

风险评估研究

第 50 号报告书

食物中的氯丙二醇脂肪酸酯

香港特别行政区政府
食物环境卫生署
食物安全中心
2012 年 11 月

本报告书由香港特别行政区政府食物环境卫生署
食物安全中心发表。未经食物安全中心书面许可，
不得翻印、审订或摘录或于其它刊物或研究著作
转载本报告书的全部或部分研究资料。若转载本
报告书其它部分的内容，须注明出处。

通讯处：

香港金钟道 66 号

金钟道政府合署 43 楼

食物环境卫生署

食物安全中心

风险评估组

电子邮箱：enquiries@fehd.gov.hk

目录

	<u>页数</u>
摘要	2
目的	4
背景	4
氯丙二醇和氯丙二醇脂肪酸酯的摄入来源	5
从膳食摄入氯丙二醇脂肪酸酯的情况	6
氯丙二醇和氯丙二醇脂肪酸酯的毒性	6
安全参考值	8
规管工作	8
研究范围	9
研究方法	9
抽样工作	9
化验分析	9
食物消费量数据	10
膳食摄入量评估	10
结果及讨论	11
氯丙二醇脂肪酸酯含量	11
从膳食摄入由氯丙二醇脂肪酸酯释出的氯丙二醇的情况	13
研究的局限	16
结论及建议	17
参考文件	18
附件 1	21
附件 2	24

风险评估研究

第 50 号报告书

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与制造过程中产生的污染物。2006年，联合国粮食及农业组织/世界卫生组织联合食品添加剂专家委员会(下称“专家委员会”)注意到，有报告指出食物含有氯丙二醇脂肪酸酯。近年的研究发现，食物中的氯丙二醇大多以氯丙二醇脂肪酸酯的形式存在，而且许多食物都含有氯丙二醇脂肪酸酯，因此，过去不为人知氯丙二醇脂肪酸酯也是氯丙二醇的来源。

2. 关于食物中的氯丙二醇脂肪酸酯含量，目前各国掌握的数据不多。2010年，食品中污染物法典委员会把氯丙二醇脂肪酸酯列为专家委员会优先处理的项目，以便评估这种化学物的毒性和摄入情况。食物安全中心(下称“中心”)作为世界卫生组织(下称“世卫”)的食物中化学物风险分析合作中心，在2011年至2012年间进行这项研究，以便向世卫提供香港各种食物的氯丙二醇脂肪酸酯含量概况，并评估这种化学物对市民构成的潜在健康风险。

3. 氯丙二醇会影响大鼠的肾脏、中枢神经系统和雄性生殖系统。专家委员会把氯丙二醇的暂定最高每日可容忍摄入量定为每公斤体重2微克，但没有订定氯丙二醇脂肪酸酯的安全参考值。至于氯丙二醇脂肪酸酯本身的形成机制、代谢途径和毒理性质，至今尚未有定论。有报告指出，氯丙二醇脂肪酸酯令人关注的毒性问题，主要是这种化学物在胃肠道的消化过程中可能在体内释出有毒的氯丙二醇。这项研究评估成年人摄入氯丙二醇脂肪酸酯对健康构成的风险时，假设氯丙二醇脂肪酸酯会在消化系统完全水解释出氯丙二醇，并把成年人从膳食摄入由氯丙二醇脂肪酸酯释出的氯丙二醇分量与氯丙二醇的暂定最高每日可容忍摄入量作比较。上述假设或会高估了氯丙二醇的实际膳食摄入量，但欧洲食物安全局认同采用上述假设的做法。由于氯丙二醇的暂定最高每日可容忍摄入量并不适用于12周以下的婴儿，因此，这份研究报告集中探讨成年人进食的各种本地食物中氯丙二醇脂肪酸酯的含量，从而评估这种化学物对成年人构成的潜在健康风险。

4. 经加热处理的食物和精炼油脂(食物本身或作为其它食物的成分)是市民摄入氯丙二醇脂肪酸酯的最主要来源。因此，这项研究集中探讨一些据报氯丙二醇脂肪酸酯含量可能偏高的食物。研究结果显示，在各个食物组别中，“饼干”、“油脂”、“零食”和“中式糕点”的氯丙二醇脂肪酸酯平均含量较高，分别为每公斤440微克、390微克、270微克和270微克。

5. 摄入量一般和摄入量高(第95百分位)的成年人每日从膳食摄入氯丙二醇脂肪酸酯的分量,分别为每公斤体重0.20微克(相等于氯丙二醇暂定最高每日可容忍摄入量的10%)和0.53微克(相等于氯丙二醇暂定最高每日可容忍摄入量的26%)。假设氯丙二醇脂肪酸酯在消化系统完全水解释出氯丙二醇,研究结果显示,摄入量一般和摄入量高的市民受氯丙二醇主要毒性影响的机会都不大。

6. 根据这项研究的结果,纯粹以成年人从膳食摄入氯丙二醇脂肪酸酯的分量来说,并无充分理据建议市民改变基本的健康饮食习惯。市民应保持均衡和多元化的饮食,包括多吃不同种类的蔬果。由于有报告指出精炼食油是氯丙二醇脂肪酸酯的其中一个主要来源,市民可减少进食油脂,以便进一步减低氯丙二醇脂肪酸酯的摄入量。食物业界应研究如何在无损食物质量的情况下,减低精炼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

