

2024 年風險評估報告：澳門市售大米中重金屬含量調查

摘要.....	1
一、前言和目的.....	1
二、研究範圍.....	2
三、研究方法及判定標準.....	2
1. 重金屬檢測方法.....	2
2. 評價方法.....	2
四、暴露評估.....	3
五、結果與分析.....	4
1. 本澳市售大米中無機砷、鉛、鎘及總汞的含量分析.....	4
2. 本澳市售大米重金屬的膳食暴露評估.....	4
六、討論與結論.....	5
七、建議.....	6
補充說明—背景資料.....	8

2024 年風險評估報告：澳門市售大米中重金屬含量調查

摘要

目的：本調查分析本澳市售大米樣本中重金屬含量的檢測結果，並利用結果進行風險評估，以探討本澳市民因食用大米而潛在的重金屬暴露風險情況。

方法：2023 年 10 月期間，本署在本澳市場隨機抽取 30 個不同產地的大米，採用中國國家標準方法檢測樣本中的無機砷、鉛、鎘及總汞 4 種重金屬含量，依據本澳第 23/2018 號行政法規《食品中重金屬污染物最高限量》對樣本的檢測結果進行評價，並計算重金屬的暴露量，以健康參考值或暴露限值（MOE）進行風險評估。

結果：是次調查的大米中無機砷、鉛、鎘及總汞的平均含量分別為 0.0612 mg/kg、0.0108 mg/kg、0.0086 mg/kg 及 0.0022 mg/kg，合格率為 100%。經暴露評估分析，無機砷、鉛、鎘及總汞的暴露量處於較低水平，潛在健康風險較低。

結論：根據是次調查顯示，本澳市民經食用大米而導致無機砷、鉛、鎘及總汞所引起的健康嚴重不良影響的機會不大。

一、前言和目的

本署一直持續開展食品安全風險評估研究工作，透過對食品中的危害因素的調查和食品監察機制，取得本澳市面流通食品的檢測數據，以全面分析與公眾健康有關的食品安全風險程度，並為食品安全風險管理和傳達提供科學性的依據。大米為本澳市民的主要糧食，其富含碳水化合物又含有適量礦物質，是人體主要能量來源。然而，由於社會工業化和農業現代化對土壤帶來不可估量的重金屬污染，而大米在種植過程中容易吸收和累積重金屬元素，然後以食物鏈方式進入人體，影響人體健康。

為初步了解本澳市售大米的重金屬情況，以及評估本澳市民從大米中攝入重金屬的風險，本署於早前開展“澳門市售大米中重金屬含量摸底研究調查”，這項調查的目的是通過檢測不同產地的大米中重金屬之含量，取得本澳市售進口大米中重金屬含量的基礎數據，就本澳市民從大米中攝入重金屬的情況和相關健康風險進行評估。

二、研究範圍

是次調查之抽樣時間在 2023 年 10 月期間，於本澳市民經常光顧的超級市場隨機抽取 30 個不同產地的精制大米（以下簡稱為大米），進行無機砷、鉛、鎘及總汞的含量檢測，來源地分別為中國內地、香港、泰國、柬埔寨、越南、印度、美國、日本、葡萄牙、台灣地區。

三、研究方法及判定標準

1. 重金屬檢測方法

檢測依據之方法及其相關的檢測限和定量限詳見下表 1：

表 1 檢測方法和相關資料

檢測項目	檢測限 (mg/kg)	定量限 (mg/kg)	檢測方法
無機砷	0.02	0.05	GB 5009.11- 2014 食品安全國家標準 食品中總砷及無機砷的測定
鉛	0.02	0.05	GB 5009.12- 2017 食品安全國家標準 食品中鉛的測定
總汞	0.003	0.01	GB 5009.17- 2021 食品安全國家標準 食品中總汞及有機汞的測定
鎘	0.001	0.003	GB 5009.15- 2014 食品安全國家標準 食品中鎘的測定

就低於檢測限的檢測結果，根據世界衛生組織食品污染物監測評估規劃（GEMS/Food）《關於食品中低水平污染物可信評價》中對未檢出數據的處理原則，樣本中的重金屬含量低於檢測限時，以檢測限的 1/2 值計算該類別的平均含量¹。

