

風險評估研究

第二十九號報告書

化學物危害評估

中學生從食物攝取氯丙醇的情況

香港特別行政區政府
食物環境衛生署
食物安全中心
二零零七年七月

本報告書由香港特別行政區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，不得將本報告書所載全部或部分研究資料翻印，亦不得審訂或摘錄這些資料。若採用本報告書其他部分內容，須作出確認聲明。

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	3
引言	3
危害識別	4
危害特徵描述	5
氯丙二醇	
二氯丙醇	
攝取量評估	8
評估從醬料以外食物攝取氯丙醇的情況	
評估從醬料攝取氯丙醇的情況	
攝取氯丙二醇的總量	
風險特徵描述	15
攝取量評估研究的局限	17
結論及建議	18
參考文件	20
附件：食物的氯丙醇含量	22

風險評估研究
第二十九號報告書

中學生從食物攝取氯丙醇的情況

摘要

這項研究測試多種食物中氯丙醇 – 即氯丙二醇和二氯丙醇的含量，以及估計香港中學生從食物中攝取上述兩種氯丙醇的情況，並根據現有數據評估氯丙醇對健康帶來的風險。

我們利用二零零零年香港中學生食物消費量調查所得的食物消費量數據，以及從本港市面抽取食物樣本的氯丙二醇和二氯丙醇含量資料，估計從食物攝取氯丙醇的情況。氯丙二醇和二氯丙醇的化驗分析工作由食物安全中心食物研究化驗所進行。

攝取量一般和攝取量偏高的中學生，估計每天從膳食中攝取氯丙二醇的分量，按每公斤體重計算，分別是 0.063 至 0.150 微克，以及 0.150 至 0.300 微克。兩者均低於聯合國糧食及農業組織 / 世界衛生組織聯合食物添加劑專家委員會所定的暫定最高每日可容忍攝入量（即按每公斤體重計算 2 微克），並且低於此安全參考值的 20%。攝取量一般和攝取量偏高的中學生，每天從膳食中攝取二氯丙醇的分量，按每公斤體重計算，分別是 0.003 至 0.019 微克，以及 0.009 至 0.040 微克。計算出的暴露限值對人體健康的影響不大。

這項研究的結論是，不論攝取量屬一般還是偏高的中學生，出現氯丙二醇和二氯丙醇嚴重毒性的機會均不大。

研究結果亦顯示，“穀類及穀類製品”類食物，特別是即食麩，是攝取氯丙二醇的主要膳食來源，這可能因為一般即食麩的湯粉含有加酸水解植物蛋白作配料。由於這項研究並未有估計從進食這些湯所攝取的氯丙二醇分量，如連湯進食即食麩，預期氯丙二醇的攝取量會較高。此外，“肉類、家禽及有關製品”類食物，特別是香腸，是攝取二氯丙醇的主要膳食來源。

業界應在技術可行的情況下盡量降低食物中氯丙醇的含量。市民亦應注意飲食均衡，以免因偏食幾類食物，導致過量攝取氯丙醇。

中學生從食物中攝取氯丙醇的情況

目的

這項研究測試多種食物中氯丙醇－氯丙二醇和二氯丙醇的含量，以及估計香港中學生可能從膳食中攝取這兩種氯丙醇的情況，並根據估計數據評估氯丙醇對健康帶來的風險。

引言

2. 世界各地近年越來越關注氯丙醇（又稱氯化丙醇）。自從一九九九年英國漁農業及糧食部（**Ministry of Agriculture, Fisheries and Food**）在一項有關醬油的研究中，發現一些本地牌子的醬油含有氯丙二醇，這類化學品便在香港特區引起注意。¹

3. 某些氯丙醇（包括氯丙二醇和二氯丙醇）原被指為是用作鮮味配料的加酸水解植物蛋白中的污染物，這些污染物是使用鹽酸處理脫脂植物蛋白而產生。由於加酸水解植物蛋白的應用廣泛，很多食物也被發現含氯丙二醇和二氯丙醇，特別是醬料和調味品，例如醬油和蠔油。此外，加熱處理（如烘焗穀類製品）和其他加工或貯存的情況下都會令食物產生氯丙二醇和二氯丙醇，至於確實的產生過程則尚未洞悉。^{2,3,4}

4. 食物安全當局為釋除人們對氯丙醇可能影響食物安全的疑慮，曾就食物所含的氯丙醇進行毒性評估和膳食研究。在二零零一年，聯合國糧食及農業組織／世界衛生組織聯合食物添加劑專家委員會（**JECFA**）（下稱“專家委員會”）對氯丙二醇和二氯丙醇進行安全評估，並於二零零六年再評估這兩種污染物。食品法典委員會自二零零零年起討論氯丙醇，並建議制訂相關的標準和守則。此外，多個地區的食物當局，如歐洲委員會⁵的成員國和澳洲⁶，不斷蒐集不同食物的氯丙醇含量數據，並估計從食物攝取氯丙醇的情況。

5. 食環署自一九九九年起，把測試氯丙二醇納入日常的食物監察計劃，並把須採取行動的指標定為每公斤 1 毫克。食環署於二零零二年和二零零四年，聯同消費者委員會分別就醬油，以及蠔油和相關製品的氯丙二醇含量進行特別研究。結果顯示所有樣本的氯丙二醇含量均低於行動指標。^{7,8}由於缺乏其他食物的氯丙醇含量數據，因而未能估計從膳食方面的攝取情況，以及對本港市民健康帶來的風險。因此，我們需要研究食物的氯丙醇含量，並結合食物消費量資料，以探討本地的情況。

危害識別

氯丙二醇

6. 氯丙二醇又名氯乙醇、氯甘油、3-氯-1,2-丙二醇和1-氯丙烷-2,3-二羥基丙烷。⁴ 很多食品經由下述途徑和過程產生氯丙二醇：

加酸水解法

7. 氯丙二醇最為人熟知的產生途徑是使用濃鹽酸來水解植物蛋白。原材料通常來自大豆粉、大豆粗粉、小麥、粟米、油菜籽粗粉和馬鈴薯。研究已證實鹽酸及原材料中的三酰甘油、磷脂和甘油是氯丙醇的前體。⁴