食物环境卫生署(下称“食环署”)辖下的食物安全中心(下称“中心”)在 2011 年至 2012 年间进行了一项风险评估研究,探讨食物含氯丙二醇脂肪酸酯的情况,以便向世界卫生组织(下称“世卫”)提供香港各种食物的氯丙二醇脂肪酸酯含量概况,并评估这种化学物对本港市民构成的潜在健康风险。

背景

2. 氯丙二醇是某些食物和配料在加工与制造过程(例如加酸水解、烘焙和烧烤等)中产生的污染物。食物中的氯丙二醇以游离(二醇)和结合酯化(与脂肪酸结合)两种形式存在。氯丙二醇最初在加酸水解植物蛋白中发现,其后又在以加酸水解植物蛋白为配料制造的酱油中检出。¹

3. 1999 年,英国前农渔粮食部进行一项有关酱油的研究,发现当地一些牌子的酱油含有氯丙二醇。于是,香港特区便注意到氯丙二醇这种化学物。有见及此,中心联同消费者委员会,分别在 2002 年和 2004 年就酱油以及蚝油和相关食品的氯丙二醇含量进行专项研究。此外,中心在 2007 年进行有关“中学生从食物摄取氯丙醇的情况”的风险评估研究,评估中学生可能从膳食摄入氯丙醇(包括氯丙二醇)的情况。^{2、3、4}

4. 不过,近期的研究显示,许多食物的配方不含加酸水解植物蛋白,例如薯条、多士、咸饼干、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数百倍。这些食物的某些加工过程会产生氯丙二醇。⁵ 2010 年,食品中污染物法典委员会把氯丙二醇脂肪酸酯列为联合国粮食及农业组织/世界卫生组织联合食品添加剂专家委员会(下称“专家委员会”)优先处理的项目,以便评估这种化学物的毒性和摄入情况。中心作为世卫的食物中化学物风险分析合作中心,认为有需要进行研究,检测本地食物的氯丙二醇脂肪酸酯含量,并评估这种化学物对市民构成的潜在健康风险。

氯丙二醇和氯丙二醇脂肪酸酯的摄入来源

氯丙二醇

5. 氯丙二醇是氯丙醇类化学物。在各种食物中，尤其是含有加酸水解植物蛋白的食物，例如酱油、蚝油、鱼露、即食面、蒜粉、混合香料、汤液调味粉、肉汤、酱料和肉汁、零食等，氯丙二醇是最常见的氯丙醇类化学物。^{1、6}

6. 多种含有蛋白质的植物和动物物质与盐酸进行水解后，会产生加酸水解植物蛋白。加酸水解植物蛋白是加工咸味食品和预制食物常用的增味剂和配料。在食品生产过程中加入盐酸进行水解，加酸水解植物蛋白会产生氯丙二醇。此外，水解时盐酸会与原材料的残余脂质和磷脂产生作用，形成氯丙二醇。¹

7. 制造酱油时如以盐酸处理大豆粗粉，虽然相关佐料不含加酸水解植物蛋白，亦可能会产生氯丙二醇。纯粹以发酵方法酿制的酱油通常不含氯丙二醇；即使有，也只属微量。¹

8. 制造纸张(例如茶叶袋、咖啡滤纸、肉类吸水垫)和纤维素肠衣所用的某些环氧氯丙烷基树脂含有氯丙二醇，因此，可能有极微量的氯丙二醇从包装材料迁移到食物和饮品。⁶

氯丙二醇脂肪酸酯

9. 近年的研究发现，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过程的中间物，过去不为人知它也是氯丙二醇的来源。

10. 多种加工食物据报含有氯丙二醇脂肪酸酯，其中包括食油和含有脂肪的食物，例如棕榈油、婴儿奶类代用品、薯条、咸饼干、香肠、多士等。加工食物中的氯丙二醇脂肪酸酯是酯类和氯化物的主要反应产物。在高温加工过程中，脂肪和盐的含量高会加速反应作用。一些研究报告指出精炼食油的氯丙二醇脂肪酸酯含量较高，并提出食油加工的脱臭程序(精炼食油的最后程序，以去除多余的气味和异味)似乎是产生氯丙二醇脂肪酸酯的关键程序。⁵

11. 德国联邦风险评估所指出,以干粉配制的婴幼儿配方粉(脂肪含量约为 25%)含有植物油,有些同时含有动物油。由于配方粉添加的油类必须是无味的,所以添加的差不多全都是精炼油类,含有氯丙二醇脂肪酸酯。⁷ 一项有关婴幼儿食品含有氯丙二醇脂肪酸酯的研究指出,这些食品的氯丙二醇脂肪酸酯含量与脂肪含量成正比,原因是制造商采用的精炼植物油含有氯丙二醇脂肪酸酯,含量则视乎产地和其它因素而定。⁸

12. 一项有关母乳含有氯丙二醇脂肪酸酯的研究发现,12 个母乳样本的氯丙二醇脂肪酸酯平均含量为每公斤 35.5 微克(含量介乎每公斤少于 11 微克至 76 微克不等),并推断母乳中的氯丙二醇脂肪酸酯可能主要来自各种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缩水甘油酯”两个研讨会分别在 2009 年和 2011 年举行,得出的结论是,尽管很多食物并无氯丙二醇酯含量数据,但经加热处理的食物和精炼油脂(食物本身或作为其它食物的成分)显然是人们摄入氯丙二醇脂肪酸酯的最主要来源,特别是各种食物含有的精炼棕榈油,占总摄入量的比重相当大。^{5、10}

