

风险监测

2014年陕西省市售食品中重金属污染调查及评价

聂晓玲,程国霞,王敏娟,郭蓉,刘宇

(陕西省疾病预防控制中心,陕西 西安 710054)

摘要:目的 对陕西省6类食品中铅、镉、汞、砷的含量进行检测,并对其污染状况做出综合评价,从而为陕西省开展食品安全评估和采取针对性的控制措施提供科学依据。方法 在陕西省境内10个地市的大型农贸市场、批发市场和超市,采集粮食562份、蔬菜340份、水果174份、肉类228份、蛋类144份和奶类108份,6类食品共1556份。利用电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)测定铅(Pb)、镉(Cd)的含量,应用GB/T 5009.11—2003《食品中总砷及无机砷的测定》中氢化物原子荧光法测定砷(As)的含量,利用测汞仪直接测定汞(Hg)的含量,采用单项污染指数及综合污染指数对不同类食品中铅、镉、汞、砷的污染状况做出评价,并对陕西省居民经此6类食品摄入铅、镉、汞、砷的人体健康风险进行描述。结果 陕西省6类食品中,铅、汞含量均值最高的都是肉类,分别为0.049 0和0.003 3 mg/kg,镉、砷含量均值最高的是粮食类,含量均值均为0.025 0 mg/kg;利用单项污染指数和综合污染指数对6类食品中铅、镉、汞、砷含量进行评价,均可评价为安全、清洁;由6类食品摄入铅、镉、汞、砷的安全限值(MOS) < 1。结论 陕西省6类食品不同程度的受到了铅、镉、汞、砷的污染,但总体污染程度较低,铅、镉、汞、砷对食品安全影响的风险较低。

关键词: 陕西; 食品; 铅; 镉; 汞; 砷; 重金属; 食品污染物**中图分类号:** R155 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-8456(2016)02-0240-04**DOI:** 10.13590/j.cjfh.2016.02.021**Survey and evaluation of heavy metal contamination in foods in Shaanxi Province in 2014**

NIE Xiao-ling, CHENG Guo-xia, WANG Min-juan, GUO Rong, LIU Yu

(Shaanxi Center for Disease Control and Prevention, Shaanxi Xi'an 710054, China)

Abstract: Objective The aim of this study was to measure the contents of lead, cadmium, mercury and arsenic in six kinds of foods, evaluate its contamination condition in Shaanxi Province, and to provide evidence not only for the evaluation of foods safety but also for the effective measures to control heavy metal contamination. **Methods** Inductively coupled plasma mass spectrometer was employed to measure lead and cadmium contents, hydride generation-atomic fluorescence spectrometry was used to measure arsenic contents, and mercury vapourmeter was used to measure mercury contents. One factor contamination index and comprehensive pollution indices were employed to evaluate the metal contamination of different kinds of foods. Moreover, the health risk of heavy metals exposure from foods was described. **Results** In six kinds of foods in Shaanxi, the lead and mercury contents in meat were the highest at 0.049 0 and 0.003 3 mg/kg respectively. The contents of cadmium and arsenic in grain crop were the highest at 0.025 0 mg/kg. The contents of lead, cadmium, mercury and arsenic measured by single contamination index and comprehensive contamination index were safe and clean, and the margins of safety of lead, cadmium, mercury and arsenic in six kinds of foods were below one.

Conclusion Six kinds of foods were contaminated by lead, cadmium, mercury and arsenic, but the content were low. The risks of these heavy metals are acceptable, and the foods are all safe to eat.

Key words: Shaanxi; foods; lead; cadmium; mercury; arsenic; heavy metal; food contaminant

随着工业的发展和农业生产的现代化,来源于人为的环境、食品加工过程和由添加剂的引入造成的食品中重金属污染情况越来越严重^[1]。长期食用被重金属污染的食品,将会造成重金属在体内的

蓄积,使食用者的健康受到损害。铅、镉、汞、砷均是常见污染食品的重金属元素,会对人体中枢神经系统、血液系统等多种器官造成危害^[2]。近年来,食品的质量安全问题备受人们关注,为了解陕西省市售食品中铅、镉、汞、砷的污染状况,及时发现食品安全隐患,2014年本课题组在陕西省10个地市通过随机抽样的方法,采集了消费量相对较大的6类食品,对其中的铅(Pb)、镉(Cd)、汞(Hg)、砷