8. 研究並發現，經過加酸處理或加入加酸水解植物蛋白的液態調味品（如醬油、蠔油和魚露等）含有氯丙二醇。其他可能含有加酸水解植物蛋白的食品，如即食麵、蒜粉、混合香料、湯粉、肉湯、醬料和肉汁、零食（如薯片），以及混合食品（如漢堡包）等，均曾被發現含有氯丙二醇。⁴

加熱處理

9. 研究發現，多種不含加酸水解植物蛋白的食物也含有氯丙二醇。脂肪和氯化鈉在一般加熱過程中（如烤焗、燒烤和烘焙）有助產生氯丙二醇。研究最多的是烘製麵包的加熱過程。在加熱過程中，影響氯丙二醇產生的因素包括水分的含量、溫度、酸鹼度，以及食物所含的脂肪酸酯和添加劑的種類。有關食物如果是水分含量低而含有甘油、水分含量高而含有卵磷脂、含有氯丙二醇單脂肪酸酯或氯丙二醇雙脂肪酸酯、溫度超過攝氏 170 度、含有麵粉改良劑（如二乙酰酒石酸和甘油脂肪酸酯）等，都有助產生氯丙二醇。另一方面，食物的酸鹼度較高（酸鹼值超過 6）和含有碳酸氫鈉，則可抑制氯丙二醇的形成。不過，烤焗食品的丙烯酰胺含量會隨着酸鹼值上升而增加。⁴

氯丙二醇脂肪酸酯

10. 最近的研究發現，多種食物如醃製橄欖、烘焙咖啡和生咖啡豆、薄脆麵包、蘇打餅乾、薯片和炸薯條、沙樂美腸、某些火腿、煙燻和醃製魚產品，以及一些乳酪，均含有氯丙二醇脂肪酸酯（即結合氯丙二醇）。研究顯示食物在某些處理情況下，如烤焗過程中烤焗級脂肪酶進行的酶水解作用，會釋放氯丙二醇。⁴

環氧氯丙烷基樹脂

11. 有些食物中的氯丙二醇，可能是從含有某些環氧氯丙烷基樹脂的紙張和纖維物料，例如腸衣、茶包和咖啡濾紙，轉移至食物中。⁴

其他途徑

12. 多種煙燻食物也被發現含氯丙二醇，研究人員仍在研究影響氯丙二醇在這些食物產生的原因，而氯丙二醇在不同食物產生的確實過程仍未能洞悉。雖然有報告指出沙樂美腸的氯丙二醇含量高達每公斤 29 毫克，但其成分不含加酸水解植物蛋白，亦沒有證據證明在貯存時有脂質水解作用把氯丙二醇從其酯類釋放出來。⁴

其他種類的氯丙醇

13. 另一種常見的氯丙醇是二氯丙醇。有報告指，食物成分中的加酸水解植物蛋白、醬油及相關食品的二氯丙醇含量，一般比氯丙二醇低。除醬料外，煮熟的碎牛肉、火腿和香腸亦被檢測到含氯丙二醇和二氯丙醇。不過，生的碎牛肉、火腿和腸肉只含有二氯丙醇。因此，二氯丙醇的產生途徑應不單只有一種，確實的過程仍在探討中。^{4,6}

危害特徵描述

14. 專家委員會^{2,3}已評估兩種最受關注的氯丙醇（即氯丙二醇和二氯丙醇）的安全性。其他種類的氯丙醇毒性，包括氯丙二醇脂肪酸酯，則仍未確定。氯丙二醇和二氯丙醇的安全性綜述如下。

氯丙二醇

動力學及新陳代謝

15. 研究發現氯丙二醇廣泛分布在體液中，並可越過血腦屏障和血睪屏

障。經腹膜注射後，大約 30% 的氯丙二醇會以二氧化碳形式呼出，8.5% 以原形排出體外。研究亦發現，氯丙二醇與穀胱甘肽結合後可解除毒性，其後形成草酸。另一方面，有足夠證據顯示氯丙二醇這種鹵化醇，可能會進行微生物酶反應而形成縮水甘油，而縮水甘油在體外和體內的測試均顯示有基因毒性。²

急性效應

16. 有報告指出，大鼠食入氯丙二醇的半數致死量(LD₅₀)，按動物每公斤體重計算，是 150 毫克。²

基因毒性和致癌性

17. 大部分體外測試顯示氯丙二醇具有基因毒性，而體內測試則顯示氯丙二醇無基因毒性。因為測試所用的氯丙二醇含量十分高，專家委員會質疑這些體外測試結果是否恰當。專家委員會的結論是，如體外測試所用的氯丙二醇含量低於致毒水平，則無基因毒性；至於體內的測試結果亦顯示無基因毒性。²

18. 雖然一項動物研究發現，氯丙二醇與一些器官出現良性腫瘤的機會增加有關，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。²

其他慢性效應

19. 研究發現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。體外測試亦顯示，氯丙二醇與銅離子產生協同作用，令人類精子的活動能力減低²。

安全參考值

20. 專家委員會根據大鼠腎小管增生的最低作用劑量 (LOEL) (即按每公斤體重計算每日 1.1 毫克)，以及安全系數 500 (在推斷不同動物品種及同一品種之間的差別時須使用安全系數 100，要計及由最低作用劑量至最大無作用劑量 (NOEL) 的差別須另使用安全系數 5)，把氯丙二醇的暫定每日最高可容忍攝入量訂為按每公斤體重計算每日 2 微克。² 專家委員會在二零零六年重新評估時仍然採用上述暫定每日最高可容忍攝入量。⁹

二氯丙醇

動力學及新陳代謝

21. 有關二氯丙醇動力學及新陳代謝的研究有限。在動物身上進行的研究發現，二氯丙醇的口服劑量約有 5% 或以下經尿液排出；二氯丙醇亦會與穀胱甘肽結合，其後形成草酸。³