从膳食摄入氯丙二醇脂肪酸酯的情况

14. 目前,各国的成年人从膳食摄入氯丙二醇脂肪酸酯的数据不多。假设氯丙二醇脂肪酸酯完全水解释出氯丙二醇,德国联邦风险评估所根据 10 个婴幼儿配方粉样本的检测结果,评估婴幼儿从饮用奶摄入由氯丙二醇脂肪酸酯释出的氯丙二醇分量。以德国联邦风险评估所检测的 10 个样本来说,即饮婴幼儿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。假设婴幼儿的饮奶量为每公斤体重约 160 毫升,估计氯丙二醇脂肪酸酯的摄入量介乎每日每公斤体重 7.3 微克至 25 微克不等(相等于暂定最高每日可容忍摄入量的 365% 至 1250%)。⁷ 不过,德国联邦风险评估所注意到,暂定最高每日可容忍摄入量不适用于只有数月大的初生婴儿,所以难以具体表明婴幼儿配方粉含有氯丙二醇脂肪酸酯会构成的风险程度。

氯丙二醇和氯丙二醇脂肪酸酯的毒性

15. 专家委员会曾在 2001 年评估氯丙二醇的安全性,其后在 2006 年再作评估。不过,有关氯丙二醇脂肪酸酯的毒性,现时数据不多。2006 年,专家委员会表示没有足够数据评估氯丙二醇酯的摄入量或毒性影响,而且氯丙二醇脂肪酸酯并没有安全参考值。有报告指出,令人关注的氯丙

二醇脂肪酸酯的毒性问题，主要是这种化学物在胃肠道的消化过程中可能在体内释出有毒的氯丙二醇。不过，氯丙二醇脂肪酸酯本身的潜在毒理性质、实际去向和代谢作用(例如氯丙二醇脂肪酸酯在消化过程中的水解程度、游离氯丙二醇的释出量等)，至今尚未有定论。^{5、10、11} 氯丙二醇和氯丙二醇脂肪酸酯的毒性资料载于下文。

氯丙二醇

动力学和代谢作用

16. 有研究发现，氯丙二醇广泛分布在体液中，并可通过血脑屏障和血睪屏障。氯丙二醇与谷胱甘肽结合会解除毒性，形成草酸。此外，有足够证据表明，氯丙二醇这种卤化醇可经过微生物酶反应，形成缩水甘油。体外和体内测试均显示，缩水甘油具有基因毒性。¹¹

急性毒性

17. 有报告指出，大鼠口服氯丙二醇的半数致死量为每公斤体重 150 毫克。¹¹

基因毒性和致癌性

18. 大部分体外测试显示氯丙二醇具有基因毒性，但体内测试则显示并无基因毒性。由于体外测试所用的氯丙二醇含量十分高，专家委员会质疑测试结果是否恰当。专家委员会的结论是，如体外测试所用的氯丙二醇剂量低于致毒水平，氯丙二醇并无基因毒性，这个结果同样适用于体内研究。¹¹

19. 虽然一项动物研究发现氯丙二醇与一些器官良性肿瘤的发生率增加有关，但剂量必须高于产生其它毒性作用的剂量，才会出现这些肿瘤。¹¹

20. 由于有足够证据证明氯丙二醇对实验动物具有致癌性，却没有数据显示氯丙二醇对人类的致癌性，因此，国际癌症研究机构把氯丙二醇列为第 2B 组物质(即或可能令人类患癌的物质)。

其它慢性毒性

21. 有研究发现，氯丙二醇影响大鼠的肾脏、中枢神经系统和雄性生殖系统。体外测试表明，氯丙二醇与铜离子产生协同作用，减低人体精子的活动能力。¹¹

氯丙二醇脂肪酸酯

22. 尽管氯丙二醇脂肪酸酯本身的毒理性质以及氯丙二醇脂肪酸酯的实际去向和代谢作用等尚未有定论,但根据一项为期 90 天的氯丙二醇和氯丙二醇二酯(二棕榈酸酯)毒理学研究,二棕榈酸酯对实验动物的肾脏和睪丸造成的影响,或会与游离氯丙二醇相似。大鼠不论摄入游离氯丙二醇还是最高剂量的氯丙二醇二棕榈酸酯(每公斤 156.75 毫克氯丙二醇二棕榈酸酯,即相等于每公斤 29.5 毫克游离氯丙二醇),两组动物受到的最显著影响是几乎睪丸细胞结构消失。显微镜分析显示,实验动物摄入最高剂量氯丙二醇或氯丙二醇二棕榈酸酯,肾实质有一个或多个部位的肾小管出现退化性损伤。¹²

安全参考值

23. 专家委员会根据大鼠肾脏肾小管增生的最低有作用剂量(即每日每公斤体重 1.1 毫克)和安全系数 500(以安全系数 100 计算不同品种和同一品种的差别,并另加 5 倍由最低有作用剂量外推最大无作用剂量),订定氯丙二醇的暂定最高每日可容忍摄入量为每公斤体重 2 微克。¹¹专家委员会曾在 2006 年再次进行评估,决定维持上述暂定最高每日可容忍摄入量不变。¹³然而,专家委员会并没有订定氯丙二醇脂肪酸酯的安全参考值。

