

风险评估研究

第 64 号报告书

化学物危害评估

食物中的麦角生物碱

香港特别行政区政府

食物环境卫生署

食物安全中心

2021 年 10 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、审订或摘录或于其他刊物或研究著作转载本报告书的全部或部分研究资料。若转载本报告书其他部分的内容，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
麦角碱的结构	6
麦角碱的毒性	7
健康参考值	8
规管	8
研究范围	10
研究方法	10
采集样本	10
化验分析	10
数据阐释	11
食物消费量数据	11
估计膳食摄入量	11
结果及讨论	12
食物中麦角碱的含量	12
从膳食摄入麦角碱的分量	13
与外国的研究结果比较	14
研究的局限	17
结论及建议	18
参考数据	19
附件	24

风险评估研究
第 64 号报告书

化学物危害评估

食物中的麦角生物碱

摘要

麦角生物碱(简称麦角碱)是霉菌毒素，主要由麦角菌属真菌产生。这类真菌会感染某些谷类农作物，例如黑麦、小黑麦、小麦、大麦、小米和燕麦。真菌感染这些谷物时，会占据子房，取代发育中的谷粒或种子，结成含生物碱的菌核，称为麦角。麦角碱主要来自麦角。如收割时谷物带有麦角，该谷物及其所制成的食品也可能受麦角碱污染。

2. 中世纪时，欧洲很多人因食用了受麦角碱污染的谷物、麪粉或麪包而中毒。患者血管收缩，感到剧痛，其后会因坏疽以致失去手指、手、脚，甚至四肢。这类病例今天已很少见，主要因为在去除谷物杂质和磨谷过程中，大部分麦角已被清除，故残留在谷物及其所制成的谷类食品中的生物碱含量极低。

3. 联合国粮食及农业组织 / 世界卫生组织食品添加剂联合专家委员会于 2021 年把膳食中总麦角碱的组别每日可容忍摄入量定为每公斤体重 0.4 微克。

4. 这次研究的目的是(i)检测本地食物中的麦角碱含量；(ii)估算本港成年人从这些食物中摄入麦角碱的分量；以及(iii)评估相关的健康风险。

5. 不同的海外研究均指出，消费者从膳食摄入的麦角碱，主要来自谷物和谷类食品(特别是含黑麦食品)。是次研究集中对一些报称较有可能含麦角碱的食物进行分析，共收集了 339 个样本，涵盖八个食物组别，分别为“谷类”、“麪粉及淀粉”、“未经烹调的干粉麪”、“未经烹调的湿粉麪”、“麪包”、“早餐谷类食品”、“其他烘焙制品”及“谷类饮品”。

6. 约 79%(267 个)样本没有验出麦角碱。在验出麦角碱的样本(72 个，占样本总数 21%)中，麦角碱的总含量介乎每公斤 0.54 至 6.5 微克(下限和上限)与每公斤 1200 微克之间。研究结果显示，“早餐谷类食品”和“麪包”这两个组别的麦角碱含量较高，平均总含量分别为每公斤 30 至 35 微克(下限和上限)和每公斤 12 至 16 微克(下限和上限)。这项研究测出的麦角碱平均总含量，一般较欧洲食品安全局在 2017 年公布的水平为低。

7. 这次研究发现，本港摄入量一般的成年人从膳食摄入麦角碱的分量为每日每公斤体重 0.018 至 0.076 微克(下限和上限)(即每日可容忍摄入量的 4.4% 至 19%)，而摄入量高(第 90 百分位)的成年人则为每日每公斤体

重 0.036 至 0.12 微克(下限和上限)(即每日可容忍摄入量的 9.1%至 29%)。这结果显示，摄入量一般和摄入量高的成年人都不大可能因摄入麦角碱而影响健康。与欧洲食品安全局在 2017 年公布的欧洲成年人麦角碱的平均膳食摄入量比较，这项研究估算的本港成年人平均膳食摄入量属低。

8. 就成年人的麦角碱估计膳食摄入量而言，市民应遵从基本的健康饮食建议，保持均衡和多元化的饮食。

9. 业界(例如农民、饲料生产商、食物制造商)应遵循食品法典委员会的《预防并减少谷类中霉菌毒素污染操作规范》，减少食物中的麦角碱含量，例如利用分离技术去除谷物的杂质，以清除麦角和残留在谷物表面上的麦角微粒。

食物中的麦角生物碱

目的

食物环境卫生署辖下的食物安全中心(食安中心)在 2019 至 2021 年间对食物中的麦角生物碱(简称麦角碱)进行了一项风险评估研究，以便了解香港各种食物含麦角碱的情况和含量，从而估算本港成年人从膳食中摄入麦角碱的分量，并评估相关的潜在健康风险。

背景

2. 麦角碱是存在于自然界的霉菌毒素，由数种麦角菌属真菌(例如紫色麦角菌、非洲麦角菌、梭状麦角菌、高粱麦角菌等)产生。在欧洲，最普遍的麦角菌属品种为紫色麦角菌¹。这类真菌大多感染谷物和野草²。真菌菌丝入侵草本植物(宿主)的胚珠，再占据整个子房。有报告指，子房是草本植物唯一会受感染的器官^{3、4}。真菌取代发育中的谷粒或种子，结成含生物碱的菌核^a。这些菌核呈深色和香蕉状，从穗上正常谷粒位置向外突出。麦角菌属真菌的菌核称为麦角⁵。

3. 麦角碱主要来自麦角⁶。如收割时谷物带有麦角，该谷物及其所制成的谷类食品也可能受麦角碱污染。麦角病是严重的谷物疾病，可对种植者造成重大经济损失⁷。受影响的谷物主要有黑麦和小黑麦(紫色麦角菌)、高粱(非洲麦角菌、高粱麦角菌)及珍珠粟(梭状麦角菌)。在春季，由于潮湿和阴凉的天气为时较长，小麦和大麦也可能受到影响⁸。开放授粉的作物(例如黑麦和小黑麦)可让真菌孢子轻易进入开放中的花头，故亦会较易受到感染^{9、10}。有别于其他因作物在收割后贮存期间腐坏而产生的霉菌毒素，麦角只会在收割前产生，贮存期间麦角碱的含量相对稳定¹⁰。