收稿日期:2015-04-09

作者简介:聂晓玲 女 主管技师 研究方向为理化检验

E-mail:m15129267782_1@163.com

(AS)含量进行了检测,并对其污染状况做出了评价。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 样品采集

在陕西省境内10个地市,即西安市、宝鸡市、咸阳市、渭南市、榆林市、延安市、铜川市、安康市、汉中市和商洛市,选取大型农贸市场、批发市场和超市,采集粮食、蔬菜、水果、肉类、蛋类和奶类6类食品。每个地市选取有代表性的农贸市场、批发市场和超市各一个,以消费者身份在每一场所购买上述6类食品,共采集1556份,其中粮食类包括大米、面粉、小米等主要谷物碾磨加工品,共计562份;蔬菜类样品包括陕西主产并较常食用的蔬菜,共计340份;水果包含了柑橘类、仁果类、瓜果类等当季新鲜水果,共计174份;肉类采集了猪肉、牛肉、羊肉、鸡肉和鸭肉,共计228份;蛋类采集了鲜蛋及蛋制品,共计144份,奶类主要采集了纯鲜奶,共计108份。

1.1.2 主要仪器与试剂

X II型电感耦合等离子体质谱仪(美国ThermoFisher)、AFS-2100型原子荧光光度计(北京海光仪器公司)、DMA-80型测汞仪(意大利Milestone)、MARS6微波消解仪(美国CEM)、EH45A电热消解板(北京莱博泰科公司)、纯水机、分析天平。

硝酸、高氯酸、硫酸均为优级纯;标准物质:小麦粉[GBW10011(GSB-2)]、圆白菜[GBW10014(GSB-5)]、鸡肉[GBW10018(GSB-9)]均购自地球物理地球化学勘查研究所;铅单元素标准溶液[GBW(E)080129]、镉单元素标准溶液[GBW(E)080119]、汞单元素标准溶液[GBW(E)080124]、砷单元素标准溶液[GBW(E)080117]均购自中国计量科学研究院,试验用水为超纯水。

1.2 方法

1.2.1 测定方法

准确称取混匀后的样品0.20~2.00g(精确至0.1mg),加硝酸5~8ml微波消解后,以电感耦合等离子体质谱法测定样品中铅、镉的含量。准确称取混匀后的样品1.00~2.50g(精确至0.1mg),加硝酸、高氯酸、硫酸进行湿法消解后,以GB/T 5009.11—2003《食品中总砷及无机砷的测定》^[3]中推荐的氢化物原子荧光法测定砷的含量。另准确称取混匀后的样品0.1g(精确至0.1mg)于测汞仪样品舟中,放入测汞仪自动进样器中直接测定汞的

含量。以国家标准物质小麦粉[GBW10011(GSB-2)]、圆白菜[GBW10014(GSB-5)]、鸡肉[GBW10018(GSB-9)]为质控样品进行检测,每一批样品至少做2个以上试验空白,至少10%的样品做双样平行测定,平行样品的相对标准偏差(RSD)不得超过20%。

1.2.2 评价标准

以GB 2762—2012《食品中污染物限量》^[4]为评价标准,对各类食品中铅、镉、汞、砷的含量进行评价,评价方法采用单因子污染指数法^[5]和内梅罗综合污染指数法^[6]。

1.2.2.1 单因子污染指数法

单因子污染指数法评价模式为:

$$P_i = \frac{C_i}{S_i}$$

式中: i 是污染物的编号; P_i 为样品中污染物 i 的单项污染指数; C_i 为样品中污染物 i 的实测值,mg/kg; S_i 为污染物 i 的评价标准,mg/kg。

1.2.2.2 内梅罗综合污染指数法

计算公式为:

$$P_{\text{综}} = \frac{\left(\frac{C_i}{S_i}\right)_{\max}^2 + \left(\frac{C_i}{S_i}\right)_{\text{ave}}^2}{2}$$

式中: $P_{\text{综}}$ 为综合污染指数; $\left(\frac{C_i}{S_i}\right)_{\max}$ 为该类食品重金属中污染指数最大值; $\left(\frac{C_i}{S_i}\right)_{\text{ave}}$ 为食品重金属中污染指数平均值。表1和表2为国家食品安全标准及各类食品评价结果划分。