24. 根据世卫的意见,12 周以下的婴儿即使摄入量较低也可能会影响健康,因此,暂定最高每日可容忍摄入量的健康参考值并不适用于 12 周以下的婴儿。¹⁴

规管工作

25. 食品法典委员会只订定了“含加酸水解植物蛋白的液态佐料(天然酿造的酱油除外)”中的氯丙二醇最高限量为每公斤 0.4 毫克。¹⁵

26. 此外,食品法典委员会在 2008 年订定有关在生产加酸水解植物蛋白和含加酸水解植物蛋白的产品过程中减少氯丙二醇的工作守则。¹

27. 对于食物中的氯丙二醇和氯丙二醇脂肪酸酯含量,目前本港并没有具体规管措施。自 1999 年开始,中心的日常食品监察工作包括检测氯丙二醇含量,并以每公斤 1 毫克作为行动水平。

研究范围

28. 这项研究集中探讨本港一些据报氯丙二醇脂肪酸酯含量可能偏高的常见食物。由于含有脂肪和盐的食物在生产过程中经高温处理会产生氯丙二醇脂肪酸酯,所以这项研究抽取市面上含有脂肪和盐并可能经高温处理(例如煎炒、油炸、烧烤、烘焙等)的食物样本。由于氯丙二醇的暂定最高每日可容忍摄入量不适用于 12 周以下的婴儿,因此,这项研究报告只集中探讨成年人进食的各种本地食物的氯丙二醇脂肪酸酯含量。

研究方法

抽样工作

29. 这项研究选取本港市面上多种含有脂肪和盐并可能经过高温处理的食物进行化验,分析氯丙二醇脂肪酸酯的含量。在不同食物组别选取一些据报含有氯丙二醇脂肪酸酯的食物,合共收集了 300 个个别样本。除即食面外,只限收集即食食物、加工食物或只须加热水调配的食物样本。这些食物样本都是预先包装食物或食肆的菜肴,在不同的零售店铺(以连锁或独立方式经营)和食物业处所购买,例如烘制面包饼食店、超级市场、街市、酒楼和咖啡店等。

化验分析

30. 有关的化验分析工作由中心的食物研究化验所负责进行。

31. 除即食面外,食物样本以购买时的状态,逐一分析氯丙二醇脂肪酸酯的含量。即食面样本按照卷标的食用方法烹煮,并加入调味粉配制汤液。样本煮好后约 3 分钟,倒去汤液,再作处理。

32. 首先用正己烷以均质法提取样本的脂质，然后把提取液与南极假丝酵母脂肪酶A混合，进行酵素水解。由氯丙二醇脂肪酸酯释出的氯丙二醇与苯基硼酸进行衍生反应后，以气相色谱—串联质谱仪定量。化验分析以氘标记的氯丙二醇酯作为内标物，食物中氯丙二醇脂肪酸酯的含量以氯丙二醇表示。由于化验分析的食物样本质量不一，所以不同类别食物的检测限会有分别(每公斤 1 微克至 20 微克)(附件 1)。¹⁶

食物消费量数据

33. 这项研究根据 2005 年至 2007 年香港市民食物消费量调查(下称“消费量调查”)所得的食物消费量数据，评估市民从膳食摄入氯丙二醇脂肪酸酯的分量。¹⁷

34. 碍于消费量调查的性质和局限，或会低估了部分消费量数据。以油、糖、盐和一些佐料的消费量为例，受访者(尤其是并非负责烹制菜肴的人)难以记得并如实填报实际消费量。此外，调查没有计算混合食品的油、糖、盐和佐料(例如春卷的油和鸡尾包的牛油)含量。

35. 由于消费量调查或会低估了油类的消费量数据，这项研究还根据香港食油业协会提供的人均食油消费量，评估和比较市民从食油摄入氯丙二醇脂肪酸酯的分量。

膳食摄入量评估

36. 这项研究根据 24 小时膳食回顾法所得的加权消费量数据，以及各种食物检出的氯丙二醇脂肪酸酯含量，综合得出市民从膳食摄入由氯丙二醇脂肪酸酯释出的氯丙二醇分量。在计算食物的氯丙二醇脂肪酸酯平均含量时，检测不到的样本氯丙二醇脂肪酸酯含量设定为检测限的一半。研究以膳食摄入量的平均值和第 95 百分位的数值分别作为一般摄入量和高摄入量的数值。

结果及讨论

氯丙二醇脂肪酸酯含量

37. 表 1 按食物组别列出成年人进食的食物的氯丙二醇脂肪酸酯含量(以氯丙二醇表示)。至于各个食物类别的氯丙二醇脂肪酸酯含量, 载于附件 1。

表 1: 不同食物组别的氯丙二醇脂肪酸酯含量

食物组别	样本数目	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
早餐谷类食品	20	7	检测不到 [#] 至 43
粉面	20	53	检测不到至 210
饼干	25	440	50至 860
肉类及其制品	30	19	检测不到至 280
家禽及其制品	15	23	检测不到至 160
鱼类及其制品	15	77	检测不到至 280
果仁及种子	15	5	所有样本都检测不到
油脂	20	390	检测不到至 2 500
佐料及酱料	15	75	检测不到至 490
零食	25	270	9至 1 000
烘焙食品	35	120	检测不到至 410
中式糕点	20	270	检测不到至 1 200
乳制品	15	17	检测不到至 230
汤及不含酒精饮品	20	12	检测不到至 61