^a 菌核是硬化了的真菌菌丝体，其结构紧密，贮有养分，功能之一是让真菌抵御极端环境。

4. 中世纪时，欧洲很多人因进食受麦角碱污染的谷物、麴粉或麴包而中毒，爆发了有“圣火”或“圣安东尼之火”(因患者四肢有烧灼感而得名)之称的严重疫症。有报告指出，圣安东尼之火是中世纪至二十世纪人类史上的主要食物传播疾病。在八至十六世纪期间录得超过 100 次大爆发，每次多达 40 000 人死亡。到了二十世纪，这疫症曾多次在欧洲和非洲爆发，造成无数人死亡¹¹。患者血管收缩，感到剧痛，其后会因坏疽以致失去手指、手、脚，甚至四肢²。这种病状现称为麦角中毒^{5, 11}，病例在今天已非常罕见，主要因为在去除谷物杂质和磨谷过程中，大部分麦角已被清除，故残留在谷物及其所制成的食品中的生物碱含量极低¹²。

5. 过去十年间，加拿大¹³、英国^{14, 15, 16}和欧洲联盟(欧盟)^{1, 5, 6}等地方曾就食物中的麦角碱进行研究。除谷类农作物(例如黑麦、小麦、大麦、裂谷小麦、燕麦及其研磨食品)外，这些研究也涵盖某些谷类副产品，包括麴包、早餐谷类食品、未经烹调的湿粉麴、饼干和精制烘焙食品。这些研究显示，在黑麦和黑麦食品验出的麦角碱含量，一般较其他谷物及其所制成的食品为高。

6. 没有报告显示麦角碱会转移至动物源性食品¹⁷。欧洲食品安全局 2017 年的报告指出，在家禽、奶类及奶类食品和其他植物源性食品(例如水果、蔬菜、木本坚果、香料等)的样本中，麦角碱的含量少得无法量化¹。

7. 麦角碱不太耐热。有研究指烘焙或其他烹煮过程会降低食品中的麦角碱含量^{12, 18}。此外，烹煮后的麴条或意大利粉，麦角碱的含量亦有下降，这可能是麦角碱流失到烹煮用的水所致⁵。

8. 有些措施可降低谷类食品中麦角碱的含量。由于麦角碱主要来自麦角，因此在谷物加工的早期过程中，采用筛选和其他去除谷物杂质的方法，可大大降低其后制成的谷类制品中麦角碱的含量⁸。不过，即使除去菌核，仍有可能在谷物样本检测到生物碱^{6, 19}。麦角的结构比谷粒松散，含较多油脂，密度亦较低。谷物如带有麦角，在运送时谷粒与菌核互相磨擦，很可能会释出非常细小的麦角微粒。磨擦后脱落的物质具高度黏性，会黏附于谷物表面⁸。

麦角碱的结构

9. 大部分存在于自然界的麦角碱都呈麦角灵四环结构，第 6 位是一颗氮原子(图 1)。在许多麦角碱中，这颗氮原子会被甲基化，在 C8 位会被取代基取代，并在 C8 与 C9 或 C9 与 C10 之间形成双键^{2,5}。

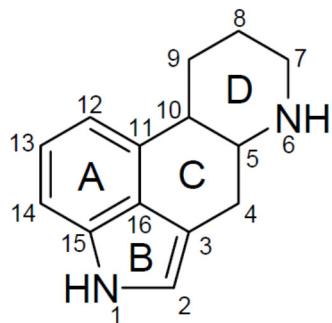


图1：麦角灵的环状结构，包括各环的编号和排列

10. 在 C9 与 C10 之间带有双键的麦角碱(称为麦角烯)会在 C8 的对称中心进行差向异构作用，形成两种差向异构体，分别称为麦角肽生物碱(ergopeptines,以后缀-ine 标示)和异麦角肽生物碱(ergopeptinines,以后缀-inine 标示)。这些差向异构体的生物和物理化学特性并不相同。-ines 异构体具生物活性，而-inines 异构体则不然。两者在天然环境中受污染的样本中都可找到。-ine 异构体在水溶液中会快速转化为-inine 异构体，而这过程可在某些水溶剂和有机溶剂中逆转(图 2)^{2,5}。

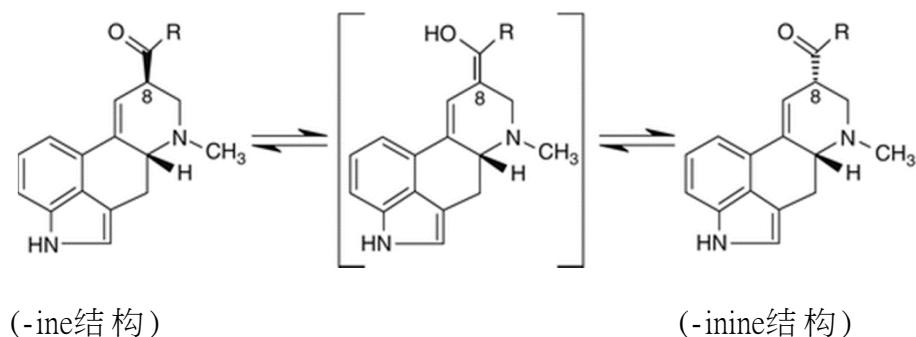


图2：在C9 = C10带双键的麦角碱易在C-8的对称中心进行差向异构作用。

11. 麦角菌属真菌产生的麦角碱，最常见有麦角新碱、麦角胺、麦角辛、麦角克碱、麦角隐亭和麦角柯宁碱。这些生物碱的数量和结构视乎真菌种类、宿主植物、菌核成熟度、地理区域及当时的天气情况而有所