2. 評價方法

檢測所得的大米中各項重金屬數據結果由本署進行整理和分析，以本澳第 23/2018 號行政法規《食品中重金屬污染物最高限量》²作為是次調查的整體性評價指標，同時輔以食品法典委員會 CXS 193-1995 《食品和飼料中污染物和毒素通用標準》³和中國國家標準 GB 2762-2022《食品中污染物限量》⁴作為參考標準。

有關大米的重金屬污染物限量規定見下表 2：

表 2 本澳、食品法典委員會、中國內地大米中重金屬相關標準（mg/kg）

重金屬	中國澳門	食品法典委員會	中國內地
無機砷	0.2	0.2	0.2
鉛	0.2	0.2	0.2
鎘	0.2	0.4	0.2
總汞	0.02	N/A*	0.02

*未有訂定相關項目。

四、 暴露評估

a) 膳食暴露量估算

是次調查以本澳每日消費大米的一般人群和高消費人群⁵的消費情況，結合是次調查的大米中無機砷、鉛、鎘及總汞的檢測結果，估算本澳市民平均每日因食用

大米而攝入無機砷、鉛、鎘及總汞的膳食攝入量。計算公式為⁶： $EXP = \frac{F \times C}{BW}$

EXP（暴露劑量）是調查人群中每人每公斤體重因食用大米而攝入重金屬的量，ug/kg · bw/d；

F 是每人每日大米的消費量，g/d；

C 為大米中重金屬含量均值，mg/kg；

bw 為個體的體重，一般以 60 kg/人計算。

b) 鉛和無機砷的暴露評估方法

鉛：2010 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（以下簡稱 JECFA）取消了鉛的暫定每週可耐受攝入量（即 PTWI）25 ug/kg · bw。其後 JECFA 通過評估分析相應的毒理學資料後，給出鉛對成人心血管效應（收縮壓升高）作為毒性效應終點，成人收縮壓基準劑量下限值（BMDL₀₁ 成人）為 1.3 ug/kg · bw/d^{7,11}。

無機砷：2010 年，JECFA 取消了無機砷的 PTWI 15 ug/kg · bw，並把無機砷誘發人類肺癌為效應終點的基準劑量下限（BMDL_{0.5}）訂為 3 ug/kg · bw/d^{7,8}。

由於 JECFA 沒有訂定鉛和無機砷的健康參考值，因此，本調查採用暴露限值（margin of exposure, MOE）的方法對大米中鉛、無機砷暴露的潛在危害進行風險評估，以上述鉛、無機砷的 BMDL 與本澳市民鉛、無機砷的膳食暴露量估值

的比值計算 MOE 值，計算公式為： $MOE = \frac{BMDL}{\text{膳食暴露量}}$ 。當 $MOE > 1$ 時，可認為健康風險相對較低；當 $MOE \leq 1$ 時，就認為存在一定的健康風險^{6,9}。

c) 鎘和總汞的暴露評估方法

鎘：2010 年，JECFA 訂定鎘的暫定每月可容忍攝入量 (PTMI) 為 $25 \text{ ug/kg} \cdot \text{bw}^{7,11}$ 。

總汞：2010 年，JECFA 訂定無機汞的每週可容忍攝入量 (PTWI) 為 $4 \text{ ug/kg} \cdot \text{bw}$ ，該 PTWI 適用於除魚類和貝類外的食品中總汞的膳食暴露¹⁰。

鎘和總汞的健康風險評估的方法是將本澳市民鎘、總汞的暴露量與其健康指導值進行比較，若比值結果 < 1 時，則認為是安全的，反之亦然。

五、 結果與分析

1. 本澳市售大米中無機砷、鉛、鎘及總汞的含量分析

根據是次調查的檢測結果作評價，本次抽檢的 30 個本澳市售大米樣本中，無機砷、鉛、鎘及總汞的含量均未超出本澳標準，合格率为 100%，具體情況見下表 3：

表 3 本澳市售大米中重金屬污染水平概況 (mg/kg)

重金屬	檢出率	均值	最小值	最大值
無機砷	100%	0.0612	< 0.05	0.180
鉛	3.33%	0.0108	ND*	0.035
鎘	60%	0.0086	ND*	0.076
總汞	13.33%	0.0022	ND*	0.007