* 平均含量少于每公斤 10 微克取至一位有效数字, 相等于或超过每公斤 10 微克则取至两位有效数字。

[#] 在计算氯丙二醇脂肪酸酯平均含量时, 检测不到的样本氯丙二醇脂肪酸酯含量设定为检测限的一半。

38. 总括而言, 绝大部分经加热处理的食物及 / 或油脂含量较高的食物都检测到氯丙二醇脂肪酸酯。以“饼干”、“油脂”、“零食”和“中式糕点”

为例，这些食物组别的氯丙二醇脂肪酸酯平均含量较高，分别为每公斤 440 微克、390 微克、270 微克和 270 微克。

39. 某些食物组别的氯丙二醇脂肪酸酯平均含量较低，当中包括“果仁及种子”(所有样本都检测不到氯丙二醇脂肪酸酯)和“早餐谷类食品”(平均含量为每公斤 7 微克，含量范围介乎检测不到至每公斤 43 微克)。

40. 有报告指出，精炼油脂是市民摄入氯丙二醇脂肪酸酯的最主要来源。各种植物油的氯丙二醇脂肪酸酯含量载于表 2。

表 2：各种植物油的氯丙二醇脂肪酸酯含量

油类	样本数目	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
橄榄油	3	390	250 至 640
葡萄籽油	3	1 200	390 至 2 500
特级初榨橄榄油	1	10	检测不到#

* 平均含量超过每公斤 10 微克取至两位有效数字。

在计算氯丙二醇脂肪酸酯平均含量时，检测不到的样本氯丙二醇脂肪酸酯含量设定为检测限的一半。

41. 这项研究收集的植物油样本中，只有“特级初榨橄榄油”的样本检测不到氯丙二醇脂肪酸酯。至于其它植物油样本，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，低于其它国家录得精炼植物油脂的氯丙二醇脂肪酸酯含量(每公斤少于 200 微克至 21 500 微克)。¹⁸根据这项研究，氯丙二醇脂肪酸酯含量相对较高的精炼油是葡萄籽油(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)。上述研究结果与其它研究报告相符，就是精炼植物油脂的氯丙二醇脂肪酸酯含量相当高，只有未经加热处理的油类(例如原生橄榄油)不含这种化学物质。至于动物脂肪，这项研究收集的牛油样本检测不到氯丙二醇脂肪酸酯，结果与动物脂肪通常不经精炼的报告相符。⁵

与其它国家食物的氯丙二醇脂肪酸酯含量比较

42. 关于食物中的氯丙二醇脂肪酸酯含量，目前各国掌握的数据不多。表 3 列出 2008 年英国食物标准局研究报告所载当地各种零售食物(例如薯条、薯片、面包、饼干、早餐谷类食品等)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

从膳食摄入由氯丙二醇脂肪酸酯释出的氯丙二醇的情况

43. 专家委员会把氯丙二醇的暂定最高每日可容忍摄入量定为每公斤体重 2 微克，但没有订定氯丙二醇脂肪酸酯的安全参考值。有报告指出，令人关注的氯丙二醇脂肪酸酯的毒性问题，主要是这种化学物在胃肠道的消化过程中可能在体内释出有毒的氯丙二醇。假设氯丙二醇脂肪酸酯完全水解释出氯丙二醇，德国联邦风险评估所根据氯丙二醇的毒理学数据进行风险评估，评估食物中检测到的氯丙二醇脂肪酸酯含量。欧洲食物安全局食物链污染物科学小组认同德国联邦风险评估所的假设，认为目前并无科学证据质疑有关数字，并同意氯丙二醇脂肪酸酯在人体内完全水解释出氯丙二醇的估计。²⁰这项研究评估成年人摄入氯丙二醇脂肪酸酯对健康构成的风险时，假设氯丙二醇脂肪酸酯会在消化系统完全水解释出氯丙二醇，并把成年人从膳食摄入由氯丙二醇脂肪酸酯释出的氯丙二醇分量与氯丙二醇的暂定最高每日可容忍摄入量作比较。上述假设或会高估了氯丙二醇的实际膳食摄入量。

表 3：香港与英国某些食物的氯丙二醇脂肪酸酯含量比较

食物	这项研究(2011 年) 以氯丙二醇表示 氯丙二醇脂肪酸酯含量 (微克 / 公斤)		英国食物标准局的调查(2008 年) 以氯丙二醇表示 氯丙二醇脂肪酸酯含量 (微克 / 公斤)	
	样本数目	平均值*(范围)	样本数目	平均值(范围)
薯条	8	120 (37 至 300)	20	105 (35 至 397)
薯片	10	340 (22 至 660)	20	198 (48 至 1 186)
面包	10	87 (2 至 230)	5	27 (检测不到至 42)
早餐谷类食品	20	7 (检测不到 [#] 至 43)	5	12 (11 至 12)
饼干	25	440 (50 至 860)	8 (包括幼儿饼干)	443 (110 至 696)
鸡	7	43 (检测不到至 160)	2 (有裹料)	342 (260 至 423)
汤	5	3 (检测不到至 7)	1 (菜汤)	检测不到
蔬菜脆片	3 (脆烤粟米小食)	550 (16 至 1 000)	1	157