不同^{2、8、9、20}。举例来说，阴凉的天气(特别是有助延长开花期的阴凉潮湿环境)有利麦角菌感染。对于各类黑麦品种，是否易受感染与花粉释放量有关^{4、10}。花粉释放量高会增加受精机会，缩短开花期，以致难以受到麦角孢子影响。此外，麦角碱的多寡，也可能因谷物的批次或收成年份不同而有分别^{10、14}。

麦角碱的毒性

12. 麦角引致人类中毒的情况称为麦角中毒。麦角中毒征状分坏疽型(例如皮肤痕痒灼热、因坏疽失去手/脚)和惊厥型(例如出现幻觉、神志不清、有状似癫痫的抽搐动作)两种^{8、21}。有报告指，尽管过往也曾数次录得出现混合征状的疫情，在麦角中毒的疫情中，患者通常只出现坏疽型或惊厥型的征状²²。

动力学和新陈代谢

13. 有关麦角碱的毒物动力学资料不多，主要局限于药用的麦角碱(例如麦角新碱和麦角胺)。

14. 现有文献指出，麦角碱由胃肠道吸收后，会经血浆分布至周围组织，并在氧化作用下进行生物转化(主要通过细胞色素 P450 3A4 酶进行)。某些麦角碱(例如麦角新碱)其后可与葡萄糖醛酸结合⁵。麦角碱主要随动物(反刍动物除外)的胆汁排出^{5、23}。

急性中毒

15. 经进食摄入小量麦角碱，可引致急性中毒症状，例如呕吐、痉挛、头痛、心血管问题(高血压或心律不正等)和中枢神经系统功能失常。人体数据显示，即使摄入小量麦角碱，也可令子宫收缩，引致子宫出血和流产。摄入大量麦角碱会出现急性中毒症状，例如血管收缩(尤其会使心肌血管收缩，也可使肾脏和四肢的血管收缩)，引致循环系统疾病。除这些症状外，患者可能会有幻觉、痉挛、感觉受损和瘫痪，甚至呼吸或心跳骤停，然后死亡⁶。短暂摄入亚致死分量的麦角碱，会出现神经中毒症状，包括烦躁、瞳孔缩小或放大、肌肉无力、震颤和僵直。

发育毒性和生殖毒性

16. 从观察使用某些麦角碱作药物的有效成分会对人体产生不良反应，或进食麦角含量高的谷类食品令人不适得知⁶，长期摄入麦角碱，即

使分量不多，也可影响生育(例如流产、婴儿出生时体重较轻和泌乳不足)，而长期经进食摄入大量麦角碱，则会出现与短暂摄入大量麦角碱类似的症状⁶。

基因毒性和致癌性

17. 国际癌症研究机构没有就麦角碱的致癌性作出归类。

18. 就基因毒性方面，除麦角胺外，研究自然界的麦角碱的工作并不多。体外测试没有发现麦角胺引致基因突变。早期研究进行的体外和体内测试显示，麦角胺某程度上会令染色体受损。然而，体内测试的结果显示染色体受损程度轻微，而且并不一致。对于被喂服原麦角或麦角毒素的大鼠出现肿瘤，欧洲食品安全局根据现有的麦角碱基因毒性和致癌性资料，认为这与非基因毒性致癌机理有关⁵。

健康参考值

19. 在 2012 年，欧洲食品安全局把总麦角碱(麦角新碱、麦角辛、麦角柯宁碱、麦角胺、麦角克碱、麦角隐亭(α -异构体和 β -异构体)及其相应-inine (S)-差向异构体)的组别急性参考剂量定为每日每公斤体重 1 微克，组别每日可容忍摄入量定为每公斤体重 0.6 微克。由于现有数据未能厘定麦角碱的相对毒性，故假设所有麦角碱都具同等相对毒性⁵。

20. 在 2021 年，联合国粮食及农业组织 / 世界卫生组织食品添加剂联合专家委员会(专家委员会)评估麦角碱的毒性，认为现有数据不足以确定不同麦角碱的毒性当量因子。因此，认为以麦角碱的总含量订定组别急性参考剂量和组别每日可容忍摄入量，是恰当的做法。专家委员会遂把膳食中总麦角碱的组别急性参考剂量和组别每日可容忍摄入量同样定为每日每公斤体重 0.4 微克²⁴。

规管

21. 在 2017 年，食品污染物法典委员会修订了《预防并减少谷类中霉菌毒素污染操作规范》(《操作规范》)，加入附件，就减少谷物受麦角菌属真菌感染及麦角皺污染，向农民和食品制造商作出良好农业和生产规范的建议²⁵。

22. 食品法典委员会^{26, 27}、欧盟²⁸、美国^{29, 30, 31}、加拿大³²、澳洲与新西兰³³，以及中国内地³⁴都有就某些谷物的麦角菌核含量订定上限。

23. 本港没有特定法例规管食物中的麦角鹼。然而，《公众卫生及市政条例》(第 132 章)规定，所有在香港出售的食物，必须适宜供人食用。

研究范围

24. 专家委员会将麦角碱纳入 2017 至 2019 年间须评估污染物的优先名单内。食安中心作为世界卫生组织的食物中化学物风险分析合作中心，认为有必要进行研究，检测本地食物中麦角碱的含量，从而评估对市民构成的潜在健康风险。

25. 这次研究集中分析本地市面一些报称较有可能含麦角碱的食物。这些食物分属“谷类”、“麪粉及淀粉”、“麺包”、“早餐谷类食品”、“未经烹调的干粉麪”、“未经烹调的湿粉麪”、“其他烘焙制品”及“谷类饮品”八个组别。

研究方法

采集样本

26. 这项研究选取本港市面上多种谷类食品进行化验分析。我们从文献所载在曾发现含麦角碱的食物组别中合共收集了 339 个样本。这些食物样本是在 2019 年 6 月至 9 月期间从面包店、超级市场、食肆、咖啡店等不同零售点(包括湿货街市内的零售点)购买的。