急性效應

22. 有報告指出，大鼠食入二氯丙醇的半數致死量，按動物每公斤體重計算，是 120 至 140 毫克。³

基因毒性和致癌性

23. 專家委員會在二零零一年指出，多個細菌和哺乳類動物的體外測試顯示，二氯丙醇明顯會產生基因突變和具有毒性。至於對哺乳類生物或人類的影響，則沒有這方面的數據。至於二氯丙醇的致癌性，一項動物研究顯示，二氯丙醇增加大鼠至少三種獨立組織出現良性和惡性腫瘤的機會。³

其他慢性效應

24. 二氯丙醇會影響大鼠的腎臟和肝臟；報告指人類於工作時攝入二氯丙醇，會令肝細胞受毒害。³

安全參考值

25. 專家委員會在二零零一年的結論是，鑑於二氯丙醇毒性的性質，估計其可容忍攝入量並不恰當。³專家委員會在二零零六年指出，致癌性是二氯丙醇的關鍵效應，亦不排除二氯丙醇含基因毒性。經過劑量反應模型試驗分析致癌劑量反應數據後，得出誘發 10% 的腫瘤發生率基準劑量可信限的低側值(BMDL₁₀)^a，按每公斤體重計算，是每日 3.3 毫克。專家委員會在二零零六年就二氯丙醇的估計攝取量進行風險評估時，是以上述數值來計算其暴露限值 (MOE)^b。⁹

^a 基準劑量可信限的低側值 (BMDL) 是預定反應水平 (通常是與人體健康有關的致癌反應)，稱為基準劑量反應，例如 5 至 10% 的腫瘤發生率基準劑量可信限的低側值。此數值可作為描述含基因毒性和致癌化學物危害特徵的起始點；當現有數據適合用作劑量反應模型時，亦可作為有關研究的起始點。

^b 暴露限值 (MOE) 是基準劑量可信限的低側值與有關化合物的估計人體攝取量的比率，用作釐定各種含基因毒性和致癌的污染物在進一步風險管理工作中的優先次序。

攝取量評估

評估從醬料以外食物攝取氯丙醇的情況

研究範圍

26. 為評估從醬料以外食物攝取氯丙二醇和二氯丙醇的情況，這項研究包括八個主要食物類別，即(i)穀類及其製品；(ii)蔬菜及其製品、(iii)水果；(iv)魚類、介貝類及其製品；(v)肉類、家禽及其製品；(vi)蛋類及其製品；(vii)乳製品，以及(viii)零食。根據上述各類食物的氯丙二醇和二氯丙醇含量和食物消費量模式，相關食物被選出作研究。

研究方法

食物消費量數據

27. 這項研究所使用的食物消費量數據，摘錄自食環署在二零零零年進行香港中學生食物消費量調查所得結果。該項調查以分層三段抽樣法進行，抽樣範圍差不多遍及全港所有中學，當中包括 472 間中學，以及超過 38 萬名學生。參與調查的 967 名學生來自 27 間中學。學校回應率為 77%，學生回應率則為 96%。參與調查的學生，平均體重是 52.0 公斤。¹⁰

抽取樣本方法

28. 這項研究根據上述八個食物類別從本地市面蒐集食物樣本。所選食品是根據食物消費量調查的結果，以及含氯丙二醇和二氯丙醇的可能性。每種食品從不同來源隨機蒐集三個樣本進行化驗分析。

化驗分析

29. 準備樣本和化驗分析工作由食物安全中心食物研究化驗所負責。所有食物樣本都是以可供食用的狀態來處理和分析，以便更能準確地評估氯丙二醇和二氯丙醇的可能攝取量。因為我們欠缺進食即食麵的湯的消費量數據，所有即食麵樣本在根據食物標籤上食用方法烹煮後，其湯會被棄掉，而經烹煮的即食麵樣本會再作處理。另一方面，由於氯丙二醇或會在食物加熱時產生，因此牛肉、豬肉、雞肉和魚樣本都分別經過蒸和煎的步驟，來模擬在低溫（即煮、蒸、燜等）和高溫（即炸、烤、紅燒等）烹調過程中可能產生的氯丙二醇含量。在估計從食物攝取氯丙醇時，我們是根據食物消費量調查¹⁰所得的數據，按該類食物普遍使用的烹調方法比例，大概估計其氯丙醇含量。

30. 經處理的食物樣本會首先用濃縮的氯化鈉溶液來提取氯丙二醇和二氯丙醇，然後採用液-液萃取法加以分離和淨化。部分濃縮樣本提取物用七氟丁酰咪唑進行衍生，然後以氣相色譜-質譜聯用儀分析。氯丙二醇和二氯丙醇的檢測限，分別是每公斤 2.5 微克（十億分率）和 0.5 微克（十億分率）。這項研究所採用的檢測限，與世界各地用以評估從食物攝取氯丙二醇含量的檢測限相若，並較澳洲所採用的檢測限為低。⁶

31. 如分析值低於檢測限，食物樣本中氯丙二醇和二氯丙醇含量的真值可能介乎零與檢測限值之間。當某個食物類別的大部分分析結果都低於檢測限時，如何處理這些結果尤其重要。雖然把所有分析值低於檢測限的樣本的氯丙二醇和二氯丙醇含量假設為零並不恰當，但把檢測不到氯丙二醇和二氯丙醇的樣本設定為檢測限值，則會過分高估從食物攝取氯丙二醇和二氯丙醇的含量。在這項研究中，所有低於檢測限的分析值，都會按照世界衛生組織（下稱“世衛”）就評估食物中低含量污染物所提出的建議來處理。¹¹

估計從食物攝取氯丙醇的情況

32. 我們綜合研究食物消費量數據和個別食物的氯丙二醇和二氯丙醇含量，得出每天從該食物攝取的氯丙二醇和二氯丙醇含量。把從所有食物攝取氯丙二醇和二氯丙醇的含量相加後，便得出每名中學生的總攝取量。每天攝取量的平均值代表攝取量屬一般的中學生，而每天攝取量是在第 95 位百分位的則代表攝取量偏高的中學生。

