

風險評估研究

第 50 號報告書

食物中的氯丙二醇脂肪酸酯

香港特別行政區政府
食物環境衛生署
食物安全中心
2012 年 11 月

本報告書由香港特別行政區政府食物環境衛生署
食物安全中心發表。未經食物安全中心書面許
可，不得翻印、審訂或摘錄或於其他刊物或研究
著作轉載本報告書的全部或部分研究資料。若轉
載本報告書其他部分的內容，須註明出處。

通訊處：

香港金鐘道 66 號

金鐘道政府合署 43 樓

食物環境衛生署

食物安全中心

風險評估組

電子郵箱：enquiries@fehd.gov.hk

目錄

	<u>頁數</u>
摘要	2
目的	4
背景	4
氯丙二醇和氯丙二醇脂肪酸酯的攝入來源	5
從膳食攝入氯丙二醇脂肪酸酯的情況	6
氯丙二醇和氯丙二醇脂肪酸酯的毒性	6
安全參考值	8
規管工作	8
研究範圍	9
研究方法	9
抽樣工作	9
化驗分析	9
食物消費量數據	10
膳食攝入量評估	10
結果及討論	11
氯丙二醇脂肪酸酯含量	11
從膳食攝入由氯丙二醇脂肪酸酯釋出的氯丙二醇的情況	13
研究的局限	16
結論及建議	17
參考文件	18
附件 1	21
附件 2	24

風險評估研究

第 50 號報告書

食物中的氯丙二醇脂肪酸酯

摘要

氯丙二醇是某些食物和配料在加工與製造過程中產生的污染物。2006年，聯合國糧食及農業組織／世界衛生組織聯合食品添加劑專家委員會(下稱“專家委員會”)注意到，有報告指出食物含有氯丙二醇脂肪酸酯。近年的研究發現，食物中的氯丙二醇大多以氯丙二醇脂肪酸酯的形式存在，而且許多食物都含有氯丙二醇脂肪酸酯，因此，過去不為人知氯丙二醇脂肪酸酯也是氯丙二醇的來源。

2. 關於食物中的氯丙二醇脂肪酸酯含量，目前各國掌握的數據不多。2010年，食品中污染物法典委員會把氯丙二醇脂肪酸酯列為專家委員會優先處理的項目，以便評估這種化學物的毒性和攝入情況。食物安全中心(下稱“中心”)作為世界衛生組織(下稱“世衛”)的食物中化學物風險分析合作中心，在2011年至2012年間進行這項研究，以便向世衛提供香港各種食物的氯丙二醇脂肪酸酯含量概況，並評估這種化學物對市民構成的潛在健康風險。

3. 氯丙二醇會影響大鼠的腎臟、中樞神經系統和雄性生殖系統。專家委員會把氯丙二醇的暫定最高每日可容忍攝入量定為每公斤體重2微克，但沒有訂定氯丙二醇脂肪酸酯的安全參考值。至於氯丙二醇脂肪酸酯本身的形成機制、代謝途徑和毒理性質，至今尚未有定論。有報告指出，氯丙二醇脂肪酸酯令人關注的毒性問題，主要是這種化學物在胃腸道的消化過程中可能在體內釋出有毒的氯丙二醇。這項研究評估成年人攝入氯丙二醇脂肪酸酯對健康構成的風險時，假設氯丙二醇脂肪酸酯會在消化系統完全水解釋出氯丙二醇，並把成年人從膳食攝入由氯丙二醇脂肪酸酯釋出的氯丙二醇分量與氯丙二醇的暫定最高每日可容忍攝入量作比較。上述假設或會高估了氯丙二醇的實際膳食攝入量，但歐洲食物安全局認同採用上述假設的做法。由於氯丙二醇的暫定最高每日可容忍攝入量並不適用於12周以下的嬰兒，因此，這份研究報告集中探討成年人進食的各種本地食物中氯丙二醇脂肪酸酯的含量，從而評估這種化學物對成年人構成的潛在健康風險。

4. 經加熱處理的食物和精煉油脂(食物本身或作為其他食物的成分)是市民攝入氯丙二醇脂肪酸酯的最主要來源。因此，這項研究集中探討一些據報氯丙二醇脂肪酸酯含量可能偏高的食物。研究結果顯示，在各個食物組別中，“餅乾”、“油脂”、“零食”和“中式糕點”的氯丙二醇脂肪酸酯平均含量較高，分別為每公斤440微克、390微克、270微克和270微克。

5. 攝入量一般和攝入量高(第 95 百分位)的成年人每日從膳食攝入氯丙二醇脂肪酸酯的分量，分別為每公斤體重 0.20 微克(相等於氯丙二醇暫定最高每日可容忍攝入量的 10%)和 0.53 微克(相等於氯丙二醇暫定最高每日可容忍攝入量的 26%)。假設氯丙二醇脂肪酸酯在消化系統完全水解釋出氯丙二醇，研究結果顯示，攝入量一般和攝入量高的市民受氯丙二醇主要毒性影響的機會都不大。

6. 根據這項研究的結果，純粹以成年人從膳食攝入氯丙二醇脂肪酸酯的分量來說，並無充分理據建議市民改變基本的健康飲食習慣。市民應保持均衡和多元化的飲食，包括多吃不同種類的蔬果。由於有報告指出精煉食油是氯丙二醇脂肪酸酯的其中一個主要來源，市民可減少進食油脂，以便進一步減低氯丙二醇脂肪酸酯的攝入量。食物業界應研究如何在無損食物質量的情況下，減低精煉油脂的氯丙二醇脂肪酸酯含量。

食物中的氯丙二醇脂肪酸酯

目的

食物環境衛生署(下稱“食環署”)轄下的食物安全中心(下稱“中心”)在 2011 年至 2012 年間進行了一項風險評估研究，探討食物含氯丙二醇脂肪酸酯的情況，以便向世界衛生組織(下稱“世衛”)提供香港各種食物的氯丙二醇脂肪酸酯含量概況，並評估這種化學物對本港市民構成的潛在健康風險。

背景

2. 氯丙二醇是某些食物和配料在加工與製造過程(例如加酸水解、烘焙和燒烤等)中產生的污染物。食物中的氯丙二醇以游離(二醇)和結合酯化(與脂肪酸結合)兩種形式存在。氯丙二醇最初在加酸水解植物蛋白中發現，其後又在以加酸水解植物蛋白為配料製造的醬油中檢出。¹