化验分析

27. 化验分析工作由食安中心的食物研究化验所负责进行。收集的样本送往食物研究化验所后逐一化验，以测定麦角碱的含量。检测的物质包括以下 12 种麦角碱：麦角克碱、麦角胺、麦角隐亭^b、麦角新碱、麦角辛、麦角柯宁碱，以及这六种生物碱的 -inine 异构体。

28. 化验人员在每个样本添加乙腈和碳酸铵溶液的混合物进行萃取，并以 MycoSep® 麦角净化柱去除样本萃取物的杂质，再以超高效液相色谱质谱联用仪测定样本的麦角碱的含量。全部 12 种麦角碱的检测限均为每公斤 0.5 微克，定量限则为每公斤 2 微克。

^b 分开化验 α -麦角隐亭和 β -麦角隐亭。

数据阐释

29. 每个样本的麦角碱总含量，以该样本检测到的全部 12 种麦角碱含量总和计算。如样本中有部分甚或全部麦角碱的含量低于检测限(即“检测不到”)，意味有关检测结果的真正数值实际上可能处于零至检测限值之间。在这情况下，我们会使用《食品中化学物风险评估原则和方法》建议的取代法(即采用下限值和上限值的方式)来表示“检测不到”的结果³⁵。在计算每个样本的麦角碱总含量时，如有“检测不到”的结果，下限值会设定为零，上限值则为检测限值。

食物消费量数据

30. 这项研究根据 2005 至 2007 年香港市民食物消费量调查所得的食物消费量数据，估算市民从膳食摄入麦角碱的分量³⁶。

估计膳食摄入量

31. 即使某些食物组别的食品属非即食食品，这项研究仍以全部食物验出的麦角碱含量估算膳食摄入量。我们根据 24 小时膳食回顾法的加权消费量数据，以及这项研究不同食物组别食品的麦角碱总含量，综合得出本港成年人从膳食摄入麦角碱的分量。

32. 此外，为能更有效反映市民从各类食物摄入麦角碱的比重，我们把各种食品归入不同的食物组别。

33. 我们利用食安中心内部研发，名为“摄入量评估系统”的网络计算机系统，评估麦角碱的膳食摄入量。这项研究分别以膳食摄入量的平均值和第 90 百分位的数值，作为摄入量一般和摄入量高的市民的数值。我们会把估计摄入量与专家委员会于 2021 年订定的每日可容忍摄入量作出比较。

结果及讨论

食物中麦角碱的含量

34. 这次研究共收集了 339 个食物样本，分属“谷类”、“麪粉及淀粉”、“未经烹调的干粉麪”、“未经烹调的湿粉麪”、“麪包”、“早餐谷类食品”、“其他烘焙制品”及“谷类饮品”八个食物组别。化验分析结果显示，在这 339 个样本中，267 个样本(79%)没有验出麦角碱，只有 72 个样本(21%)检测得到含至少一种麦角碱(\geq 检测限)。

35. 不同食物组别的麦角碱平均总含量概列于表 1。“谷类饮品”组别的全部样本都没有验出麦角碱。在 72 个验出含麦角碱的样本中，超过三分之一来自“麪包”这个食物组别(26 个样本，即 36%)。

36. 至于“谷类饮品”以外的食物组别样本，麦角碱的平均总含量介乎每公斤 0.49 至 6.8 微克(下限和上限)与每公斤 30 至 35 微克(下限和上限)之间。“早餐谷类食品”组别的样本麦角碱的平均总含量最高，达每公斤 30 至 35 微克(下限和上限)；其次是“麪包”，平均总含量为每公斤 12 至 16 微克(下限和上限)。

37. 不同类别的食物的麦角碱总含量载列于附件。“早餐谷类食品”组别的一个小麦胚芽样本验出的麦角碱总含量最高(每公斤 1 200 微克)，其次是一个大麦样本(每公斤 540 微克)和一个虾子麪样本(每公斤 180 微克)。这次研究共收集了 3 个小麥胚芽样本，其麦角碱总含量分别为每公斤 22 至 23 微克(下限和上限)、每公斤 170 微克和每公斤 1 200 微克。

表1：不同食物组别的麦角碱总含量

食物组别	收集的样本 数目	麦角碱的平均总含量 (微克／公斤) [范围]			
		低于检测限的 样本(%)	下限	上限	
早餐谷类食品	50	41 (82%)	30	[0 - 1 200]	35
麴包	51	25 (49%)	12	[0 - 71]	16
谷类	64	62 (97%)	8.4	[0 - 540]	15
未经烹调的干粉麴	30	20 (67%)	8.2	[0 - 180]	14

其他烘焙制品	45	33 (73%)	7.0	[0 - 130]	13	[6.5 - 130]
麪粉及淀粉	54	43 (80%)	6.5	[0 - 160]	12	[6.5 - 160]
未经烹调的湿粉麪	27	25 (93%)	0.49	[0 - 8.0]	6.8	[6.5 - 12]
谷类饮品	18	18 (100%)	0	[0 - 0]	6.5	[6.5 - 6.5]
总数	339	267 (79%)				

38. 在 72 个验出麦角碱的样本中，约四分之一(20 个样本，即 28%)已知含有黑麦。一般而言，含黑麦的食品在所属的食物组别中麦角碱的平均总含量较高。举例而言，黑麦麪粉和黑麦薄脆饼干的麦角碱平均总含量分别为每公斤 90 至 90 微克(下限和上限)和每公斤 53 至 56 微克(下限和上限)，而两者所属的食物组别，即“麪粉及淀粉”和“其他烘焙制品”，麦角碱的平均总含量则分别为每公斤 6.5 至 12 微克(下限和上限)和每公斤 7.0 至 13 微克(下限和上限)。

从膳食摄入麦角碱的分量

39. 就本港成年人(体重 61.25 公斤)而言，摄入量一般的成年人从膳食摄入麦角碱的分量，估计为每日每公斤体重 0.018 至 0.076 微克(下限和上限)(即每日可容忍摄入量的 4.4% 至 19%)，而摄入量高(第 90 百分位)的成年人，则为每日每公斤体重 0.036 至 0.12 微克(下限和上限)(即每日可容忍摄入量的 9.1% 至 29%)。以上结果显示，摄入量一般和摄入量高的成年人都不大可能因摄入麦角碱而影响健康。