* 平均含量少于每公斤 10 微克取至一位有效数字，相等于或超过每公斤 10 微克则取至两位有效数字。

[#] 在计算氯丙二醇脂肪酸酯平均含量时，检测不到的样本氯丙二醇脂肪酸酯含量设定为检测限的一半。

成年人从膳食摄入由氯丙二醇脂肪酸酯释出的氯丙二醇的情况

44. 本港摄入量一般和摄入量高(第 95 百分位)的成年人(体重 61.25 公斤)每日从膳食摄入氯丙二醇脂肪酸酯的分量, 估计分别为每公斤体重 0.20 微克(相等于暂定最高每日可容忍摄入量的 10%)和 0.53 微克(相等于暂定最高每日可容忍摄入量的 26%)。假设氯丙二醇脂肪酸酯会在消化系统完全水解释出氯丙二醇, 研究结果显示, 摄入量一般和摄入量高的市民受氯丙二醇主要毒性影响的机会不大。从不同食物组别摄入氯丙二醇脂肪酸酯的分量载于表 4。

45. 假设氯丙二醇脂肪酸酯会在消化系统完全水解释出氯丙二醇, 市民从各个食物组别摄入氯丙二醇的分量占暂定最高每日可容忍摄入量少于 5%。以食物组别来说, 从“烘焙食品”、“粉面”和“饼干”摄入的氯丙二醇脂肪酸酯分量较多, 原因是“烘焙食品”和“粉面”两个组别食物的消费量较高(分别为每日 35.06 克和 83.70 克), 而“饼干”样本的氯丙二醇脂肪酸酯含量较高(平均含量为每公斤 440 微克)。

46. 有报告指出, 经加热处理的食物和精炼油脂(食物本身或作为其它食物的成分)是市民摄入氯丙二醇脂肪酸酯的最主要来源。不过, 本港市民未必能准确填报油类的食用量, 以致可能低估了食用油脂的消费量数据。因此, 这项研究根据香港食油业协会提供的食油消费模式(2007 年), 估计和比较市民从食用油脂摄入氯丙二醇脂肪酸酯的分量。香港食油业协会以 2007 年本港食油使用量数据和人口, 估计人均食油消费量为每年 11.22 公斤(即每日 30.74 克), 大约是这项研究所涵盖“油脂”食物的每日平均消费量(每日 2.67 克)的 11.5 倍。

表 4：成年人从不同食物组别摄入氯丙二醇脂肪酸酯的分量

食物组别	氯丙二醇脂肪酸酯每日平均摄入量 (纳克 / 每公斤体重)*	相等于氯丙二醇 暂定最高每日可容忍摄入 量的百分比(%)*
早餐谷类食品	0.3	0.01
粉面	48	2
饼干	29	1
肉类及其制品	7	0.4
家禽及其制品	9	0.4
鱼类及其制品	19	0.9
果仁及种子	0.1	0
油脂	13	0.7
佐料及酱料	3	0.1
零食	9	0.5
烘焙食品	48	2
中式糕点	6	0.3
乳制品	3	0.1
汤及不含酒精饮料	9	0.4
总计	200	10

* 平均摄入量和暂定最高每日可容忍摄入量的百分比数值低于 10 取至一位有效数字，相等于或超过 10 则取至两位有效数字。

47. 根据香港食油业协会估计的食油消费量数据(2007 年)，以及“油脂”这个组别食物检测到的氯丙二醇脂肪酸酯含量，市民从油脂摄入氯丙二醇脂肪酸酯的分量会由每日每公斤体重 13 纳克(相等于氯丙二醇的暂定最高每日可容忍摄入量的 0.7%)，增至约 150 纳克(相等于氯丙二醇的暂定最高每日可容忍摄入量的 8%)。

48. 以食物的氯丙二醇脂肪酸酯含量来说，目前只有几种油类的资料最为齐全，其它组别食物的氯丙二醇脂肪酸酯含量数据不一，其中谷类食物和面包、奶和奶制品、炸油和混合物、动物油脂，以及混合加工食物的氯丙二醇脂肪酸酯含量资料不多。因此，各国国民的氯丙二醇脂肪酸酯膳食摄入量数据不足，要比较其它国家国民和本港市民的氯丙二醇脂肪酸酯膳食摄入量，并不可行。¹⁰

比较中学生从膳食摄入游离氯丙二醇的分量与成年人从膳食摄入由氯丙二醇脂肪酸酯释出的氯丙二醇的分量

49. 这项研究旨在提供本港各种食物的氯丙二醇脂肪酸酯含量概况，所以并没有分析食物中游离氯丙二醇的含量。不过，中心曾聯同消费者委员会，分别在 2002 年和 2004 年就酱油以及蚝油和相关食品的氯丙二醇含量进行专项研究。2007 年，中心进行有关“中学生从食物摄取氯丙二醇的情况”的风险评估研究，评估中学生可能从膳食摄入游离氯丙二醇的情况。^{2、3、4}

50. 上述研究检测到不同食物组别的游离氯丙二醇含量，以及这项研究检测到对应食物组别的氯丙二醇脂肪酸酯含量载于附件 2。

51. 过往的研究结果显示，摄入量一般和摄入量高的中学生摄入游离氯丙二醇的分量，估计分别为每日每公斤体重 0.063 微克至 0.150 微克(相等于暂定最高每日可容忍摄入量的 3% 至 8%)，以及 0.152 微克至 0.300 微克(相等于暂定最高每日可容忍摄入量的 8% 至 15%)。根据这项研究结果，本港摄入量一般和摄入量高的成年人从膳食摄入氯丙二醇脂肪酸酯的分量，估计分别为每日每公斤体重 0.20 微克(相等于暂定最高每日可容忍摄入量的 10%)和 0.53 微克(相等于暂定最高每日可容忍摄入量的 26%)。