33. 接著，氯丙二醇的估計攝取量會與專家委員會所定的暫定每日最高可容忍攝入量比較；至於二氯丙醇，則把其估計的攝取量連同專家委員會所建議的誘發 10% 腫瘤發生率基準劑量可信限的低側值，來計算暴露限值。

攝取量評估結果

食物消費量數據

34. 八種食物類別的食物消費量數據載於表 1。

表 1：中學生食物消費量模式

食物類別	平均消費量 (克／每天)
穀類及其製品	493.2
蔬菜及其製品	313.6
水果	310.2
魚類、介貝類及其製品	121.7
肉類、家禽及其製品	187.0
蛋類及其製品	14.1
乳製品	142.6
零食	26.7

食物的氯丙醇含量

35. 我們共抽取了 318 個食物樣本，測試氯丙二醇和二氯丙醇的含量。每個食物類別的測試結果載於表 2，個別食物樣本的測試結果則載於附件。

表 2：食物的氯丙二醇和二氯丙醇含量

食物類別	樣本 數目	氯丙二醇			二氯丙醇		
		檢測到氯 丙二醇的 樣本數目	檢測到氯 丙二醇的 樣本百分 比	含量範圍 (微克／公斤)	檢測到二 氯丙醇的 樣本數目	檢測到二 氯丙醇的 樣本百分 比	含量範圍 (微克／公斤)
穀類及其製品	57	31	54	<檢測限~23	0	0	-
蔬菜及其製品	39	0	0	-	0	0	-
水果	21	0	0	-	0	0	-
魚類、介貝類 及其製品	66	15	23	<檢測限~33	9	14	<檢測限~6.0
肉類、家禽及 其製品	87	46	53	<檢測限~32	6	7	<檢測限~9.5
蛋類及其製品	12	0	0	-	0	0	-
乳製品	12	0	0	-	0	0	-
零食	24	9	38	<檢測限~66	0	0	-
總數	318	101	31		15	5	

氯丙二醇和二氯丙醇的檢測限分別是每公斤 2.5 微克（十億分率）和 0.5 微克（十億分率）。

36. “穀類及其製品”、“魚類、介貝類及其製品”、“肉類、家禽及其製品”，以及“零食”的食物類別被檢到氯丙二醇，但在“蔬菜及其製品”、“水果”、“蛋類及其製品”和“乳製品”類食物中卻檢測不到。另一方面，只有“肉類、家禽及其製品”和“魚類、介貝類及其製品”的食物類別中檢測到少量二氯丙醇，其他食物類別則沒有。研究並沒有發現氯丙二醇和二氯丙醇的產生是有關聯的。

37. 根據世衛就評估食物中低含量污染物所提出的建議，¹¹ 如超過 60% 但低於或有 80% 測試結果的含量低於檢測限，而當中至少有 25 項測試結果可量化，所使用的兩個估量值是 0 和檢測限值。如超過 80% 的測試結果含量低於檢測限，也可使用上述建議。在這項研究中，68% 的氯丙二醇和 85% 的二氯丙醇測試結果均低於檢測限值。因此，氯丙二醇和二氯丙醇在每個食物類別的含量，以及從食物攝取這兩種污染物的估量均以含量範圍來註明。上限是把低於檢測限值的分析值設定為檢測限值；下限則把低於檢測限值的分析值設定為零。

從膳食攝取氯丙二醇的情況

38. 攝取量一般的中學生每天從膳食攝取氯丙二醇的分量，按每公斤體重計算，估計是 **0.058 至 0.139 微克**。“穀類及穀類製品”是攝取氯丙二醇的主要膳食來源，佔總攝取量的 40 至 56%。從不同食物類別攝取氯丙二醇的情況載於表 3。

表 3： 攝取量一般的中學生每天從食物攝取氯丙二醇的分量(微克 / 每公斤體重)(佔總攝取量的百分比)

食物類別	下限	上限
穀類及穀類製品	0.032 (56%)	0.055 (40%)
蔬菜	0.000 (0%)	0.019 (14%)
水果	0.000 (0%)	0.019 (13%)
魚類、介貝類及其製品	0.002 (4%)	0.009 (6%)
肉類、家禽及其製品	0.021 (36%)	0.024 (17%)
蛋類及其製品	0.000 (0%)	0.001 (1%)
乳製品	0.000 (0%)	0.009 (6%)
零食	0.002 (4%)	0.003 (2%)
總數	0.058	0.139

39. 我們進一步分析，以評估攝取量偏高的中學生可能面對的風險。我們以中學生攝取量在第 95 位百分位的代表攝取量偏高，他們每天從膳食攝取氯丙二醇的分量，按每公斤體重計算，估計是 **0.147 至 0.289 微克** (表 4)。

表 4： 中學生每天從醬料以外的其他食物攝取氯丙二醇的分量與專家委員會訂定的暫定每日最高可容忍攝入量比較 (微克 / 每公斤體重) (佔暫定每日最高可容忍攝入量的百分比)

暫定每日最高可容忍攝入量	攝取量一般的中學生	攝取量偏高的中學生
2	0.058 (3%) ~ 0.139 (7%)	0.147 (7%) ~ 0.289 (14%)

從膳食攝取二氯丙醇的情況

40. 攝取量一般的中學生每天從食物攝取二氯丙醇的分量，按每公斤體重計算，估計是 **0.003 至 0.019 微克**。“肉類、家禽及其製品”是二氯丙醇攝取量下限的主要膳食來源，而“穀類及其製品”則是攝取上限的主要來源。從不同食物類別攝取二氯丙醇的情況載於表 5。

表 5： 攝取量一般的中學生每天從膳食攝取二氯丙醇的分量 (微克 / 每公斤體重) (佔總攝取量的百分比)