主要膳食来源

40. 摄入量一般的本港成年人从各食物组别摄入麦角碱占整体膳食摄入量(下限)的百分比载列于表 2。从个别食物组别摄入麦角碱占整体摄入量的实际比重，宜以下限方式表达，原因是下限不受某些食物组别有多个样本低于检测限的影响。每日可容忍摄入量的百分比也采用估计下限计算。

41. 与其他食物组别相比，从“麪包”摄入麦角碱占整体摄入量的比重最高。然而，研究结果显示，从各食物组别摄入麦角碱的分量占每日可容忍摄入量的百分比均低于 5%，因此，没有一个食物组别是本港市民从膳食摄入麦角碱的主要来源³⁷。

表2：摄入量一般的成年人从各食物组别摄入麦角碱的分量

食物组别	麦角碱的平均摄入量 (下限) (微克 / 每日每公斤 体重)	占膳食摄入量的 百分比 [*] (%)	占每日可容忍 麦角碱 摄入量的百分比 [#] (%)
麵包	0.0072	41	1.8
未经烹调的干粉麵	0.0057	33	1.4
麵粉及淀粉	0.0019	11	0.47
其他烘焙制品	0.0017	9.9	0.43
早餐谷类食品	0.00060	3.4	0.15
谷类	0.00036	2.1	0.091
未经烹调的湿粉麵	0.000086	0.49	0.021
谷类饮品	0	0	0
总数	0.018	100	4.4

*由于四舍五入，数值相加未必等于总和。

[#]以麦角碱总含量的估计下限，计算占专家委员会于 2021 年设定的每日可容忍摄入量(即每日每公斤体重 0.4 微克)的百分比。

与外国的研究结果比较

本港与外地食品的麦角碱含量研究结果比较

42. 表 3 比较这项研究与欧洲食品安全局 2017 年报告¹就某些食物组别 / 食品公布的麦角碱平均总含量。一般而言，这项研究检测出的麦角碱平均总含量，较欧洲食品安全局在 2017 年就类似食品公布的水平为低。不过，由于两者在研究方法、化学分析方法以至处理低于检测限和定量限结果的方法都有分别，在直接比较数据时，必须小心审慎。

43. 欧洲食品安全局报告指出，黑麦及含黑麦的食品中麦角碱的平均总含量，一般较其他谷物(例如：小麦、裂谷小麦、燕麦和粟米)及其加工制品为高¹。这结果与本研究所得的结果大致吻合。

表3：香港与欧盟就某些食品的麦角碱平均总含量所作的比较*

食品	本研究		2017年 欧洲食品安全局报告	
	样本 数目	麦角碱 平均总含量 (下限 - 上限) (微克 / 公斤)	样本 数目	麦角碱平均总 含量 (下限 - 上限) (微克 / 公斤)
黑麦谷粒	1	0.60 - 6.6	321	148.7 - 203.1
小麦谷粒	6	0 - 6.5	248	20.0 - 132.8
大麦谷粒	6	90 - 95	48	38.1 - 55.8
裂谷小麦谷粒	3	0 - 6.5	20	28.0 - 180.5
燕麦谷粒	6	0 - 6.5	29	32.7 - 70.8
黑麦研磨食品	3	90 - 90	394	198.0 - 239.4
小麦研磨食品	6	7.7 - 12	293	12.0 - 87.2
粟米研磨食品	3	0 - 6.5	132	0.3 - 227.9
燕麦研磨食品	1	0 - 6.5	14	1.9 - 72.7
裂谷小麦研磨食品	3	3.0 - 8.3	26	34.0 - 148.8
黑麦麴包	3	1.2 - 6.7	181	29.2 - 66.8
混合小麦和黑麦的麴包	6	25 - 27	201	32.8 - 82.0
小麦麴包	33	11 - 16	19	5.9 - 29.3
多种谷物麴包	6	12 - 16	51	10.5 - 25.9
其他麴包	3	4.0 - 9.2	22	14.0 - 67.6
黑麦片	3	24 - 25	15	34.6 - 83.4
燕麦片	6	0 - 6.5	52	2.9 - 100.1
小麦片	3	0 - 6.5	8	1.1 - 68.1
混合谷类麦片	21	0.55 - 6.8	3	19.2 - 19.8
薄脆饼干(含黑麦)	3	53 - 56	32 (黑麦、全麦) 62 (黑麦、浅色)	10.2 - 50.4 12.9 - 82.7
饼干(曲奇)	3	0 - 6.5	39	2.9 - 16.7

*欧洲食品安全局报告与本研究的检测限值 / 定量限值并不相同，两者亦以不同方法处理低于检测限 / 定量限的结果。

本港与外地的麦角碱膳食摄入量研究结果比较

44. 目前关于麦角碱的膳食摄入量数据不多。加拿大、澳洲、新西兰等地并无这方面的数据¹⁷。欧洲食品安全局于2017年曾估算欧洲人口从膳

食摄入麦角碱的分量¹。有关报告的结论指出，根据欧洲各地就不同年龄组别人口进行的膳食调查，估计总麦角碱的短期和长期膳食摄入平均分量，均低于欧洲食品安全局设定的组别急性参考剂量和组别每日可容忍摄入量¹。表 4 比较香港与欧盟两地成年人从膳食摄入的麦角碱分量。与欧洲食品安全局在 2017 年公布的结果比较，本研究估算本港成年人的平均膳食摄入量属低。

表4：本研究与欧洲食品安全局(2017年)就成年人从膳食摄入麦角碱的估计分量比较

	欧洲食品安全局报告 (2017 年) ¹	本研究 [*]
平均膳食摄入量 (微克 / 每日每公斤体重)	下限 0.01 - 0.05 (即每日可容忍 摄入量的 2.5 - 13% [®]) 上限 0.06 - 0.18 (即每日可容忍 摄入量的 15 - 45%)	0.018 (即每日可容忍 摄入量的 4.4%) 0.076 (即每日可容忍 摄入量的 19%)