3. 1999 年，英國前農漁糧食部進行一項有關醬油的研究，發現當地一些牌子的醬油含有氯丙二醇。於是，香港特區便注意到氯丙二醇這種化學物。有見及此，中心聯同消費者委員會，分別在 2002 年和 2004 年就醬油以及蠔油和相關食品的氯丙二醇含量進行專項研究。此外，中心在 2007 年進行有關“中學生從食物攝取氯丙醇的情況”的風險評估研究，評估中學生可能從膳食攝入氯丙醇(包括氯丙二醇)的情況。^{2、3、4}

4. 不過，近期的研究顯示，許多食物的配方不含加酸水解植物蛋白，例如薯條、多士、鹹餅乾、烘焙咖啡等，但氯丙二醇(尤其是氯丙二醇脂肪酸酯)的含量亦偏高。某些食物的氯丙二醇脂肪酸酯含量比氯丙二醇高出差不多數百倍。這些食物的某些加工過程會產生氯丙二醇。⁵ 2010 年，食品中污染物法典委員會把氯丙二醇脂肪酸酯列為聯合國糧食及農業組織/世界衛生組織聯合食品添加劑專家委員會(下稱“專家委員會”)優先處理的項目，以便評估這種化學物的毒性和攝入情況。中心作為世衛的食物中化學物風險分析合作中心，認為有需要進行研究，檢測本地食物的氯丙二醇脂肪酸酯含量，並評估這種化學物對市民構成的潛在健康風險。

氯丙二醇和氯丙二醇脂肪酸酯的攝入來源

氯丙二醇

5. 氯丙二醇是氯丙醇類化學物。在各種食物中，尤其是含有加酸水解植物蛋白的食物，例如醬油、蠔油、魚露、即食麵、蒜粉、混合香料、湯液調味粉、肉湯、醬料和肉汁、零食等，氯丙二醇是最常見的氯丙醇類化學物。^{1、6}

6. 多種含有蛋白質的植物和動物物質與鹽酸進行水解後，會產生加酸水解植物蛋白。加酸水解植物蛋白是加工鹹味食品 and 預製食物常用的增味劑和配料。在食品生產過程中加入鹽酸進行水解，加酸水解植物蛋白會產生氯丙二醇。此外，水解時鹽酸會與原材料的殘餘脂質和磷脂產生作用，形成氯丙二醇。¹

7. 製造醬油時如以鹽酸處理大豆粗粉，雖然相關佐料不含加酸水解植物蛋白，亦可能會產生氯丙二醇。純粹以發酵方法釀製的醬油通常不含氯丙二醇；即使有，也只屬微量。¹

8. 製造紙張(例如茶葉袋、咖啡濾紙、肉類吸水墊)和纖維素腸衣所用的某些環氧氯丙烷基樹脂含有氯丙二醇，因此，可能有極微量的氯丙二醇從包裝物料遷移到食物和飲品。⁶

氯丙二醇脂肪酸酯

9. 近年的研究發現，食物中的氯丙二醇大多以脂肪酸酯的形式存在。氯丙二醇脂肪酸酯是氯丙二醇形成過程的中間物，過去不為人知它也是氯丙二醇的來源。

10. 多種加工食物據報含有氯丙二醇脂肪酸酯，其中包括食油和含有脂肪的食物，例如棕櫚油、嬰兒奶類代用品、薯條、鹹餅乾、香腸、多士等。加工食物中的氯丙二醇脂肪酸酯是酯類和氯化物的主要反應產物。在高溫加工過程中，脂肪和鹽的含量高會加速反應作用。一些研究報告指出精煉食油的氯丙二醇脂肪酸酯含量較高，並提出食油加工的脫臭程序(精煉食油的最後程序，以去除多餘的氣味和異味)似乎是產生氯丙二醇脂肪酸酯的關鍵程序。⁵

11. 德國聯邦風險評估所指出，以乾粉配製的嬰幼兒配方粉(脂肪含量約為 25%)含有植物油，有些同時含有動物油。由於配方粉添加的油類必須是無味的，所以添加的差不多全都是精煉油類，含有氯丙二醇脂肪酸酯。⁷ 一項有關嬰幼兒食品含有氯丙二醇脂肪酸酯的研究指出，這些食品的氯丙二醇脂肪酸酯含量與脂肪含量成正比，原因是製造商採用的精煉植物油含有氯丙二醇脂肪酸酯，含量則視乎產地和其他因素而定。⁸

12. 一項有關母乳含有氯丙二醇脂肪酸酯的研究發現，12 個母乳樣本的氯丙二醇脂肪酸酯平均含量為每公斤 35.5 微克(含量介乎每公斤少於 11 微克至 76 微克不等)，並推斷母乳中的氯丙二醇脂肪酸酯可能主要來自各種氯丙二醇脂肪酸酯含量高的食物。⁹

13. “食物中的氯丙二醇酯”和“食物中的氯丙二醇酯和縮水甘油酯”兩個研討會分別在 2009 年和 2011 年舉行，得出的結論是，儘管很多食物並無氯丙二醇酯含量數據，但經加熱處理的食物和精煉油脂(食物本身或作為其他食物的成分)顯然是人們攝入氯丙二醇脂肪酸酯的最主要來源，特別是各種食物含有的精煉棕櫚油，佔總攝入量的比重相當大。^{5, 10}

從膳食攝入氯丙二醇脂肪酸酯的情況

14. 目前，各國的成年人從膳食攝入氯丙二醇脂肪酸酯的數據不多。假設氯丙二醇脂肪酸酯完全水解釋出氯丙二醇，德國聯邦風險評估所根據 10 個嬰幼兒配方粉樣本的檢測結果，評估嬰幼兒從飲用奶攝入由氯丙二醇脂肪酸酯釋出的氯丙二醇分量。以德國聯邦風險評估所檢測的 10 個樣本來說，即飲嬰幼兒配方粉的氯丙二醇脂肪酸酯含量介乎每毫升 0.045 微克至 0.156 微克不等。假設嬰幼兒的飲奶量為每公斤體重約 160 毫升，估計氯丙二醇脂肪酸酯的攝入量介乎每日每公斤體重 7.3 微克至 25 微克不等(相等於暫定最高每日可容忍攝入量的 365% 至 1250%)。⁷ 不過，德國聯邦風險評估所注意到，暫定最高每日可容忍攝入量不適用於只有數月大的初生嬰兒，所以難以具體表明嬰幼兒配方粉含有氯丙二醇脂肪酸酯會構成的風險程度。