表1 不同金属元素在食品中的限量标准

Table 1 National security standards for the foods

检测项目	食品类别	蔬菜限量标准 (mg/kg)
Pb	粮食、蛋类、肉类	0.2
	蔬菜、水果	0.1
	奶类	0.05
Cd	蔬菜、水果、蛋类	0.05
	粮食、肉类、奶类	0.1
	蔬菜、水果、奶类	0.01
Hg	粮食	0.02
	肉类、蛋类	0.05
As	粮食、蔬菜、水果、肉类、蛋类	0.5
	奶类	0.1

表2 食品质量等级划分

Table 2 Quality grade for foods

等级划分	污染指数	污染等级	污染水平
1	$P \leq 0.7$	安全	清洁
2	$0.7 < P \leq 1.0$	警戒线	尚清洁
3	$1.0 < P \leq 2.0$	轻污染	开始受污染
4	$2.0 < P \leq 3.0$	中污染	受中度污染
5	$P > 3.0$	重污染	受污染已相当严重

2 结果

2.1 2014年陕西省6类食品中铅、镉、汞、砷含量测定结果

铅含量最高的食品是肉类,含量均值为0.049 0 mg/kg,其次是粮食(含量均值为0.032 0 mg/kg),最低的是奶类(含量均值为0.011 0 mg/kg);镉含量最高的食品是粮食(含量均值为0.025 0 mg/kg),其次是蔬菜(含量均值为0.018 8 mg/kg),最低的是蛋

类(含量均值为0.002 5 mg/kg);汞含量最高的食品也是肉类(含量均值为0.003 3 mg/kg),其次是蛋类(含量均值为0.003 0 mg/kg),最低的是水果(含量均值为0.001 2 mg/kg);砷含量最高的食品是粮食(含量均值为0.025 0 mg/kg),其次是蛋类(含量均值为0.025 0 mg/kg)最低的是奶类(含量均值为0.005 0 mg/kg),见表3。

表3 2014年陕西省6类食品中铅、镉、汞、砷含量($\bar{x} \pm s$, mg/kg)

Table 3 Contents of lead, cadmium, mercury and arsenic in six kinds of foods in Shaanxi Province in 2014

食品类别	Pb	Cd	Hg	As
粮食	0.032 0 ± 0.017 0	0.025 0 ± 0.013 2	0.001 9 ± 0.001 3	0.025 0 ± 0.014 0
蔬菜	0.028 0 ± 0.017 0	0.018 8 ± 0.009 5	0.002 0 ± 0.001 0	0.016 0 ± 0.009 0
水果	0.018 0 ± 0.013 0	0.003 8 ± 0.001 9	0.001 2 ± 0.000 6	0.016 0 ± 0.014 0
肉类	0.049 0 ± 0.034 0	0.008 8 ± 0.005 5	0.003 3 ± 0.000 9	0.011 0 ± 0.003 0
蛋类	0.018 0 ± 0.003 0	0.002 5 ± 0.000 4	0.003 0 ± 0.001 7	0.025 0 ± 0.013 0
奶类	0.011 0 ± 0.011 0	0.005 9 ± 0.031 8	0.001 3 ± 0.003 2	0.005 0 ± 0.014 0

2.2 不同类别食品的重金属污染程度评价结果

不同类别食品的重金属污染程度差异较大,本研究采用了单因子污染指数法和内梅罗综合污染指数法对其进行了评价,表4列出了6类食品铅、镉、汞、砷污染的评价结果。

表4 6类食品中铅、镉、汞、砷污染的评价结果

Table 4 Contamination extents of lead, cadmium, mercury and arsenic in six kinds of foods in Shaanxi Province

食品类别	单项污染指数				综合污染指数 评价结果	综合污染指数 评价结果	
	Pb	Cd	Hg	As			
粮食	0.20	0.20	0.10	0.05	安全、清洁	0.20	安全、清洁
蔬菜	0.30	0.40	0.20	0.03	安全、清洁	0.30	安全、清洁
水果	0.20	0.08	0.10	0.03	安全、清洁	0.20	安全、清洁
肉类	0.20	0.09	0.07	0.02	安全、清洁	0.20	安全、清洁
蛋类	0.09	0.05	0.06	0.05	安全、清洁	0.08	安全、清洁
奶类	0.20	0.06	0.10	0.05	安全、清洁	0.20	安全、清洁