^{*}非即食食品(例如干制食品)的分析结果经换算系数调整，以提高估计摄入量的准确度。

[®]用以估算膳食摄入量的样本(包括非即食食品)分析结果全部没有经过调整。

¹按专家委员会于 2021 年设定的每日可容忍摄入量(即每日每公斤体重 0.4 微克)计算有关百分比。

研究的局限

45. 在 2005 年至 2007 年进行的香港市民食物消费量调查，是以非连续两天 24 小时膳食问卷方式，收集本港市民食物消费量的数据。某些较少人食用的食品可能未有涵盖在内。举例来说，这次研究收集了黑麦麪粉样本，但因缺乏消费量数据，在估算膳食摄入量时，未有计入相关样本的数据。不过，未有纳入调查的食品均为副食品，市民从这些食物摄入麦角碱的分量占整体摄入量的比重应属偏低。

46. “谷类”、“麪粉及淀粉”、“未经烹调的干粉麪”和“未经烹调的湿粉麪”组别的食品属非即食食品。在现实情况下，这些食物须作处理或烹调，方可食用。由于烹调过程会令食物水分含量等有所改变，这些食物经烹调后麦角碱的浓度会减少。因此，以上述非即食食品验出的麦角碱含量作估算，难免会高估从膳食摄入麦角碱的分量。尽管如此，高估了摄入量理应不致影响研究的结论。

47. 这项研究的结果只能概略反映在某一时间本港某些食物的麦角碱含量。如资源许可的话，检测分析的样本愈多，对摄入量的估算会愈精确。

结论及建议

48. 麦角碱是存在于自然界的霉菌毒素，主要由麦角菌属真菌产生。在这次研究中，79%样本没有验出麦角碱，只有 72 个样本检测得到含至少一种麦角碱。“早餐谷类食品”这个组别的样本麦角碱的平均含量最高，其次为“麪包”组别。

49. 根据这次研究估算，摄入量一般和摄入量高的本港成年人，摄入麦角碱的分量都远低于专家委员会所定的每日可容忍摄入量，意味他们不大可能因摄入麦角碱而影响健康。

50. 就成年人的麦角碱估计膳食摄入量而言，市民应遵从基本的健康饮食建议，保持均衡和多元化的饮食。

51. 业界(例如农民、饲料生产商、食物制造商)应遵循食品法典委员会的《操作规范》，减少食物中的麦角碱含量，例如利用分离技术去除谷物的杂质，以清除麦角和残留在谷物表面上的麦角微粒。

参考数据

¹ European Food Safety Authority (EFSA), Arcella D., Ruiz J.A.G., Innocenti M.L. and Roldan R. Scientific report on human and animal dietary exposure to ergot alkaloids. EFSA Journal 2017;15(7):4902, 53 pp. 网址 :

<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2017.4902>

² Mavungu J.D.D, Larionova D.A., Malysheva S.V., Peteghem C.V. and Saeger S.D. Survey on ergot alkaloids in cereals intended for human consumption and animal feeding. EFSA, 2 December 2011. 网址 :

<https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/sp.efsa.2011.EN-214>

³ Sharma N., Sharma V.K., Manikyam H.K. and Krishna A.B. Ergot Alkaloids: A Review on Therapeutic Applications. European Journal of Medicinal Plants 2016;14(3):1-17. Article no. EJMP. 25975.

⁴ Alderman S. Ergot: Biology and Control. USDA-ARS National Forage Seed Production Research Center, February 2006. 网址 :

<https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/81/ErgotDVDtranscript.pdf>

⁵ EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). Scientific Opinion on Ergot alkaloids in food and feed. EFSA Journal 2012;10(7):2798. doi:10.2903/j.efsa.2012.2798. 网址 :

<https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2012.2798>

⁶ Federal Institute of Risk assessment (BfR). Frequently asked questions on ergot alkaloids in cereal products. BfR FAQ, 12 November 2013. 网址 :

https://www.bfr.bund.de/en/frequently_asked_questions_on_ergot_alkaloids_in_cereal_products-189083.html

⁷ Slaiding I.R. and Byrd N. Project Report No. 510: Ensuring that UK cereals used in malting, milling and animal feed achieve food and feed safety standards. Agriculture & Horticulture Development Board, April 2013. 网址 :

<https://projectblue.blob.core.windows.net/media/Default/Research%20Papers/Cereals%20and%20Oilseed/pr510.pdf>

⁸ Joint Food and Agriculture Organization (FAO)/World Health Organization (WHO) Food Standards Programme – Codex Committee on Contaminants in Foods. Discussion Paper on an Annex for Ergot and Ergot Alkaloids to the Code of Practice for the Prevention and Reduction of Mycotoxin Contamination in Cereals. CAC/RCP 51-2003. Rotterdam, the Netherlands, 4-8 April 2016. 网址 :

http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FMeetings%252FCX-735-10%252FWD%252Fcfc10_13e.pdf

⁹ Wegulo S.N. and Carlson M.P. Ergot of Small Grain Cereals and Grasses and its Health Effects on Humans and Livestock. University of Nebraska – Linocln Extension. EC1880, 2011.

¹⁰ Coufal-Majewski S., Stanford K., McAllister T., Blakley B., McKinnon J., Chaves A.V. and Wang Y. Impacts of Cereal Ergot in Food Animal Production. Frontiers in Veterinary Science, February 2016;3(15). doi: 10.3389/fvets.2016.00015. 网址：
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4766294/pdf/fvets-03-00015.pdf>

¹¹ Redman G. and Noleppa S. Mycotoxins – The Hidden Danger in Food and Feed. The Andersons Centre and HFFA Research GmbH, February 2017.