氯丙二醇和氯丙二醇脂肪酸酯的毒性

15. 專家委員會曾在 2001 年評估氯丙二醇的安全性，其後在 2006 年再作評估。不過，有關氯丙二醇脂肪酸酯的毒性，現時數據不多。2006 年，專家委員會表示沒有足夠數據評估氯丙二醇酯的攝入量或毒性影響，而且氯丙二醇脂肪酸酯並沒有安全參考值。有報告指出，令人關注的氯丙

二醇脂肪酸酯的毒性問題，主要是這種化學物在胃腸道的消化過程中可能在體內釋出有毒的氯丙二醇。不過，氯丙二醇脂肪酸酯本身的潛在毒理性質、實際去向和代謝作用(例如氯丙二醇脂肪酸酯在消化過程中的水解程度、游離氯丙二醇的釋出量等)，至今尚未有定論。^{5、10、11} 氯丙二醇和氯丙二醇脂肪酸酯的毒性資料載於下文。

氯丙二醇

動力學和代謝作用

16. 有研究發現，氯丙二醇廣泛分布在體液中，並可通過血腦屏障和血睪屏障。氯丙二醇與穀胱甘肽結合會解除毒性，形成草酸。此外，有足夠證據表明，氯丙二醇這種鹵化醇可經過微生物酶反應，形成縮水甘油。體外和體內測試均顯示，縮水甘油具有基因毒性。¹¹

急性毒性

17. 有報告指出，大鼠口服氯丙二醇的半數致死量為每公斤體重 150 毫克。¹¹

基因毒性和致癌性

18. 大部分體外測試顯示氯丙二醇具有基因毒性，但體內測試則顯示並無基因毒性。由於體外測試所用的氯丙二醇含量十分高，專家委員會質疑測試結果是否恰當。專家委員會的結論是，如體外測試所用的氯丙二醇劑量低於致毒水平，氯丙二醇並無基因毒性，這個結果同樣適用於體內研究。¹¹

19. 雖然一項動物研究發現氯丙二醇與一些器官良性腫瘤的發生率增加有關，但劑量必須高於產生其他毒性作用的劑量，才會出現這些腫瘤。¹¹

20. 由於有足夠證據證明氯丙二醇對實驗動物具有致癌性，卻沒有數據顯示氯丙二醇對人類的致癌性，因此，國際癌症研究機構把氯丙二醇列為第 2B 組物質(即或可能令人類患癌的物质)。

其他慢性毒性

21. 有研究發現，氯丙二醇影響大鼠的腎臟、中樞神經系統和雄性生殖系統。體外測試表明，氯丙二醇與銅離子產生協同作用，減低人體精子的活動能力。¹¹

氯丙二醇脂肪酸酯

22. 儘管氯丙二醇脂肪酸酯本身的毒理性質以及氯丙二醇脂肪酸酯的實際去向和代謝作用等尚未有定論，但根據一項為期 90 天的氯丙二醇和氯丙二醇二酯(二棕櫚酸酯)毒理學研究，二棕櫚酸酯對實驗動物的腎臟和睪丸造成的影響，或會與游離氯丙二醇相似。大鼠不論攝入游離氯丙二醇還是最高劑量的氯丙二醇二棕櫚酸酯(每公斤 156.75 毫克氯丙二醇二棕櫚酸酯，即相等於每公斤 29.5 毫克游離氯丙二醇)，兩組動物受到的最顯著影響是幾乎睪丸細胞結構消失。顯微鏡分析顯示，實驗動物攝入最高劑量氯丙二醇或氯丙二醇二棕櫚酸酯，腎實質有一個或多個部位的腎小管出現退化性損傷。¹²

安全參考值

23. 專家委員會根據大鼠腎臟腎小管增生的最低有作用劑量(即每日每公斤體重 1.1 毫克)和安全系數 500(以安全系數 100 計算不同品種和同一品種的差別，並另加 5 倍由最低有作用劑量外推最大無作用劑量)，訂定氯丙二醇的暫定最高每日可容忍攝入量為每公斤體重 2 微克。¹¹專家委員會曾在 2006 年再次進行評估，決定維持上述暫定最高每日可容忍攝入量不變。¹³然而，專家委員會並沒有訂定氯丙二醇脂肪酸酯的安全參考值。

24. 根據世衛的意見，12 周以下的嬰兒即使攝入量較低也可能會影響健康，因此，暫定最高每日可容忍攝入量的健康參考值並不適用於 12 周以下的嬰兒。¹⁴

規管工作

25. 食品法典委員會只訂定了“含加酸水解植物蛋白的液態佐料(天然釀造的醬油除外)”中的氯丙二醇最高限量為每公斤 0.4 毫克。¹⁵

26. 此外，食品法典委員會在 2008 年訂定有關在生產加酸水解植物蛋白和含加酸水解植物蛋白的產品過程中減少氯丙二醇的工作守則。¹

27. 對於食物中的氯丙二醇和氯丙二醇脂肪酸酯含量，目前本港並沒有具體規管措施。自 1999 年開始，中心的日常食品監察工作包括檢測氯丙二醇含量，並以每公斤 1 毫克作為行動水平。

研究範圍

28. 這項研究集中探討本港一些據報氯丙二醇脂肪酸酯含量可能偏高的常見食物。由於含有脂肪和鹽的食物在生產過程中經高溫處理會產生氯丙二醇脂肪酸酯，所以這項研究抽取市面上含有脂肪和鹽並可能經高溫處理(例如煎炒、油炸、燒烤、烘焙等)的食物樣本。由於氯丙二醇的暫定最高每日可容忍攝入量不適用於 12 周以下的嬰兒，因此，這項研究報告只集中探討成年人進食各種本地食物的氯丙二醇脂肪酸酯含量。

研究方法

抽樣工作

29. 這項研究選取本港市面上多種含有脂肪和鹽並可能經過高溫處理的食物進行化驗，分析氯丙二醇脂肪酸酯的含量。在不同食物組別選取一些據報含有氯丙二醇脂肪酸酯的食物，合共收集了 300 個個別樣本。除即食麵外，只限收集即食食物、加工食物或只須加熱水調配的食物樣本。這些食物樣本都是預先包裝食物或食肆的菜餚，在不同的零售店鋪(以連鎖或獨立方式經營)和食物業處所購買，例如烘製麵包餅食店、超級市場、街市、酒樓和咖啡店等。