食物類別	下限	上限
穀類及其製品	0.000 (0%)	0.005 (26%)
蔬菜及其製品	0.000 (0%)	0.003 (17%)
水果	0.000 (0%)	0.003 (16%)
魚類、介貝類及其製品	0.001 (24%)	0.002 (10%)
肉類、家禽及其製品	0.002 (76%)	0.004 (21%)
蛋類及其製品	0.000 (0%)	0.000 (1%)
乳製品	0.000 (0%)	0.002 (8%)
零食	0.000 (0%)	0.000 (2%)
總數	0.003	0.019

41. 中學生攝取量在第 95 位百分位的被用作代表攝取量偏高，每天從食

物攝取二氯丙醇的分量，按每公斤體重計算，估計是 **0.009 至 0.040 微克**。

評估從醬料攝取氯丙醇的情況

氯丙二醇

42. 文獻顯示，醬油和蠔油是一般人（特別是亞洲人）攝取氯丙二醇的主要膳食來源。從醬油和蠔油攝取氯丙二醇的分量，是根據下述的假定來估計。

醬油和蠔油的氯丙二醇含量

43. 食環署早前聯同消費者委員會進行的研究中，發現醬油的氯丙二醇平均含量，為每公斤 7 微克（下限）至 16 微克（上限），最高的含量為每公斤 260 微克。至於蠔油，氯丙二醇的含量則為每公斤 3 微克（下限）至 5 微克（上限），最高的含量為每公斤 29 微克。^{7,8}

醬料的食用消費量模式

44. 現有關於醬料及調味品在香港消費量模式的數據有限^c。專家委員會曾報稱，日本的人均食用醬油量約為每人每日 30 克（此數值被視為估計過高），而根據與日本國際食品研究協會電郵所得的資料，二零零一年在日本市場出售的醬油共 771 286 千升（即每人每日約消耗 17 毫升的醬油）。據報，國內城市居民二零零二年食用醬油量平均為每日 10.7 克。¹²

45. 由於沒有食用蠔油的資料，現假定食用蠔油的分量約為醬油的一半。

從膳食攝取氯丙二醇的情況

46. 我們根據醬油及蠔油的氯丙二醇平均含量，估計一名體重 52 公斤的中學生因進食醬油及蠔油而攝取氯丙二醇的平均分量。至於偏好某品牌產品的消費者從醬油中可能攝取氯丙二醇的分量，我們是根據醬油及蠔油氯丙二醇的最高含量來估計（表 6）。

^c 根據香港特區政府統計處公布有關香港商品貿易統計的資料，共有 2 336 281 公斤醬油進口香港，另有 372 922 公斤從香港出口/轉口。不過，由於缺乏本地醬油產量的資料，因此無法提供醬油在香港的確實消費量模式或在本港零售的數量。

表 6. 中學生每天從醬油及蠔油攝取氯丙二醇的分量（微克 / 每公斤體重）（佔暫定每日最高可容忍攝入量的百分比）

	平均攝取量		偏好某品牌產品的 中學生的最高攝取量
	下限	上限	
情況 1 - 醬油：30 克 蠔油：15 克	0.005 (0.2%)	0.011 (0.5%)	0.158 (7.9%)
情況 2 - 醬油：10.7 克 蠔油：5.4 克	0.002 (0.1%)	0.004 (0.2%)	0.057 (2.8%)

47. 即使在最極端的情況，即一名體重 52 公斤偏好某品牌產品的中學生每天食用 30 克醬油及 15 克蠔油，他每天攝取氯丙二醇的估計分量，按每公斤體重計算計算為 0.158 微克，未及暫定每日最高可容忍攝入量的 8%。

48. 在這項研究中，我們會把情況 1 得出的估計平均攝取量，聯同醬油及蠔油以外的其他食物的估計平均攝取量，粗略估計從膳食中攝取氯丙二醇的整體分量（見第 50 段）。這些數值可能會被高估，因為情況 1 所採用的是報稱最高醬料的食用消費量模式。

二氯丙醇

49. 一般市民如食用醬油，醬油則被認為是攝取二氯丙醇的其中一種主要膳食來源。然而，由於香港欠缺醬油的二氯丙醇含量數據，因此未能估計從醬料攝取二氯丙醇的分量。

攝取氯丙二醇的總量

50. 攝取量一般和偏高的中學生，每天從食物攝取氯丙二醇的分量，按每公斤體重計算，估計分別是 0.063 至 0.150 微克，以及 0.152 至 0.300 微克（表 7）。

表 7：中學生每天從膳食攝取氯丙二醇的總量與專家委員會訂定的暫定每日最高可容忍攝入量比較（微克 / 每公斤體重）（佔暫定每日最高可容忍攝入量的百分比）

攝取來源	攝取量一般的中學生	攝取量偏高的中學生
醬料以外的食物	0.058 (3%) ~ 0.139 (7%)	0.147 (7%) ~ 0.289 (14%)
醬油和蠔油	0.005 (0.2%) ~ 0.011 (0.5%)	0.005 (0.2%) ~ 0.011 (0.5%)
總攝取量	0.063 (3%) ~ 0.150 (8%)	0.152 (8%) ~ 0.300 (15%)

風險特徵描述

氯丙二醇

從膳食攝取氯丙二醇的情況

51. 攝取量一般和偏高的中學生，每天從膳食攝取氯丙二醇的分量，按每公斤體重計算，估計分別是 0.063 至 0.150 微克，以及 0.152 至 0.300 微克，即分別佔暫定每日最高可容忍攝取量的 3% 至 8%，以及 8% 至 15%，低於專家委員會所定的暫定每日最高可容忍攝入量。

52. 根據上述估計，攝取量一般和偏高的中學生受氯丙二醇毒性影響的機會不大。

主要膳食來源

53. 這項研究結果顯示，“穀類及穀類製品”是攝取氯丙二醇的主要膳食來源，其次是“肉類、家禽及其製品”。雖然早前有報告指醬料是攝取氯丙二醇的主要膳食來源，但在這項研究中，醬料只佔從膳食攝取氯丙二醇總量的 7% 至 8%，低於從“穀類及穀類製品”和“肉類、家禽及其製品”的攝取量。