¹² Peraica M., Radić B., Lucić A. and Pavlović M. Toxic effects of mycotoxins in humans. Bulletin of the WHO 1999;77(9):754–766. 网址：
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2557730/pdf/10534900.pdf>

¹³ Canadian Food Inspection Agency (CFIA). Food Safety Action Plan Report 2013 – 2015 Targeted Surveys – Chemistry. Multi-Mycotoxin Analysis in Selected Foods. CFIA RDIMS 6726799, 2015.

¹⁴ Byrd N., De Alwis J., Booth M. and Jewell K. Monitoring the Presence of Ergot Alkaloids in Cereals and a Study of a Possible Relationship between Occurrence of Sclerotia Content and Levels of Ergot Alkaloids. Food Standards Agency, Final Report, Project Number FS516009, 12 November 2014. 网址：
[https://www.food.gov.uk/sites/default/files/media/document/FS516009%20Final%20Ergot%20Alkaloid%20report%20\(3\).pdf](https://www.food.gov.uk/sites/default/files/media/document/FS516009%20Final%20Ergot%20Alkaloid%20report%20(3).pdf)

¹⁵ UK Food Standards Agency (FSA). Surveillance Programme for Mycotoxins in Foods. Year 2: Mycotoxins in Foods for Infants and Young Children, Patulin in Apple Juice and Ergot Alkaloids in Cereal Products. Food Survey Information Sheet: 02/11, November 2011.

¹⁶ UK FSA. Surveillance Programme for Mycotoxins in Foods. Year 4: Surveillance programme for rarely tested for mycotoxins. Food Survey Information Sheet, November 2015. 网址：
<https://www.food.gov.uk/print/pdf/node/719>

¹⁷ Cressey P. and Pearson A. The New Zealand Mycotoxin Surveillance Program 06-14 Report Series: FW0617 Risk Profile Mycotoxin in the New Zealand Food Supply. MPI Technical Report – Paper No: 2016/27, May 2014. 网址：
<https://www.mpi.govt.nz/dmsdocument/12924/direct>

¹⁸ Cressey P., Dr. Thomson B. and Reeve J. The New Zealand Mycotoxin Surveillance Program 06-14 Report Series: FW0617 Risk Profile Mycotoxin in the New Zealand Food Supply. MPI Technical Report – Paper No: 2016/21, May 2006. 网址：
<https://www.mpi.govt.nz/dmsdocument/12906/direct>

¹⁹ MacDonald S.J. and Anderson W.A.C. Research Review No. PR575: A desk study to review current knowledge on ergot alkaloids and their potential for contamination to cereal grains. AHDB Cereals & Oilseeds, June 2017. 网址：
<https://projectblue.blob.core.windows.net/media/Default/Research%20Papers/Cereals%20and%20Oilseed/pr575.pdf>

²⁰ Society for Mycotoxin Research. 35th Mycotoxin Workshop: Conference Abstracts. Ghent, May 2013.

²¹ Lapinskas V. A Brief History of Ergotism: From St. Anthony's Fire and St. Vitus' Dance Until Today. Medicinos Teorija Ir Praktika, 2007.

²² Merhoff G.C. and Porter J.M. Ergot intoxication: historical review and description of unusual clinical manifestations. Annals of surgery, November 1974;180(5):773–779. 网址：
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1343691/>

²³ Peraica M., Richter D. and Dubravka R. Mycotoxicoses in children. Arhiv za higijenu rada i toksikologiju 2014;65(4):347-63. doi:10.2478/10004-1254-65-2014-2557.

²⁴ Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). Compendium of Food Additive Specifications. JECFA 91st Meeting – Virtual meeting, 1–12 February 2021. FAO JECFA Monographs No. 26. Rome, 2021. 网址：
<http://www.fao.org/3/cb4737en/cb4737en.pdf>

²⁵ Codex Alimentarius Commission. Code of practice for the prevention and reduction of mycotoxin contamination in cereals. CXC 51-2003, amended in 2014, 2017, revised in 2016. 网址：

http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXC%2B51-2003%252FCXC_051e.pdf

²⁶ Codex Alimentarius Commission. Standard for wheat and durum wheat. CXS 199-1995, amended in 2019. 网址：
http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B199-1995%252FCXS_199e.pdf

²⁷ Codex Alimentarius Commission. Standard for oats. CXS 201-1995, amended in 2019. 网址：
http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B201-1995%252FCXS_201e.pdf

²⁸

European Commission (EC). Commission Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Official Journal of the European Union, 2006. 网址：

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02006R1881-20201014>

²⁹

United States Department of Agriculture, Grain Inspection, Packers and Stockyards Administration, Federal Grain Inspection Service. U.S. Standards: Subpart M -- United States Standards for Wheat. United States Department of Agriculture, May 2014. 网址：<https://www.gipsa.usda.gov/fgis/standards/810wheat.pdf>

³⁰

United States Department of Agriculture, Grain Inspection, Packers and Stockyards Administration, Federal Grain Inspection Service. U.S. Standards: Subpart M -- United States Standards for Triticale. United States Department of Agriculture, May 1988. 网址：<https://www.gipsa.usda.gov/fgis/standards/810ritic.pdf>

³¹

United States Department of Agriculture, Grain Inspection, Packers and Stockyards Administration, Federal Grain Inspection Service. U.S. Standards: Subpart M -- United States Standards for Rye. United States Department of Agriculture, May 1988. 网址：<https://www.gipsa.usda.gov/fgis/standards/810rye.pdf>

³²

Canadian Grain Commission. Official Grain Grading Guide. Canadian Grain Commission, August 1 2021. ISSN: 1704-5118. 网址：

<https://grainscanada.gc.ca/en/grain-quality/official-grain-grading-guide/>

³³

Food Standards Australia New Zealand. Australia New Zealand Food Standards Code – Standard 1.4.1: Contaminants and natural toxicants. Schedule 19 – Maximum levels of contaminants and natural toxicants. Federal Register of Legislative Instruments F2016C00167, June 2021. 网址：

<https://www.legislation.gov.au/Details/F2021C00628>

³⁴

中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会，国家食品药品监督管理总局。食品安全国家标准-粮食。中华人民共和国国家标准 GB 2715-2016, 2016年6月。网址：