化驗分析

30. 有關的化驗分析工作由中心的食物研究化驗所負責進行。

31. 除即食麵外，食物樣本以購買時的狀態，逐一分析氯丙二醇脂肪酸酯的含量。即食麵樣本按照標籤的食用方法烹煮，並加入調味粉配製湯液。樣本煮好後約 3 分鐘，倒去湯液，再作處理。

32. 首先用正己烷以均質法提取樣本的脂質，然後把提取液與南極假絲酵母脂肪酶A混合，進行酵素水解。由氯丙二醇脂肪酸酯釋出的氯丙二醇與苯基硼酸進行衍生反應後，以氣相色譜—串聯質譜儀定量。化驗分析以氘標記的氯丙二醇酯作為內標物，食物中氯丙二醇脂肪酸酯的含量以氯丙二醇表示。由於化驗分析的食物樣本質量不一，所以不同類別食物的檢測限會有分別(每公斤 1 微克至 20 微克)(附件 1)。¹⁶

食物消費量數據

33. 這項研究根據 2005 年至 2007 年香港市民食物消費量調查(下稱“消費量調查”)所得的食物消費量數據，評估市民從膳食攝入氯丙二醇脂肪酸酯的分量。¹⁷

34. 礙於消費量調查的性質和局限，或會低估了部分消費量數據。以油、糖、鹽和一些佐料的消費量為例，受訪者(尤其是並非負責烹製菜餚的人)難以記得並如實填報實際消費量。此外，調查沒有計算混合食品的油、糖、鹽和佐料(例如春卷的油和雞尾包的牛油)含量。

35. 由於消費量調查或會低估了油類的消費量數據，這項研究還根據香港食油業協會提供的人均食油消費量，評估和比較市民從食油攝入氯丙二醇脂肪酸酯的分量。

膳食攝入量評估

36. 這項研究根據 24 小時膳食回顧法所得的加權消費量數據，以及各種食物檢出的氯丙二醇脂肪酸酯含量，綜合得出市民從膳食攝入由氯丙二醇脂肪酸酯釋出的氯丙二醇分量。在計算食物的氯丙二醇脂肪酸酯平均含量時，檢測不到的樣本氯丙二醇脂肪酸酯含量設定為檢測限的一半。研究以膳食攝入量的平均值和第 95 百分位的數值分別作為一般攝入量和高攝入量的數值。

結果及討論

氯丙二醇脂肪酸酯含量

37. 表 1 按食物組別列出成年人進食的食物氯丙二醇脂肪酸酯含量(以氯丙二醇表示)。至於各個食物類別的氯丙二醇脂肪酸酯含量，載於附件 1。

表 1：不同食物組別的氯丙二醇脂肪酸酯含量

食物組別	樣本數目	以氯丙二醇表示 氯丙二醇脂肪酸酯含量 (微克 / 公斤)	
		平均值*	最低至最高
早餐穀類食品	20	7	檢測不到 [#] 至 43
粉麵	20	53	檢測不到 至 210
餅乾	25	440	50 至 860
肉類及其製品	30	19	檢測不到 至 280
家禽及其製品	15	23	檢測不到 至 160
魚類及其製品	15	77	檢測不到 至 280
果仁及種子	15	5	所有樣本都檢測不到
油脂	20	390	檢測不到 至 2 500
佐料及醬料	15	75	檢測不到 至 490
零食	25	270	9 至 1 000
烘焙食品	35	120	檢測不到 至 410
中式糕點	20	270	檢測不到 至 1 200
乳製品	15	17	檢測不到 至 230
湯及不含酒精飲品	20	12	檢測不到 至 61

* 平均含量少於每公斤 10 微克取至一位有效數字，相等於或超過每公斤 10 微克則取至兩位有效數字。

[#] 在計算氯丙二醇脂肪酸酯平均含量時，檢測不到的樣本氯丙二醇脂肪酸酯含量設定為檢測限的一半。

38. 總括而言，絕大部分經加熱處理的食物及 / 或油脂含量較高的食物都檢測到氯丙二醇脂肪酸酯。以“餅乾”、“油脂”、“零食”和“中式糕點”

為例，這些食物組別的氯丙二醇脂肪酸酯平均含量較高，分別為每公斤 440 微克、390 微克、270 微克和 270 微克。

39. 某些食物組別的氯丙二醇脂肪酸酯平均含量較低，當中包括“果仁及種子”(所有樣本都檢測不到氯丙二醇脂肪酸酯)和“早餐穀類食品”(平均含量為每公斤 7 微克，含量範圍介乎檢測不到至每公斤 43 微克)。

40. 有報告指出，精煉油脂是市民攝入氯丙二醇脂肪酸酯的最主要來源。各種植物油的氯丙二醇脂肪酸酯含量載於表 2。

表 2：各種植物油的氯丙二醇脂肪酸酯含量

油類	樣本數目	以氯丙二醇表示 氯丙二醇脂肪酸酯含量 (微克 / 公斤)	
		平均*	最低至最高
花生油	3	570	500 至 650
芥花籽油	3	110	100 至 130
粟米油	3	280	120 至 470
橄欖油	3	390	250 至 640
葡萄籽油	3	1 200	390 至 2 500
特級初榨橄欖油	1	10	檢測不到#

* 平均含量超過每公斤 10 微克取至兩位有效數字。

在計算氯丙二醇脂肪酸酯平均含量時，檢測不到的樣本氯丙二醇脂肪酸酯含量設定為檢測限的一半。

41. 這項研究收集的植物油樣本中，只有“特級初榨橄欖油”的樣本檢測不到氯丙二醇脂肪酸酯。至於其他植物油樣本，氯丙二醇脂肪酸酯含量介乎每公斤 100 微克至 2 500 微克不等，低於其他國家錄得精煉植物油脂的氯丙二醇脂肪酸酯含量(每公斤少於 200 微克至 21 500 微克)。¹⁸根據這項研究，氯丙二醇脂肪酸酯含量相對較高的精煉油是葡萄籽油(每公斤 390 微克至 2 500 微克)和花生油(每公斤 500 微克至 650 微克)。上述研究結果與其他研究報告相符，就是精煉植物油脂的氯丙二醇脂肪酸酯含量相當高，只有未經加熱處理的油類(例如原生橄欖油)不含這種化學物。至於動物脂肪，這項研究收集的牛油樣本檢測不到氯丙二醇脂肪酸酯，結果與動物脂肪通常不經精煉的報告相符。⁵