54. 在檢測到氯丙二醇含量的“醬料以外的食物”中，即食麩是從膳食中攝取氯丙二醇的最大來源，即按每公斤體重計算，每日 0.012 微克，高於從醬油及蠔油的攝取量。原因可能是即食麩的氯丙二醇含量較高（平均每公斤 18 微克）、香港中學生的進食模式，以及即食麩的湯粉或含加酸水解植物蛋白作加強鮮味的材料。由於這項研究並未有估計從進食這些湯所攝取的氯丙二醇分量，如連湯進食即食麩，預期攝取量會較高。

55. 另一方面，除醬油外，“零食”類食物中的紫菜，其氯丙二醇含量據報是最高（平均每公斤 56 微克）。不過，中學生進食紫菜的分量較少，因此紫菜佔氯丙二醇的總膳食攝取量不足 1%。即食紫菜可能含加酸水解

植物蛋白作為加強鮮味的材料。

二氯丙醇

從膳食攝取二氯丙醇的情況

56. 攝取量一般和偏高的中學生，每天從膳食攝取二氯丙醇的分量，按每公斤體重計算，估計分別是 0.003 至 0.019 微克，以及 0.009 至 0.040 微克；根據誘發 10% 腫瘤發生率基準劑量可信限的低側值，即按每公斤體重計算每天為 3.3 毫克，攝取量一般的中學生的暴露限值由 174 000 至 1 100 000 不等，而攝取量偏高的在 84 000 至 355 000 之間。這些暴露限值顯示，攝取量一般或偏高的中學生攝取的二氯丙醇估計分量，對人體健康影響不大。

表 8： 中學生每天從膳食攝取二氯丙醇的暴露限值

誘發 10% 腫瘤發生率		
基準劑量可信限的低側值	攝取量一般的中學生	攝取量偏高的中學生
(毫克/每公斤體重)		
3.3	17 4000 ~ 1 100 000	84 000 ~ 355 000

主要膳食來源

57. 這項研究結果顯示，攝取二氯丙醇（下限）的主要膳食來源是“肉類、家禽及其製品”，而攝取二氯丙醇（上限）的主要膳食來源是“穀類及其製品”。不過，應注意的是，在“穀類及其製品”類食物中，所有食物都檢測不到二氯丙醇。“穀類及穀類製品”成為從膳食中攝取二氯丙醇上限估量的主要來源，可能是由於中學生多進食“穀類及其製品”，以及二氯丙醇含量在其他檢測到此物質的食物樣本偏低。另外，二氯丙醇的檢測限也可能影響從膳食攝取二氯丙醇的估計分量。不過，這項研究所採用的檢測限，與世界各地用以評估從食物攝取二氯丙醇含量的檢測限相若，並較澳洲採用的檢測限為低。

58. 在“肉類、家禽及其製品”類食物中，只有香腸及燒肉檢測到二氯丙醇。雖然燒肉的二氯丙醇含量最高（平均每公斤 9.3 微克），但由於中學生進食的分量較少，香腸便成為攝取二氯丙醇的最大膳食來源，佔從膳食攝取二氯丙醇總量的 11%（上限）至 67%（下限）。與其他外國研究結果不同的是，這項研究沒有從碎牛肉及火腿樣本中檢測到二氯丙醇。⁴

與外國研究結果比較

59. 世界各地進行從膳食中攝取氯丙二醇及二氯丙醇的研究結果的摘要載列在表 9。

表 9. 氯丙二醇及二氯丙醇平均每日攝取量比較(微克 / 每公斤體重)

地方	氯丙二醇	二氯丙醇
澳洲 ⁶	0.16-0.20*	0.012-0.041*
丹麥 ⁵	0.101*	沒有數據
芬蘭 ⁵	0.200*	沒有數據
法國 ⁵	0.107*	沒有數據
香港	0.063-0.150 [†]	0.003-0.019 [‡]
愛爾蘭 ⁵	0.196*	沒有數據
荷蘭 ⁵	0.158*	沒有數據
瑞典 ⁵	0.047*	沒有數據
英國 ¹³	0.10 [‡]	沒有數據

* 從各種食物（包括醬油及蠔油）攝取氯丙二醇的估計分量。

† 香港人攝取氯丙二醇及二氯丙醇的數據節錄自這項研究。

‡ 數據取自二零零一年的總膳食研究，但沒有清楚標明從醬料及有關製品所攝取的分量是否包括在內。

60. 我們在這項研究中估計從膳食攝取氯丙二醇的分量，與其他國家的研究估計大致相若，而從膳食攝取二氯丙醇的分量（沒有計及從醬料所攝取的），則比澳洲的研究估計為低。以上比較有助讀者粗略了解香港與世界各地的情況。不過，在直接比較不同研究的數據時必須小心，因為這些研究有許多不同的地方：包括進行日期、研究方法、食物分類法（特別是有否把從醬料和調味品所攝取的分量包括在內）、如何蒐集食物消費量數據、分析氯丙二醇的方法，以及如何處理在檢測限以下的分析結果。

攝取量評估研究的局限

61. 蒐集食物消費量數據的方法，或會影響評估從膳食攝取氯丙醇的準確程度。食物消費量調查是使用食物頻率問卷，蒐集中學生食物消費量模式的資料。雖然問卷內容十分全面，但始終未能涵蓋每一種食物，而

其中有些可能是與攝取氯丙醇的情況有關，特別是醬料和調味品、即食麵的湯等。此外，我們現時只有中學生食物消費量模式的數據。

62. 我們就每種食物蒐集三個樣本進行化驗，雖然這項研究已採取了約300個樣本，但是如果每種食物有更多樣本化驗，更能準確評估該種食物的氯丙二醇和二氯丙醇平均含量。不過，我們要考慮所需資源和擬包括的食物種類數目。

63. 另一方面，由於缺乏醬料的二氯丙醇含量數據，因此，這項研究有關從膳食中攝取二氯丙醇的評估並不全面。

結論及建議

64. 攝取量一般和偏高的中學生，估計每天從膳食中攝取氯丙二醇的分量，按每公斤體重計算，分別是0.063至0.150微克，以及0.152至0.300微克。兩者均低於專家委員會所訂定的安全參考值（即少於暫定每日最高可容忍攝取量的20%）。因此，這項研究的結論是，不論攝取量屬一般還是偏高的中學生，受氯丙二醇毒性影響的機會均不大。