研究的局限

52. 虽然研究分析的样本数目越多，摄入量评估结果会越精确；不过，碍于化验工作的资源有限，必须有所取舍，因此这项研究只选取一些据报氯丙二醇脂肪酸酯含量可能偏高的常见本地食物样本。此外，这项研究反复分析食物样本的次数有限，加上同一种食品不同批次的氯丙二醇脂肪酸酯含量可能也有差别，研究结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，消费量调查低估了油类的消费量数据，而且并非所有食物样本都有对应的食物消费量数据。如无完全对应的数据，便会根据最为近似食物类别的数据进行评估。以“高钙低脂奶粉”为例，这项研究采用“部分 / 半脱脂奶粉”的消费量数据，计算从“高钙低脂奶粉”摄入氯丙二醇脂肪酸酯的分量。

54. 再者，有关氯丙二醇脂肪酸酯的资料不详，例如其形成机制、释出氯丙二醇的百分比、氯丙二醇脂肪酸酯本身的代谢途径和毒理性质等。上述各种局限因素实际上如何影响摄入量评估，导致评估数字过高或过低，仍未能确定。

结论及建议

55. 含有食用油脂和盐的加工食物都检出氯丙二醇脂肪酸酯。研究结果显示，大部分经加热处理的食物及 / 或含有油脂的食物都检测到氯丙二醇脂肪酸酯，其中“饼干”、“油脂”、“零食”、“中式糕点”几个食物组别的含量较高。

56. 本港摄入量一般和摄入量高的成年人摄入由氯丙二醇脂肪酸酯释出的氯丙二醇分量，估计低于氯丙二醇的暂定最高每日可容忍摄入量，显示摄入量一般和摄入量高的市民受氯丙二醇主要毒性影响的机会都不大。

57. 根据这项研究的结果，纯粹以成年人从膳食摄入氯丙二醇脂肪酸酯的分量来说，并无充分理据建议市民改变基本的健康饮食习惯。市民应保持均衡和多元化的饮食，包括多吃不同种类的蔬果。由于有报告指出精炼食油是氯丙二醇脂肪酸酯的其中一个主要来源，市民可减少进食油脂，以便进一步减低氯丙二醇脂肪酸酯的摄入量。

58. 食物业界应研究如何在无损食物质量的情况下，减低精炼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体(例如用水洗去氯化物)、优化食油精炼程序，以及去除食品的氯丙二醇脂肪酸酯。不过，这些方法是否可行仍有待日后评估。

参考文件

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 消费者委员会。《3款鼓油含污染物氯丙二醇》。《选择》，第310期，页22-27；2002年10月。网址：
http://www.cfs.gov.hk/tc_chi/programme/programme_rafs/programme_rafs_fc_01_14.html

³ 消费者委员会。《蚝油、鸡粉可放心食用》。《选择》，第329期，页22-27；2004年3月。网址：
http://www.cfs.gov.hk/tc_chi/programme/programme_rafs/programme_rafs_fc_01_08.html

⁴ 食物环境卫生署。《中学生从食物摄取氯丙醇的情况》。香港：食物环境卫生署；2007年。网址：
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>

成年人进食的不同类别食物的氯丙二醇脂肪酸酯含量

	样本数目	以氯丙二醇表示 氯丙二醇脂肪酸酯含量 (微克 / 公斤)		
		平均值*	范围	检测限
早餐谷类食品:	20	7	检测不到至 43	1 至 4
麦皮 / 燕麦片	6	3	检测不到至 6	1 至 2
粟米片	3	2	检测不到至 6	1 至 2
麦制早餐谷类食品	3	4	检测不到至 6	1 至 2
其它早餐谷类食品	8	14	检测不到至 43	1 至 4
粉面:	20	53	检测不到至 210	1 至 5
即食面(已烹煮)	6	81	检测不到至 210	1 至 2
米粉 / 米线	4	3	检测不到至 11	1
河粉 / 濑粉	3	49	检测不到至 110	1
其它粉面	7	59	检测不到至 200	1 至 5
饼干:	25	440	50 至 860	2 至 13
芝士饼	2	540	280 至 800	5 至 6
梳打饼	5	510	200 至 850	2 至 13
夹心饼	2	450	200 至 690	5 至 12
威化饼	4	240	50 至 610	4 至 7
朱古力外层 / 朱古力馅的饼干	4	250	130 至 400	4 至 6
消化饼	2	580	650 至 720	4 至 6
其它饼干	6	540	250 至 860	4 至 8
肉类及其制品:	30	19	检测不到至 280	1 至 6
牛肉干 / 干牛肉条	2	12	6 至 17	1
咸牛肉	2	26	检测不到至 50	2
牛肉丸 / 莎乐美牛肉肠	4	0.9	所有样本都检测不到	1 至 3
牛腩	2	2	所有样本都检测不到	1 至 6
烧牛肉 / 牛仔骨	3	16	3 至 36	1 至 6
煎牛扒	2	12	9 至 14	1 至 2
烧肉 / 叉烧(包括烧味)	4	78	3 至 280	2 至 3