與其他國家食物的氯丙二醇脂肪酸酯含量比較

42. 關於食物中的氯丙二醇脂肪酸酯含量，目前各國掌握的數據不多。表 3 列出 2008 年英國食物標準局研究報告所載當地各種零售食物(例如薯條、薯片、麵包、餅乾、早餐穀類食品等)的氯丙二醇脂肪酸酯含量，其中薯片的含量最高，每公斤 1 186 微克。¹⁹

從膳食攝入由氯丙二醇脂肪酸酯釋出的氯丙二醇的情況

43. 專家委員會把氯丙二醇的暫定最高每日可容忍攝入量定為每公斤體重 2 微克，但沒有訂定氯丙二醇脂肪酸酯的安全參考值。有報告指出，令人關注的氯丙二醇脂肪酸酯的毒性問題，主要是這種化學物在胃腸道的消化過程中可能在體內釋出有毒的氯丙二醇。假設氯丙二醇脂肪酸酯完全水解釋出氯丙二醇，德國聯邦風險評估所根據氯丙二醇的毒理學數據進行風險評估，評估食物中檢測到的氯丙二醇脂肪酸酯含量。歐洲食物安全局食物鏈污染物科學小組認同德國聯邦風險評估所的假設，認為目前並無科學證據質疑有關數字，並同意氯丙二醇脂肪酸酯在人體內完全水解釋出氯丙二醇的估計。²⁰這項研究評估成年人攝入氯丙二醇脂肪酸酯對健康構成的風險時，假設氯丙二醇脂肪酸酯會在消化系統完全水解釋出氯丙二醇，並把成年人從膳食攝入由氯丙二醇脂肪酸酯釋出的氯丙二醇分量與氯丙二醇的暫定最高每日可容忍攝入量作比較。上述假設或會高估了氯丙二醇的實際膳食攝入量。

表 3：香港與英國某些食物的氯丙二醇脂肪酸酯含量比較

食物	這項研究(2011 年) 以氯丙二醇表示 氯丙二醇脂肪酸酯含量 (微克 / 公斤)		英國食物標準局的調查(2008 年) 以氯丙二醇表示 氯丙二醇脂肪酸酯含量 (微克 / 公斤)	
	樣本數目	平均值*(範圍)	樣本數目	平均值(範圍)
薯條	8	120 (37 至 300)	20	105 (35 至 397)
薯片	10	340 (22 至 660)	20	198 (48 至 1 186)
麵包	10	87 (2 至 230)	5	27 (檢測不到至 42)
早餐穀類食品	20	7 (檢測不到 [#] 至 43)	5	12 (11 至 12)
餅乾	25	440 (50 至 860)	8 (包括幼兒餅乾)	443 (110 至 696)
雞	7	43 (檢測不到至 160)	2 (有裹料)	342 (260 至 423)
湯	5	3 (檢測不到至 7)	1 (菜湯)	檢測不到
蔬菜脆片	3 (脆烤粟米小食)	550 (16 至 1 000)	1	157

* 平均含量少於每公斤 10 微克取至一位有效數字，相等於或超過每公斤 10 微克則取至兩位有效數字。

[#] 在計算氯丙二醇脂肪酸酯平均含量時，檢測不到的樣本氯丙二醇脂肪酸酯含量設定為檢測限的一半。

成年人從膳食攝入由氯丙二醇脂肪酸酯釋出的氯丙二醇的情況

44. 本港攝入量一般和攝入量高(第 95 百分位)的成年人(體重 61.25 公斤)每日從膳食攝入氯丙二醇脂肪酸酯的分量，估計分別為每公斤體重 0.20 微克(相等於暫定最高每日可容忍攝入量的 10%)和 0.53 微克(相等於暫定最高每日可容忍攝入量的 26%)。假設氯丙二醇脂肪酸酯會在消化系統完全水解釋出氯丙二醇，研究結果顯示，攝入量一般和攝入量高的市民受氯丙二醇主要毒性影響的機會不大。從不同食物組別攝入氯丙二醇脂肪酸酯的分量載於表 4。

45. 假設氯丙二醇脂肪酸酯會在消化系統完全水解釋出氯丙二醇，市民從各個食物組別攝入氯丙二醇的分量佔暫定最高每日可容忍攝入量少於 5%。以食物組別來說，從“烘焙食品”、“粉麵”和“餅乾”攝入的氯丙二醇脂肪酸酯分量較多，原因是“烘焙食品”和“粉麵”兩個組別食物的消費量較高(分別為每日 35.06 克和 83.70 克)，而“餅乾”樣本的氯丙二醇脂肪酸酯含量較高(平均含量為每公斤 440 微克)。

46. 有報告指出，經加熱處理的食物和精煉油脂(食物本身或作為其他食物的成分)是市民攝入氯丙二醇脂肪酸酯的最主要來源。不過，本港市民未必能準確填報油類的食用量，以致可能低估了食用油脂的消費量數據。因此，這項研究根據香港食油業協會提供的食油消費模式(2007 年)，估計和比較市民從食用油脂攝入氯丙二醇脂肪酸酯的分量。香港食油業協會以 2007 年本港食油使用量數據和人口，估計人均食油消費量為每年 11.22 公斤(即每日 30.74 克)，大約是這項研究所涵蓋“油脂”食物的每日平均消費量(每日 2.67 克)的 11.5 倍。

表 4：成年人從不同食物組別攝入氯丙二醇脂肪酸酯的分量

食物組別	氯丙二醇脂肪酸酯每日平均攝入量 (納克 / 每公斤體重)*	相等於氯丙二醇 暫定最高每日可容忍攝入量 的百分比(%)*
早餐穀類食品	0.3	0.01
粉麵	48	2
餅乾	29	1
肉類及其製品	7	0.4
家禽及其製品	9	0.4
魚類及其製品	19	0.9
果仁及種子	0.1	0
油脂	13	0.7
佐料及醬料	3	0.1
零食	9	0.5
烘焙食品	48	2
中式糕點	6	0.3
乳製品	3	0.1
湯及不含酒精飲料	9	0.4
總計	200	10