65. “穀類及穀類製品”類食物，特別是即食麵，是從膳食中攝取氯丙二醇的主要來源。

66. 攝取量一般和偏高的中學生，估計每天從膳食中攝取二氯丙醇的分量，按每公斤體重計算，分別是0.003至0.019微克，以及0.009至0.040微克。計算出的暴露限值對人體健康影響不大。

67. 在檢測到二氯丙醇的食物類別中，“肉類、家禽及其製品”類，特別是香腸，是從膳食中攝取二氯丙醇的主要來源。

68. 我們先前的研究和定期進行的監察計劃顯示，本地業界由一九九九年，已盡力減低醬料及調味品的氯丙醇含量。不過，業界仍須繼續遵守優良的製造規範，在技術的可行情況下盡量減低食物的氯丙醇含量。一般而言，要減低加酸水解植物蛋白中氯丙二醇的形成，方法主要有三個：(i)審慎監控加酸水解的步驟；(ii)繼而中和的步驟以減低氯丙二醇的形成，以及(iii)以硫酸取代鹽酸進行水解作用。¹⁴

69. 食品法典委員會現正制訂一套有關在生產加酸水解植物蛋白及含加

酸水解植物蛋白產品的過程中減少氯丙二醇的工作守則。¹⁴雖然估計的攝取量顯示氯丙二醇和二氯丙醇不會對健康造成即時影響，但有需要由業界及學術界進一步探討不含加酸水解植物蛋白的其他食物產生氯丙醇的確實過程，並就如何進一步減低這些污染物含量提出建議。

70. 市民應保持飲食均衡，以免因偏食幾類食物而導致過量攝取化學污染物。

參考文件

¹ UK Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (MAFF). Survey of 3-monochloropropan-1,2-diol (3-MCPD) in soya sauce and similar products. Joint Food Safety and Standard Groups Food Surveillance Information Sheets Number 187. London: MAFF; September 1999. Available from: URL: <http://archive.food.gov.uk/maff/archive/food/infosheet/1999/no187/187soy.htm>

² WHO. 3-Chloro-1,2-propanediol. Safety evaluation of certain food additives and contaminants: WHO food additives series: 48. Geneva: WHO; 2001. [cited 30 Jan 07] Available from: URL: <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v48je18.htm>

³ WHO. 1,3-Dichloro-2-propanol. Safety evaluation of certain food additives and contaminants: WHO food additives series: 48. Geneva: WHO; 2001. [cited 30 Jan 07] Available from: URL: <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v48je19.htm>

⁴ 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.

⁵ European Commission Directorate-General Health and Consumer Protection. Report of experts participating in Task 3.2.9 - collection and collation of data on levels of 3-monochloropropanediol (3-MCPD) and related substances in foodstuffs. Brussels; European Commission; June 2004. Available from: URL: http://ec.europa.eu/food/food/chemicalsafety/contaminants/mcpd_en.htm

⁶ Food Standards Australia New Zealand (FSANZ). Chloropropanols in food – an analysis of the public health risk. Technical report series no. 15. Canberra; FSANZ; October 2003. Available from: URL: <http://www.foodstandards.gov.au/newsroom/technicalreportserie1338.cfm>

⁷ 消費者委員會及食物環境衛生署：〈3 款醬油含污染物氯丙二醇〉，《選擇》，第 310 期 (2002 年 10 月)，頁 22-27。資料來源：網址：
http://www.cfs.gov.hk/english/programme/programme_rafs/programme_rafs.html

⁸ 消費者委員會及食物環境衛生署：〈蠔油、鷄粉可放心食用〉，《選擇》，第 329 期 (2004 年 3 月)。資料來源：網址：
http://www.cfs.gov.hk/english/programme/programme_rafs/programme_rafs.html

⁹ JECFA. Sixty-seventh meeting – summary and conclusions. Rome: FAO; July 2006. Available from: URL: <http://www.who.int/ipcs/food/jecfa/summaries/summary67.pdf>

¹⁰ FEHD. Food Consumption Survey 2000. Hong Kong: FEHD; 2001.

¹¹ WHO. GEMS/Food-EURO Second Workshop on reliable evaluation of low-level contamination of food – report of a workshop in the frame of GEMS/Food-EURO. WHO; May 1995. Available from: URL:

http://www.who.int/foodsafety/publications/chem/lowlevel_may1995/en/index.html

¹² 中華人民共和國衛生部, 中華人民共和國科學技術部, 中華人民共和國國家統計局. 中國居民營養與健康現狀. 北京: 中國疾病預防及控制中心; 2004. 資料來源: 網址: <http://www.chinacdc.net.cn/n272442/n272530/n273736/n273812/n293881/n293888/3748.html>

¹³ UK Food Standard Agency (FSA). Analysis of 3-monochloropropane-1,2-diol (3-MCPD) in the UK diet: 2001 total diet study. Food Survey Information Sheet 75/05. London: FSA; September 2005. Available from: URL: <http://www.food.gov.uk/science/surveillance/fsis2005/fsis7505>

¹⁴ Joint FAO/WHO Food Standards Programme – Codex Committee on Contaminants in Food. Proposed draft code of practice for the reduction of 3-monochloropropane-1,2-diol (3-MCPD) during the production of acid-hydrolysed vegetable proteins (Acid-HVPs) and products that contain acid-HVPs. CX/CF 07/1/14. Rome: Codex Alimentarius Commission; January 2007.