煎猪扒	2	27	22 至 32	1 至 2
火腿 / 金华火腿(后腿连股肉)	3	1	所有样本都检测不到	1 至 3
猪肉肠 / 猪肉饼	3	4	检测不到至 10	2 至 5
其它加工猪肉制品	3	15	检测不到至 30	2 至 4
家禽及其制品:	15	23	检测不到至 160	1 至 5
煎 / 炸鸡腿 / 鸡翼	3	42	检测不到至 91	3 至 4
炸鸡块	2	85	9 至 160	3
其它鸡肉制品	3	2	检测不到至 3	1 至 2
卤水家禽	3	7	检测不到至 13	3 至 5
烧家禽	4	7	检测不到至 24	3 至 5
鱼类及其制品:	15	77	检测不到至 280	1 至 7
罐头鱼	3	79	检测不到至 230	1 至 5
鱼柳 / 鱼饼 / 鱼蛋	5	30	3 至 74	1 至 2
炸鱼	2	220	150 至 280	4 至 5
烧鱼	2	66	21 至 110	1 至 2
其它加工鱼类制品	3	66	5 至 140	2 至 7
果仁及种子:	15	5	所有样本都检测不到	1 至 17
果仁	12	5	所有样本都检测不到	1 至 17
种子	3	6	所有样本都检测不到	9 至 15
油脂:	20	390	检测不到至 2 500	10 至 20
牛油	2	8	所有样本都检测不到	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
橄榄油	3	390	250 至 640	20
特级初榨橄榄油	1	10	检测不到	20
葡萄籽油	3	1 200	390 至 2 500	20
其它油脂	2	85	76 至 93	10 至 20
佐料及酱料:	15	75	检测不到至 490	1 至 20
油性酱料	3	350	160 至 490	5 至 20
其它佐料及酱料	8	9	检测不到至 43	1 至 11
酱油	2	0.5	所有样本都检测不到	1
蚝油	2	0.5	所有样本都检测不到	1

零食:	<u>25</u>	<u>270</u>	<u>9 至 1 000</u>	<u>1 至 16</u>
炸薯(例如薯条、薯饼)	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
虾片 / 虾条	4	180	9 至 500	1 至 8
烘焙食品:	<u>35</u>	<u>120</u>	<u>检测不到至 410</u>	<u>1 至 6</u>
白面包	5	42	2 至 160	1 至 2
其它面包	5	130	64 至 230	1 至 2
曲奇饼	5	60	检测不到至 270	4 至 5
蛋糕 / 西饼	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
挞	7	170	检测不到至 300	2 至 6
松饼	4	84	5 至 190	2 至 5
中式糕点:	<u>20</u>	<u>270</u>	<u>检测不到至 1 200</u>	<u>1 至 20</u>
中式糕点	20	270	检测不到至 1 200	1 至 20
乳制品:	<u>15</u>	<u>17</u>	<u>检测不到至 230</u>	<u>1 至 7</u>
奶	4	0.5	所有样本都检测不到	1
忌廉	3	3	所有样本都检测不到	1 至 7
芝士	3	2	所有样本都检测不到	2 至 5
雪糕	2	120	8 至 230	1 至 3
其它乳制品	3	0.5	所有样本都检测不到	1
汤及不含酒精饮品:	<u>20</u>	<u>12</u>	<u>检测不到至 61</u>	<u>1 至 5</u>
朱古力粉	3	9	检测不到至 21	1 至 2
咖啡	5	15	1 至 61	1
咖啡粉	5	12	检测不到至 36	1 至 5
其它饮料冲剂	2	27	5 至 49	1 至 2
罐头汤	5	3	检测不到至 7	1

* 平均含量少于每公斤 10 微克取至一位有效数字，相等于或超过每公斤 10 微克则取至两位有效数字。

在计算氯丙二醇脂肪酸酯平均含量时，检测不到的样本氯丙二醇脂肪酸酯含量设定为检测限的一半。

过往研究^{2、3、4}所得不同食物组别的游离氯丙二醇含量与这项研究所得对应食物组别的氯丙二醇脂肪酸酯含量

食物组别	样本数目	(过往研究)		(这项研究)	
		游离氯丙二醇含量 范围(微克 / 公斤)*	食物组别	样本数目	以氯丙二醇表示 氯丙二醇 脂肪酸酯含量 范围(微克 / 公斤)*
谷类及其制品	57	检测不到至 23	早餐谷类食品	20	检测不到至 43
			粉面	20	检测不到至 210
			饼干	25	50 至 860
			烘焙食品	35	检测不到至 410
蔬菜及其制品	39	所有样本都检测不到	—	—	—
水果	21	所有样本都检测不到	—	—	—
鱼类、介贝类 及其制品	66	检测不到至 33	鱼类及其制品	15	检测不到至 280
肉类、家禽及 其制品	87	检测不到至 32	肉类及其制品	30	检测不到至 280
			家禽及其制品	15	检测不到至 160
蛋类及其制品	12	所有样本都检测不到	—	—	—
乳制品	12	所有样本都检测不到	乳制品	15	检测不到至 230
零食	24	检测不到至 66	零食	25	9 至 1 000
			果仁及种子	15	所有样本都检测不到
酱油	40	检测不到至 260	—	—	—
酱油以外的 佐料及酱料	40	检测不到至 170	佐料及酱料	15	检测不到至 490

* 含量少于每公斤 10 微克取至一位有效数字，相等于或超过每公斤 10 微克则取至两位有效数字。