* 平均攝入量和暫定最高每日可容忍攝入量的百分比數值低於 10 取至一位有效數字，相等於或超過 10 則取至兩位有效數字。

47. 根據香港食油業協會估計的食油消費量數據(2007 年)，以及“油脂”這個組別食物檢測到的氯丙二醇脂肪酸酯含量，市民從油脂攝入氯丙二醇脂肪酸酯的分量會由每日每公斤體重 13 納克(相等於氯丙二醇的暫定最高每日可容忍攝入量的 0.7%)，增至約 150 納克(相等於氯丙二醇的暫定最高每日可容忍攝入量的 8%)。

48. 以食物的氯丙二醇脂肪酸酯含量來說，目前只有幾種油類的資料最為齊全，其他組別食物的氯丙二醇脂肪酸酯含量數據不一，其中穀類食物和麵包、奶和奶製品、炸油和混合物、動物油脂，以及混合加工食物的氯丙二醇脂肪酸酯含量資料不多。因此，各國國民的氯丙二醇脂肪酸酯膳食攝入量數據不足，要比較其他國家國民和本港市民的氯丙二醇脂肪酸酯膳食攝入量，並不可行。¹⁰

比較中學生從膳食攝入游離氯丙二醇的分量與成年人從膳食攝入由氯丙二醇脂肪酸酯釋出的氯丙二醇的分量

49. 這項研究旨在提供本港各種食物的氯丙二醇脂肪酸酯含量概況，所以並沒有分析食物中游離氯丙二醇的含量。不過，中心曾聯同消費者委員會，分別在 2002 年和 2004 年就醬油以及蠔油和相關食品的氯丙二醇含量進行專項研究。2007 年，中心進行有關“中學生從食物攝取氯丙醇的情況”的風險評估研究，評估中學生可能從膳食攝入游離氯丙二醇的情況。^{2、3、4}

50. 上述研究檢測到不同食物組別的游離氯丙二醇含量，以及這項研究檢測到對應食物組別的氯丙二醇脂肪酸酯含量載於附件 2。

51. 過往的研究結果顯示，攝入量一般和攝入量高的中學生攝入游離氯丙二醇的分量，估計分別為每日每公斤體重 0.063 微克至 0.150 微克(相等於暫定最高每日可容忍攝入量的 3% 至 8%)，以及 0.152 微克至 0.300 微克(相等於暫定最高每日可容忍攝入量的 8% 至 15%)。根據這項研究結果，本港攝入量一般和攝入量高的成年人從膳食攝入氯丙二醇脂肪酸酯的分量，估計分別為每日每公斤體重 0.20 微克(相等於暫定最高每日可容忍攝入量的 10%)和 0.53 微克(相等於暫定最高每日可容忍攝入量的 26%)。

研究的局限

52. 雖然研究分析的樣本數目越多，攝入量評估結果會越精確；不過，礙於化驗工作的資源有限，必須有所取捨，因此這項研究只選取一些據報氯丙二醇脂肪酸酯含量可能偏高的常見本地食物樣本。此外，這項研究反覆分析食物樣本的次數有限，加上同一種食品不同批次的氯丙二醇脂肪酸酯含量可能也有差別，研究結果只能概略地反映某些本地食物的氯丙二醇脂肪酸酯含量。

53. 此外，消費量調查低估了油類的消費量數據，而且並非所有食物樣本都有對應的食物消費量數據。如無完全對應的數據，便會根據最為近似食物類別的數據進行評估。以“高鈣低脂奶粉”為例，這項研究採用“部分 / 半脫脂奶粉”的消費量數據，計算從“高鈣低脂奶粉”攝入氯丙二醇脂肪酸酯的分量。

54. 再者，有關氯丙二醇脂肪酸酯的資料不詳，例如其形成機制、釋出氯丙二醇的百分比、氯丙二醇脂肪酸酯本身的代謝途徑和毒理性質等。上述各種局限因素實際上如何影響攝入量評估，導致評估數字過高或過低，仍未能確定。

結論及建議

55. 含有食用油脂和鹽的加工食物都檢出氯丙二醇脂肪酸酯。研究結果顯示，大部分經加熱處理的食物及 / 或含有油脂的食物都檢測到氯丙二醇脂肪酸酯，其中“餅乾”、“油脂”、“零食”、“中式糕點”幾個食物組別的含量較高。

56. 本港攝入量一般和攝入量高的成年人攝入由氯丙二醇脂肪酸酯釋出的氯丙二醇分量，估計低於氯丙二醇的暫定最高每日可容忍攝入量，顯示攝入量一般和攝入量高的市民受氯丙二醇主要毒性影響的機會都不大。

57. 根據這項研究的結果，純粹以成年人從膳食攝入氯丙二醇脂肪酸酯的分量來說，並無充分理據建議市民改變基本的健康飲食習慣。市民應保持均衡和多元化的飲食，包括多吃不同種類的蔬果。由於有報告指出精煉食油是氯丙二醇脂肪酸酯的其中一個主要來源，市民可減少進食油脂，以便進一步減低氯丙二醇脂肪酸酯的攝入量。

58. 食物業界應研究如何在無損食物質量的情況下，減低精煉油脂的氯丙二醇脂肪酸酯含量，方法可包括去除原材料的氯丙二醇脂肪酸酯前體(例如用水洗去氯化物)、優化食油精煉程序，以及去除食品的氯丙二醇脂肪酸酯。不過，這些方法是否可行仍有待日後評估。

參考文件

¹ Codex Alimentarius Commission. Code of Practice for the Reduction of 3-Monochloropropane-1,2-diol During the Production of Vegetable Proteins (Acid-HVPs) and Products that Contain Acid-HVPs. CAC/RCP 64-2008. Available from URL: http://www.codexalimentarius.net/download/standards/11024/CXP_064e.pdf

² 消費者委員會。《3款鼓油含污染物氯丙二醇》。《選擇》，第310期，頁22-27；2002年10月。網址：
http://www.cfs.gov.hk/tc_chi/programme/programme_rafs/programme_rafs_fc_01_14.html

³ 消費者委員會。《蠔油、雞粉可放心食用》。《選擇》，第329期，頁22-27；2004年3月。網址：
http://www.cfs.gov.hk/tc_chi/programme/programme_rafs/programme_rafs_fc_01_08.html

⁴ 食物環境衛生署。《中學生從食物攝取氯丙醇的情況》。香港：食物環境衛生署；2007年。網址：
http://cfs.fehd.hksarg/tc_chi/programme/programme_rafs/files/RAS29_Chloropropanols_Final.pdf