<http://lswz.tj.gov.cn/ZTZL1801/ZTXC2442/LYBZ2129/202008/W020200821779614696068.pdf>

³⁵

WHO - International Programme on Chemical Safety (IPCS). Principles and Methods for the Risk Assessment of Chemicals in Food. IPCS, Environmental Health Criteria 240, 2009. 网址：

https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44065/WHO_EHC_240_eng.pdf

³⁶

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

³⁷

Joint FAO/WHO Food Standards Programme – Codex Alimentarius Commission.
Procedural Manual Twenty-Sixth edition. Rome, 2018. 网址：
<http://www.fao.org/3/i8608en/I8608EN.pdf>

附件

不同类别食物的麦角碱总含量

样本数目	麦角碱含量 高于或等于检测限 的样本数目(%)	麦角碱平均总含量(微克 / 公斤) [范围] [*]			
		下限	上限		
谷类	64	2 (3.1%)	8.4	[0-540]	15
白米	6				
糙米	3				
红米	3				
小麦	6				
裂谷小麦	3				
大麦	6	1	90	[0-540]	95
燕麦	6				
高粱	3				
粟米	3				
荞麦	3				
小米	3				
糯米	3				
黑麦	1	1	0.6	[0.60-0.60]	6.6
八宝粥	1				
藜麦	3				
其他 / 混合谷类	11				
麵粉及淀粉	54	11 (20%)	6.5	[0-160]	12
粘米粉	3				
小麦面粉	6	4	7.7	[0-21]	12
裂谷小麦面粉	3	1	3.0	[0-9.0]	8.3
粟米面粉	3				
糯米粉	3				
黑麦面粉	3	3	90	[13-160]	90
粟粉	3				
澄面粉	3				
自发粉	3				
大麦面粉	2				
蛋糕粉 / 班戟粉	4	2	1.3	[0-4.6]	6.8
荞麦面粉	3				
高粱面粉	3				
藜麦面粉	3				
珍珠粟 / 御谷面粉	3				
其他麵粉	6	1	3.2	[0-19]	8.8
未经烹调的干粉麪	30	10 (33%)	8.2	[0-180]	14
意大利粉	3				
通心粉	3				
日本荞麦面	3	1	0.43	[0-1.3]	6.6
即食面	3	1	7.3	[0-22]	12
全蛋面	3	2	3.7	[0-5.7]	8.5
米粉 / 米线	3				
虾子面	3	2	64	[0-180]	67
其他未经烹调的干粉麪	3				
伊面	3	3	3.5	[0.89-5.5]	8.4
蒸粗麦粉	3	1	3.3	[0-9.9]	8.3

未经烹调的湿粉麪	27	2 (7.4%)	0.49	[0-8.0]	6.8	[6.5-12]
河粉	3					
乌冬	3					
上海面	3					
日本拉面	3					
濑粉	3					
油面	3	2	4.4	[0-8.0]	9.2	[6.5-12]
蒙粉	3					
饺子皮	3					
上海年糕	2					
银针粉	1					
麵包	51	26 (51%)	12	[0-71]	16	[6.5-71]
麦包	3	1	14	[0-42]	18	[6.5-42]
白麵包	6	5	15	[0-44]	18	[6.5-44]
黑麦麵包	3	1	1.2	[0-3.5]	6.7	[6.5-7.0]
餐包	3					
多种谷物麵包(含黑麦)	6	6	25	[3.2-52]	27	[8.2-52]
多种谷物麵包(不确定是否含黑麦)	6	4	12	[0-62]	16	[6.5-62]
法包 / 法式长条麵包 / 维也纳麵包(包括酸种麵包)	3	2	2.1	[0-3.6]	7.7	[6.5-8.6]
葡萄干麵包	3	1	23	[0-69]	27	[6.5-69]
热狗包	2	1	4.8	[0-9.6]	9.3	[6.5-12]
汉堡包	4	2	35	[0-71]	38	[6.5-71]
比高包	3	1	0.90	[0-2.7]	7.1	[6.5-8.2]
中式蒸包	3					
菠萝包	3					
英式松饼	3	2	4.0	[0-6.6]	9.2	[6.5-11]
早餐谷类食品	50	9 (18%)	30	[0-1200]	35	[6.5-1200]
粟米片	3					
燕麦片	6					
麦胚芽	3	3	460	[22-1200]	460	[23-1200]
杂锦果麦	5					
小麦片	3					
藜麦片	3					
米片	3	1	3.2	[0-9.6]	8.3	[6.5-12]
荞麦片	2					
裂谷小麦片	2					
黑麦片	3	3	24	[20-27]	25	[21-27]
混合早餐谷类食品	17	2	0.69	[0-11]	6.9	[6.5-13]
其他烘焙制品	45	12 (27%)	7.0	[0-130]	13	[6.5-130]
曲奇饼	3					
布朗尼蛋糕	3					
梳打饼	3	1	1.1	[0-3.2]	7.1	[6.5-8.2]
小麦饼	3	1	14	[0-42]	18	[6.5-42]
消化饼	3					
威化饼	3					
粟米脆片 / 粟米脆条	3	1	0.37	[0-1.1]	6.7	[6.5-7.1]
松饼	3	2	2.2	[0-3.4]	7.4	[6.5-7.8]
蛋糕	3					
班戟	3					
酥皮食品	3					

蛋卷	3					
牛角包	3	3	32	[9.5-53]	33	[13-53]
黑麦薄脆饼干	3	2	53	[0-130]	56	[6.5-130]
其他饼干	3	2	2.6	[0-5.2]	7.8	[6.5-8.7]
谷类饮品	18	0 (0%)	0	[0-0]	6.5	[6.5-6.5]
啤酒	7					
黑麦啤酒	2					
米奶	3					所有样本均低于检测限
麦芽饮品	3					
其他谷类饮品	3					

*计算麦角碱总含量时，如有“检测不到”的结果，下限值会设定为零，上限值则为检测限值。