* ND 為未有檢出。

2. 本澳市售大米重金屬的膳食暴露評估

是次調查所得的一般人群（均值）及高消費人群（ P_{95} ）經大米攝入重金屬的估計膳食暴露量，結果見表 4：

表 4 本澳市民經食用大米攝入重金屬的估計膳食暴露量 (ug/kg · bw/d)

重金屬	均值	P ₉₅
無機砷	0.1036	0.2256
鉛	0.0183	0.0398
鎘	0.0146	0.0317
總汞	0.0037	0.0081

本澳市民經食用大米攝入無機砷、鉛、鎘和總汞對人體健康的風險評估結果見表 5 和表 6。數據分析顯示，經食用大米攝入鉛和無機砷的兩組人群的 MOE 值均 >1，即對健康帶來的風險屬於可接受的低水平¹¹。另外，經食用大米攝入鎘與總汞的兩組人群之估計膳食暴露量與健康參考值的比值均 <1，即預期相關重金屬暴露將不會造成顯著的健康危害；另外，透過具體方式描述鎘與總汞的評估結果，即當每日進食是次調查抽檢的大米達 5.8 公斤和 15.6 公斤才會超出鎘和總汞的健康指導值。因此，從是次隨機抽樣的本澳市售大米檢測結果反映，本澳市民透過食用大米攝入無機砷、鉛、鎘和總汞的暴露量處於較低水平，潛在健康風險較低。

表 5 鉛和無機砷的暴露限值 (MOE)

重金屬	均值	P ₉₅
無機砷	28.95	13.30
鉛	71.08	32.65

表 6 鎘和總汞的暴露量與健康參考值之比值

重金屬	均值	P ₉₅
鎘	0.018	0.038
總汞	0.007	0.014

六、 討論與結論

根據檢測和分析結果顯示，是次抽檢的 30 個本澳市售大米中的無機砷、鉛、鎘及總汞含量均未超出本澳標準，整體合格率為 100%。參考各國／地區有關大米重金屬含量調查的文獻報告，各地大米都存在不同程度的重金屬污染，相關比較列於下表 7。從數據分析反映，本澳是次調查所得的市售大米中重金屬之含量，

應屬中間偏低水平，大米整體水平相對較優，其原因可能與本澳近年社會整體的經濟水平提昇有關，業界願意投入較高的成本採購較優質的大米，以維持本澳大米的質素。

表 7 各國／地區大米中砷、鎘、鉛、汞的含量彙整 (mg/kg)

國家／地區	砷	鉛	鎘	汞	參考文獻
中國內地 (多省)	0.007- 0.176(range)	0.014- 0.28(range)	0.004- 0.244(range)	0.004- 0.14(range)	[12]
美國	0.058- 0.191*(range)	N/A	0.017(average)	0.052(average)	[13]、 [14]、[15]
泰國	0.198*(average)	N/A	0.015(average)	N/A	[6]
台灣地區	0.123(average)	0.0033(average)	0.034(average)	0.003(average)	[16]、 [17]
澳門	0.0612*(average)	0.0108(average)	0.0086(average)	0.0022(average)	本地調查

N/A：未有相關項目數據。

*：以無機砷表示。

健康風險評估方面，按本次研究調查結果分析，本澳兩組人群經食用大米攝入鉛和無機砷的 MOE 值均 >1 ，即對健康帶來的風險屬於可接受的低水平；而兩組人群經食用大米攝入鎘和總汞的膳食暴露量與健康參考值的比值均 <1 ，即預期大米中鎘和總汞的暴露將不會造成顯著的健康危害。根據以上分析，本澳市民經食用大米造成無機砷、鉛、鎘及總汞引起的健康嚴重不良影響的機會不大。

七、 建議

為了盡可能降低因食用大米而攝入重金屬污染物，因此對市民和業界有以下建議：

➤ 給市民的建議

- 市民在日常飲食中應保持均衡和多元化的飲食。
- 在購買大米時應選擇信譽良好的品牌，因為品牌大米一般對土地污染監控更為嚴謹，同時亦避免長期食用同一產地和品牌的大米。¹⁸