⁵ ILSI Europe. Summary report of a workshop on “3-MCPD Esters in Food Products”. Brussels: ILSI Europe Report Series; October 2009. Available from URL: <http://www.ilsi.org/Europe/Publications/Final%20version%203%20MCPD%20esters.pdf>

⁶ Joint FAO/WHO Food Standards Programme - Codex Committee on Contaminants in Food. Discussion paper on chloropropanols derived from the manufacture of acid-HVP and the heat processing of foods. CX/CF 07/1/13. Rome: Codex Alimentarius Commission; February 2007. Available from: URL: ftp://ftp.fao.org/codex/Meetings/CCCF/cccf1/cf01_13e.pdf

⁷ The Federal Institute for Risk Assessment (BfR). Infant formula and follow-up formula may contain harmful 3-MCPD fatty acid esters. BfR opinion no. 047/2007. 11 December 2007. Available from URL:

http://www.bfr.bund.de/cm/349/infant_formula_and_follow_up_formula_may_contain_harmful_3_mcpd_fatty_acid_esters.pdf

⁸ Zelinkova Z., Dolezal M. and Velisek J. Occurrence of 3-chloropropane-1, 2-diol fatty acid esters in infant and baby foods. European Food Research and Technology 2009; 228:571-578.

⁹ Zelinkova Z., Novotny O., Schurek J., Velisek J., Hajslova J. and Dolezal M. Occurrence of 3-MCPD fatty acid esters in human breast milk. Food Additives and Contaminants 2008; 25:669-676.

¹⁰ ILSI Europe. Summary report of a workshop on MCPD and Glycidyl Esters in Food Products. Brussels: ILSI Europe Report Series; May 2012. Available from URL:

<http://www.ilsa.org/Europe/Pages/ViewItemDetails.aspx?WebId=84D7FA4A-0FD5-40CD-A49A-2DA6FCDFD654&ListId=0348EB34-DF85-49DD-9ADE-77ED136643F1&ItemID=271>

¹¹ WHO. 3-Chloro-1,2-propanediol. Safety evaluation of certain food additives and contaminants: WHO food additives series: 48. Geneva: WHO; 2001. Available from: URL:

<http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v48je18.htm>

¹² Barocelli E., Corradi A. and Petronini P.G. Scientific report submitted to EFSA “Comparison between 3-MCPD and its palmitic esters in a 90-day toxicological study”. 22 August 2011. Available from URL:

<http://www.efsa.europa.eu/en/supporting/doc/187e.pdf>

¹³ JECFA. Sixty-seventh meeting – summary and conclusions. Rome: FAO; July 2006.

Available from: URL: ftp://ftp.fao.org/ag/agn/jecfa/jecfa67_final.pdf

¹⁴ International Programme on Chemical Safety. IPCS Environmental Health Criteria 240: Principles and Methods for the Risk Assessment of Chemicals in Food. Geneva: WHO; International Programme on Chemical Safety; 2009. Available from: URL: http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc240_chapter7.pdf

¹⁵ Codex Alimentarius Commission. General Standard for Contaminants and Toxins in Food and Feed. CODEX STAN 193-1995. Available from URL: http://www.codexalimentarius.net/download/standards/17/CXS_193e.pdf

¹⁶ Chung S.W.C. and Chan B.T.P. Simultaneous Determination of 2- and 3-Monochloropropan-1,3-diol Esters in Foods by Enzymatic Hydrolysis and GC–MS Detection. *Chromatographia* 75(17), 1049-1056, 2012.

¹⁷ Department of Biochemistry, Chinese University of Hong Kong. Hong Kong Population-Based Food Consumption Survey 2005 - 2007. Hong Kong: Centre for Food Safety, Food and Environmental Hygiene Department; 2010.

¹⁸ CVUA Stuttgart. Fatty acid esters of 3-MCPD: Overview of occurrence in different types of foods. Proceedings of the ILSI Europe Workshop on “3-MCPD Esters in Food Products”. October 2009. Available from: URL: <http://www.ilsi.org/Europe/Documents/E2009MCPD-7.pdf>

¹⁹ UK Food Standards Agency (FSA). Survey of process contaminants in UK retail foods 2008 – report on the analysis of 3-monochloropropane-1,2-diol; esters (3-MCPD esters). Available from URL: <http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/fsis3mcpdesters.pdf>

²⁰ European Food Safety Authority (EFSA). Statement of the Scientific Panel on Contaminants in the Food chain (CONTAM) on a request from the European Commission related to 3-MCPD esters. Question No EFSA-Q-2008-258. 28 March 2008. Available from URL: <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/1048.pdf>

成年人進食的不同類別食物的氯丙二醇脂肪酸酯含量

	樣本數目	以氯丙二醇表示 氯丙二醇脂肪酸酯含量 (微克 / 公斤)		
		平均值*	範圍	檢測限
早餐穀類食品：	20	7	檢測不到至 43	1 至 4
麥皮 / 燕麥片	6	3	檢測不到至 6	1 至 2
粟米片	3	2	檢測不到至 6	1 至 2
麥製早餐穀類食品	3	4	檢測不到至 6	1 至 2
其他早餐穀類食品	8	14	檢測不到至 43	1 至 4
粉麵：	20	53	檢測不到至 210	1 至 5
即食麵(已烹煮)	6	81	檢測不到至 210	1 至 2
米粉 / 米線	4	3	檢測不到至 11	1
河粉 / 瀨粉	3	49	檢測不到至 110	1
其他粉麵	7	59	檢測不到至 200	1 至 5
餅乾：	25	440	50 至 860	2 至 13
芝士餅	2	540	280 至 800	5 至 6
梳打餅	5	510	200 至 850	2 至 13
夾心餅	2	450	200 至 690	5 至 12
威化餅	4	240	50 至 610	4 至 7
朱古力外層 / 朱古力餡的餅乾	4	250	130 至 400	4 至 6
消化餅	2	580	650 至 720	4 至 6
其他餅乾	6	540	250 至 860	4 至 8
肉類及其製品：	30	19	檢測不到至 280	1 至 6
牛肉乾 / 乾牛肉條	2	12	6 至 17	1
鹹牛肉	2	26	檢測不到至 50	2
牛肉丸 / 莎樂美牛肉腸	4	0.9	所有樣本都檢測不到	1 至 3
牛腩	2	2	所有樣本都檢測不到	1 至 6
燒牛肉 / 牛仔骨	3	16	3 至 36	1 至 6
煎牛扒	2	12	9 至 14	1 至 2
燒肉 / 叉燒(包括燒味)	4	78	3 至 280	2 至 3

