消費者便宜又好吃的蔬菜。

表 1 歐盟公告蔬菜中硝酸鹽之最大限量標準

食物	最大限量 (mg/NO ₃ /kg) 採收期及栽培方式	2006年 ^{*1}	2011年 ^{*2}	
1.1 新鮮菠菜 Fresh spinach (<i>Spinacia oleracea</i>)	10/01 ~ 03/31 採收	3,000	3,500	
	04/01 ~ 09/30 採收	2,500	3,500	
1.2 冷藏、超低溫或冷凍菠菜 Preserved, deep-frozen or frozen spinach	——	2,000	2,000	
1.3 新鮮萵苣 Fresh Lettuce (<i>Lactuca sativa</i> L.)	10/01 ~ 03/31 採收 非露天	4,500	5,000	
	露天	4,000	4,000	
	04/01 ~ 09/30 採收	非露天	3,500	4,000
		露天	2,500	3,000
1.4 結球萵苣 "Iceberg" type lettuce	非露天	2,500	2,500	
	露天	2,000	2,000	
1.5 芝麻葉 Rucola (<i>Eruca sativa</i> , <i>Diplotaxis</i> sp., <i>Brassica tenuifolia</i> , <i>Sisymbrium tenuifolium</i>)	10/01 ~ 03/31 採收	——	7,000	
	04/01 ~ 09/30 採收	——	6,000	
1.6 加工過之穀類食品及嬰幼兒食品 Processed cereal-based foods and baby foods for infants and young children	——	200	200	