➤ 給業界的建議

- 向可靠的供應商採購食品，採購貨品時，先了解大米質素，並確保其符合本澳相關標準。
- 妥善保存貨源資料，如有需要可追溯源頭。
- 大米應存放在陰涼通風處，避免陽光直接照射，並應遠離地面貯存。

補充說明—背景資料

農作物在種植過程中容易經由污染的水源、土壤、空氣等環境因素，以及人為因素等原因吸收和累積重金屬。大米作為本澳市民的主食，而其本身容易富集重金屬，故當中的重金屬污染問題常受到關注¹⁹。另外，由於生物鏈的關係，當人們進食受重金屬污染的食品（包括農作物）或飲用受污染的水，重金屬便會累積於人體當中。對於毒性較高的重金屬如砷、鎘、鉛及汞等，其進入人體後，幾乎難以被分解代謝，因此，長期過量攝入受此類重金屬污染的食品，可能會對人體健康構成威脅。

是次調查的重金屬資料簡介²⁰

重金屬	簡介	健康危害
砷	● 砷天然存在於土壤、水和空氣等自然環境中。環境中的砷主要為有機砷和無機砷，其中又以無機砷的毒性較高。 ● 食品中砷污染主要原因有： ➢ 含砷的廢水等污染物污染農作物和土壤； ➢ 使用含無機砷的農藥； ➢ 食品加工過程中使用的原料、化學物和添加劑被砷污染或誤用； ➢ 被砷污染的容器或包裝材料造成食品的砷污染。	● 一般來說，無機砷對人體的毒性比有機砷大。長期攝入無機砷對人體健康造成的不良影響，主要包括癌症、皮膚病、心血管系統疾病、神經系統中毒和糖尿病。 ● 國際癌症研究機構（IARC）已確認無機砷及其化合物為 1 類致癌物質，即對人具有致癌性。
鎘	● 鎘為天然存在於地殼表面的金屬，常被用於各類工業生產，其中，磷礦生產的肥料等工業活動是鎘污染的主要來源之一。 ● 人類攝入鎘的主要途徑是透過食品，如食用受污染的肉類、水產、蔬菜等。	● 過量攝入含鎘的食品，可能會嚴重刺激腸胃，導致嘔吐和腹瀉，而長時間暴露於含鎘的空氣、食品或水，可能會導致腎臟疾病，其他的影響還包括對肺的損傷

重金屬	簡介	健康危害
	食品中鎘污染主要原因有：含鎘的廢水等污染物污染農作物和飼料；玻璃、陶瓷類容器或食品包裝材料中含有的鎘遷移至食品中。	和對骨骼影響。 國際癌症研究機構（IARC）已將鎘及其化合物訂為 1 類致癌物質，即對人具有致癌性。²¹
鉛	- 鉛天然存在於環境中，常被用於製造電池、金屬製品等工業活動。鉛的污染來源分為直接污染和間接污染。 - 直接污染是指食品在生產過程中直接接觸鉛或者由於生產工藝的原因直接加入含鉛的原料，涉及到食品製作工藝及盛裝食品的器皿；含鉛罐頭食品、皮蛋及爆米花等食品的生產也容易存在這種情況。 - 間接污染是指食品原材料在生長、生產過程中通過土壤、空氣、水等途徑導致鉛污染，例如含鉛的廢水廢渣排放污染水體和土壤後，進而污染食物；含鉛農藥的使用也可造成農作物的鉛污染。	- 短時間攝入過量的鉛可能會造成腹痛、嘔吐和貧血，長期攝取過量的鉛，有機會影響兒童的認知和導致智力發展遲緩，而對於胎兒和嬰幼兒等人士，可能會導致其中樞神經系統受損。 - 國際癌症研究機構（IARC）已將無機鉛訂為第 2A 類致癌物質，即對人很可能是癌，但對於有機鉛化合物則尚無足夠的資料可以將其認定為人類致癌物。²²
汞	汞及其化合物常被廣泛用於工業、農業等工業及用品中。食品中的汞元素主要以金屬汞、無機汞和有機汞（甲基汞、二甲基汞、乙基汞、苯甲基汞等）的形態存在。一般而言，有機汞的毒性大於無機汞，在有機汞中甲基汞對人體的危害最強。	人類攝入大量的汞可能會對神經系統造成損害，尤其為發育中的腦部，如未出生的胎兒、嬰兒和幼童等人群較易受汞的毒性影響，對於成人則有可能會損害其肌肉協調性和記憶力