煎豬扒	2	27	22 至 32	1 至 2
火腿 / 金華火腿(後腿連股肉)	3	1	所有樣本都檢測不到	1 至 3
豬肉腸 / 豬肉餅	3	4	檢測不到至 10	2 至 5
其他加工豬肉製品	3	15	檢測不到至 30	2 至 4
家禽及其製品：	15	23	檢測不到至 160	1 至 5
煎 / 炸雞腿 / 雞翼	3	42	檢測不到至 91	3 至 4
炸雞塊	2	85	9 至 160	3
其他雞肉製品	3	2	檢測不到至 3	1 至 2
鹵水家禽	3	7	檢測不到至 13	3 至 5
燒家禽	4	7	檢測不到至 24	3 至 5
魚類及其製品：	15	77	檢測不到至 280	1 至 7
罐頭魚	3	79	檢測不到至 230	1 至 5
魚柳 / 魚餅 / 魚蛋	5	30	3 至 74	1 至 2
炸魚	2	220	150 至 280	4 至 5
燒魚	2	66	21 至 110	1 至 2
其他加工魚類製品	3	66	5 至 140	2 至 7
果仁及種子：	15	5	所有樣本都檢測不到	1 至 17
果仁	12	5	所有樣本都檢測不到	1 至 17
種子	3	6	所有樣本都檢測不到	9 至 15
油脂：	20	390	檢測不到至 2 500	10 至 20
牛油	2	8	所有樣本都檢測不到	16
花生油	3	570	500 至 650	20
芥花籽油	3	110	100 至 130	20
粟米油	3	280	120 至 470	20
橄欖油	3	390	250 至 640	20
特級初榨橄欖油	1	10	檢測不到	20
葡萄籽油	3	1 200	390 至 2 500	20
其他油脂	2	85	76 至 93	10 至 20
佐料及醬料：	15	75	檢測不到至 490	1 至 20
油性醬料	3	350	160 至 490	5 至 20
其他佐料及醬料	8	9	檢測不到至 43	1 至 11
醬油	2	0.5	所有樣本都檢測不到	1
蠔油	2	0.5	所有樣本都檢測不到	1

零食：	<u>25</u>	<u>270</u>	<u>9 至 1 000</u>	<u>1 至 16</u>
炸薯(例如薯條、薯餅)	8	120	37 至 300	2 至 6
脆烤粟米小食	3	550	16 至 1 000	7 至 16
薯片	10	340	22 至 660	5 至 14
蝦片 / 蝦條	4	180	9 至 500	1 至 8
烘焙食品：	<u>35</u>	<u>120</u>	<u>檢測不到至 410</u>	<u>1 至 6</u>
白麵包	5	42	2 至 160	1 至 2
其他麵包	5	130	64 至 230	1 至 2
曲奇餅	5	60	檢測不到至 270	4 至 5
蛋糕 / 西餅	3	44	4 至 110	3 至 4
瑞士卷	3	170	26 至 250	3 至 5
批	3	280	140 至 410	2 至 4
撻	7	170	檢測不到至 300	2 至 6
鬆餅	4	84	5 至 190	2 至 5
中式糕點：	<u>20</u>	<u>270</u>	<u>檢測不到至 1 200</u>	<u>1 至 20</u>
中式糕點	20	270	檢測不到至 1 200	1 至 20
乳製品：	<u>15</u>	<u>17</u>	<u>檢測不到至 230</u>	<u>1 至 7</u>
奶	4	0.5	所有樣本都檢測不到	1
忌廉	3	3	所有樣本都檢測不到	1 至 7
芝士	3	2	所有樣本都檢測不到	2 至 5
雪糕	2	120	8 至 230	1 至 3
其他乳製品	3	0.5	所有樣本都檢測不到	1
湯及不含酒精飲品：	<u>20</u>	<u>12</u>	<u>檢測不到至 61</u>	<u>1 至 5</u>
朱古力粉	3	9	檢測不到至 21	1 至 2
咖啡	5	15	1 至 61	1
咖啡粉	5	12	檢測不到至 36	1 至 5
其他飲料沖劑	2	27	5 至 49	1 至 2
罐頭湯	5	3	檢測不到至 7	1

* 平均含量少於每公斤 10 微克取至一位有效數字，相等於或超過每公斤 10 微克則取至兩位有效數字。

在計算氯丙二醇脂肪酸酯平均含量時，檢測不到的樣本氯丙二醇脂肪酸酯含量設定為檢測限的一半。

過往研究^{2、3、4}所得不同食物組別的游離氯丙二醇含量與這項研究所得對應食物組別的氯丙二醇脂肪酸酯含量

食物組別	樣本數目	(過往研究)		(這項研究)	
		游離氯丙二醇含量 範圍(微克 / 公斤)*	食物組別	樣本數目	以氯丙二醇表示 氯丙二醇 脂肪酸酯含量 範圍(微克 / 公斤)*
穀類及其製品	57	檢測不到至 23	早餐穀類食品	20	檢測不到至 43
			粉麵	20	檢測不到至 210
			餅乾	25	50 至 860
			烘焙食品	35	檢測不到至 410
蔬菜及其製品	39	所有樣本都檢測不到	—	—	—
水果	21	所有樣本都檢測不到	—	—	—
魚類、介貝類 及其製品	66	檢測不到至 33	魚類及其製品	15	檢測不到至 280
肉類、家禽及 其製品	87	檢測不到至 32	肉類及其製品	30	檢測不到至 280
			家禽及其製品	15	檢測不到至 160
蛋類及其製品	12	所有樣本都檢測不到	—	—	—
乳製品	12	所有樣本都檢測不到	乳製品	15	檢測不到至 230
零食	24	檢測不到至 66	零食	25	9 至 1 000
			果仁及種子	15	所有樣本都檢測不到
醬油	40	檢測不到至 260	—	—	—
醬油以外的 佐料及醬料	40	檢測不到至 170	佐料及醬料	15	檢測不到至 490

* 含量少於每公斤 10 微克取至一位有效數字，相等於或超過每公斤 10 微克則取至兩位有效數字。