個別食物的氯丙二醇和二氯丙醇含量

食物類別	食物	樣本 數目	氯丙二醇 (微克/公斤)		二氯丙醇 (微克/公斤)	
			檢測數目	含量範圍	檢測數目	含量範圍
穀類 及其製品	米飯	3	0	-	0	-
	粥	3	0	-	0	-
	米粉	3	0	-	0	-
	河粉	3	2	<檢測限~9	0	-
	麥麵	3	0	-	0	-
	即食麵	3	3	14~23	0	-
	白麵包	3	3	8~13	0	-
	麥包	3	3	11~23	0	-
	咸包	3	3	10~20	0	-
	香腸包	3	3	9~10	0	-
	甜包	3	2	<檢測限~8	0	-
	梳打餅	3	3	17~22	0	-
	香蔥薄餅	3	0	-	0	-
	紙包蛋糕	3	3	4~8	0	-
	蛋撻	3	3	8~14	0	-
	蛋卷	3	0	-	0	-
	威化餅	3	0	-	0	-
	百力滋	3	0	-	0	-
	漢堡包	3	3	11~20	0	-
蔬菜 及其製品	菜心	3	0	-	0	-
	芥蘭	3	0	-	0	-
	白菜	3	0	-	0	-
	西蘭花	3	0	-	0	-
	冬瓜	3	0	-	0	-
	節瓜	3	0	-	0	-
	蕃茄	3	0	-	0	-
	馬鈴薯	3	0	-	0	-
	炸薯條	3	0	-	0	-
	紅蘿蔔	3	0	-	0	-
	冬菇	3	0	-	0	-
	醃菜	3	0	-	0	-
水果	豆腐	3	0	-	0	-
	蘋果	3	0	-	0	-
	橙	3	0	-	0	-
	香蕉	3	0	-	0	-
	梨	3	0	-	0	-
	西瓜	3	0	-	0	-
	蜜瓜	3	0	-	0	-
魚類、介貝類 及其製品	哈密瓜	3	0	-	0	-
	蒸紅衫魚	3	0	-	0	-
	煎紅衫魚	3	0	-	0	-
	蒸龍脷魚柳	3	0	-	0	-
	煎龍脷魚柳	3	0	-	0	-

食物類別	食物	樣本 數目	氯丙二醇 (微克/公斤)		二氯丙醇 (微克/公斤)	
			檢測數目	含量範圍	檢測數目	含量範圍
	蒸鯪魚蓉	3	0	-	0	-
	煎鯪魚蓉	3	0	-	0	-
	蒸青斑	3	0	-	0	-
	燒日本鰻魚	3	3	7 ~ 33	0	-
	罐頭吞拿魚	3	0	-	0	-
	生三文魚	3	0	-	0	-
	煎三文魚柳	3	3	5 ~ 7	0	-
	蒸蠔	3	0	-	0	-
	蒸青口	3	0	-	0	-
	蒸蝦	3	0	-	0	-
	煎蝦肉	3	0	-	0	-
	蒸蟹	3	3	3 ~ 9	3	3.5 ~ 5.0
	炒蟹	3	3	3 ~ 10	3	2.5 ~ 6.0
	蒸鹹魚	3	3	9 ~ 21	3	3.0 ~ 3.5
	魚丸	3	0	-	0	-
	墨魚丸	3	0	-	0	-
	滷水墨魚或魷魚	3	0	-	0	-
	以其他方式煮熟的 墨魚或魷魚	3	0	-	0	-
肉類、家禽及 其製品	蒸肉絲	3	0	-	0	-
	炒肉絲	3	3	6 ~ 9	0	-
	蒸碎豬肉	3	0	-	0	-
	炒碎豬肉	3	3	9 ~ 15	0	-
	蒸牛肉絲	3	3	5 ~ 9	0	-
	炒牛肉絲	3	3	9 ~ 32	0	-
	蒸碎牛肉	3	1	<檢測限 ~ 4	0	-
	炒碎牛肉	3	3	9 ~ 14	0	-
	蒸雞	3	0	-	0	-
	炒雞	3	3	4	0	-
	叉燒	3	3	6 ~ 28	0	-
	燒肉	3	3	6 ~ 19	3	9.0 ~ 9.5
	燒鴨 / 鵝	3	2	<檢測限 ~ 7	0	-
	滷水鴨 / 鵝	3	3	11 ~ 14	0	-
	煮熟的豬肝	3	2	<檢測限 ~ 14	0	-
	煮熟的其他豬什臟	3	0	-	0	-
	滷水牛肚	3	0	-	0	-
	滷水牛肺	3	0	-	0	-
	滷水牛膀	3	0	-	0	-
	滷水牛腸	3	0	-	0	-
	豬肉丸	3	0	-	0	-
	牛丸	3	3	4 ~ 6	0	-
	午餐肉	3	2	<檢測限 ~ 9	0	-
	火腿	3	2	0 ~ 22	0	-
	香腸	3	0	-	3	4.5 ~ 5.0
	大紅腸	3	1	0 ~ 27	0	-

食物類別	食物	樣本 數目	氯丙二醇 (微克/公斤)		二氯丙醇 (微克/公斤)	
			檢測數目	含量範圍	檢測數目	含量範圍
	臘腸	3	0	-	0	-
	潤腸	3	3	5 ~ 10	0	-
	臘肉	3	3	9 ~ 15	0	-
蛋類及 其製品	蒸蛋白	3	0	-	0	-
	炒蛋白	3	0	-	0	-
	蒸蛋黃	3	0	-	0	-
	炒蛋黃	3	0	-	0	-
	皮蛋	3	0	-	0	-
	鹹鴨蛋	3	0	-	0	-
乳製品	牛奶	3	0	-	0	-
	乳酪	3	0	-	0	-
	酸乳酪	3	0	-	0	-
	雪糕	3	0	-	0	-
零食	薯片	3	3	6 ~ 11	0	-
	蝦片	3	3	25 ~ 33	0	-
	即食紫菜	3	3	50 ~ 66	0	-
	花生	3	0	-	0	-
	朱古力	3	0	-	0	-
	硬糖果	3	0	-	0	-
	金橘	3	0	-	0	-
	陳皮	3	0	-	0	-

氯丙二醇和二氯丙醇的檢測限分別是每公斤 2.5 微克（十億分率）及 0.5 微克（十億分率）。