重金屬	簡介	健康危害
	● 造成食品的汞污染之主要原因有： ➢ 含汞農藥的使用和廢水灌溉農田等途徑污染農作物和飼料； ➢ 含汞的廢水排入水中後，其中的金屬汞或無機汞可以在水體中某些微生物體內的酶作用下，轉變為甲基汞，經食物鏈污染魚貝類食品，其中以大型深海肉食性魚類的甲基汞污染最為常見。	等。 ● 國際癌症研究機構將甲基汞化合物訂為第 2B 類致癌物質，即對人可能致癌；金屬和無機汞化合物則訂為第 3 組致癌物質，即對人的致癌性尚無法分類。²³

風險評估處
2024 年 7 月

參考資料和文獻

- ¹ 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.
- ² 澳門印務局：第 23/2018 號行政法規《食品中重金屬污染物最高限量》
- ³ CODEX Alimentarius : CXS 193-1995 General Standard for Contaminants and Toxins in Food and Feed. Revised in 2023
- ⁴ 中國國家標準 GB 2762-2022《食品中污染物限量》。
- ⁵ 香港食物安全中心：第二次全港性食物消費量調查 2021 年 6 月
- ⁶ 黃飛飛、王瑛、張寧：蘇州市地產大米重金屬污染狀況及人群膳食暴露風險評估。食品安全質量檢測學報, Vol. 11 No.23 Dec., 2020
- ⁷ 洪宇偉、李海鵬、謝鑫鑫、錢小平：杭州市富陽區本地產大米中重金屬含量水平及其膳食暴露評估。中國食品衛生雜誌 2022 年第 34 卷第 3 期
- ⁸ 香港首個總膳食研究：無機砷。香港食物安全中心 2012 年 2 月
- ⁹ 毛偉峰、楊大進、隋海霞、劉愛東：我國成人居民膳食中鉛暴露風險評估。中國食品衛生雜誌 2016 年第 28 卷第 1 期
- ¹⁰ Evaluations of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA), MERCURY。World Health Organization, Evaluation year: 2011
- ¹¹ 香港首個總膳食研究：金屬污染物。香港食物安全中心 2013 年 1 月
- ¹² 蔣沙沙、霍永紅、馬鶯、王榮春、盧衛紅：大米中主要重金屬污染分析及風險評估研究現狀。食品工業科技 Vol 44 No. 2 Jan. 2023
- ¹³ U.S. Food & Drug Administration. Arsenic in Rice and Rice Products Risk Assessment Report March 2016
- ¹⁴ Ashish Pokharel, Felicia Wu. Dietary exposure to cadmium from six common foods in the United States. Food and Chemical Toxicology Volume 178, August 2023,
- ¹⁵ U.S. Food & Drug Administration. the Fiscal Years 2018 - 2020 TDS Elements and Radionuclides Reports. 12/20/2023
- ¹⁶ 黃耀輝、范致豪、頻筠庭等：攝食米食之砷、鎘、鉛、銅暴露健康風險評估——以桃園、彰化、台中稻米樣本為例。台灣衛誌 2020；39(2)：170-186)
- ¹⁷ 施如佳、張相儀、傅淑英等：食米中重金屬(鎘、汞、鉛)含量調查。食品藥物研究年報. 3：54-61 2012
- ¹⁸ 科學生活：人體攝入鎘有哪些危害？中華人民共和國中央人民政府 2013 年 05

月 24 日

¹⁹ 米食材風險管控參考手冊。台灣地區衛生福利部食品藥物管理署 2013 年 12 月

²⁰ 中國疾病預防控制中心營養與健康所：食品安全抽檢監測指標解讀詞庫（第 2 版）

²¹ Agency for Toxic Substances and Disease Registry：鎘—毒物常見問題解答。2012 年 10 月

²² 食物中的鉛。香港食物安全中心 2017 年 8 月 11 日

²³ 魚類的汞含量與食物安全。香港食物安全中心 2008 年 4 月