从表4中可以看出,6类食品中,铅、镉、汞单项污染指数最高的均是蔬菜,分别为0.30、0.40、0.20,砷单项污染指数粮食、蛋类和奶类并列最高(均为0.05)。综合污染指数最高的食品是蔬菜(0.30),综合污染指数最低的是蛋类(0.08)。6类食品铅、镉、汞、砷含量在单项污染指数和综合污染指数两项指标上评价均为安全、清洁。

2.3 陕西省居民经食物途径摄入重金属的人体健康风险评价

对6类食品中铅、镉、汞、砷进行风险评估。铅、镉、汞、砷属于有阈值的化学危害物,对人群风险可以用摄入量与可耐受每周摄入量(PTWI)比较作为风险描述。

$$\text{安全限值}(MOS_c) = \frac{EDI_c \times f}{SI_c \times BW}$$

式中: c 为污染物的编号; EDI_c 为 c 物质的实际日摄入量估计值,mg,由 $\sum R_i F_i$ 获得(其中 R_i 为化合物 c 的残留水平; F_i 为食品 i 的日消费量,根据《中国居民膳食指南》^[7]建议,成人每人每天应摄入这6类食品的最低量分别是:谷类食物300 g、蔬菜400 g、水果100 g、畜禽肉50 g、蛋类25 g、奶类100 g); SI_c 为 c 物质的安全摄入量,mg/kg; f 为校正因子,采用PTWI时, $f=7$;BW为成人平均体重,按60 kg计算。

风险判定: $MOS \leq 1$,该危害物对食品安全影响的风险是可以接受的; $MOS > 1$,该危害物对食品安全影响的风险超过了可以接受的限度,应当采取适当的风险管理措施。

根据FAO/WHO的规定^[8-9],铅的PTWI = 0.025 0 mg/kg BW,镉的PTWI = 0.007 0 mg/kg BW,汞的PTWI = 0.004 0 mg/kg BW,砷的PTWI = 0.015 0 mg/kg BW,食品中铅、镉、汞、砷风险评估结果见表5。

表5 食品中铅、镉、汞、砷风险评估分析表

Table 5 Health risk evaluation for lead, cadmium, mercury and arsenic in the foods

化学危害物	EDI_c /mg	f	含量 /(mg/kg)	MOS_c
Pb	0.026 5	7	0.025 0	0.12
Cd	0.016 6	7	0.007 0	0.30
Hg	0.001 9	7	0.004 0	0.06
As	0.017 2	7	0.015 0	0.13

如表5所示,每日由粮食、蔬菜、水果、肉类、蛋类和奶类6类食品摄入铅、镉、汞、砷的量分别为0.026 5、0.016 6、0.001 9、0.017 2 mg。镉安全限值最大(0.30),其次是砷(0.13)和铅(0.12),汞最低

(0.06)。经由粮食、蔬菜、水果、肉类、蛋类和奶类6类食品摄入铅、镉、汞、砷均MOS < 1,表明铅、镉、汞、砷对这些食品安全影响的风险是可以接受的。

3 讨论

铅、镉、汞、砷是目前引起人们广泛关注的有生物毒性的重金属。食品中富集的重金属可通过食物链进入人体,随着人体中重金属蓄积量的增加,可能对人体造成严重的危害^[10]。

本课题组对陕西省6类食品中铅、镉、汞、砷含量进行检测,发现粮食、蔬菜、水果、肉类、蛋类和奶类中铅、镉、汞、砷污染现象普遍存在。肉类食品中铅、汞含量均值为6类食品中最高,分别为0.049 0和0.003 3 mg/kg。本次研究肉类食品主要采集了猪肉、牛肉、羊肉、鸡肉和鸭肉,都是消费者“菜篮子”的重要食品,直接关系到消费者的身体健康。肉类食品中重金属含量高与食物链中重金属的迁移、分解有一定的关系,再加上畜禽肉类食品的生产周期长,畜禽对饲料中的重金属元素又具有一定的吸收、蓄积能力,以及不适当的加工方法、存储方法等都可能致肉类食品中重金属浓度的增高^[11]。目前已有研究表明^[12-13],肉类食品中铅、汞污染较为严重,建议陕西省在今后的抽检监测中,应重点关注肉类食品的质量问题,以确保消费者的食用安全和身体健康。

粮食类食品中镉、砷含量为6类食品中最高,这与许多文献的结论是一致的^[14-15]。本次研究粮食类食品包括大米、面粉和小米3种谷物碾磨加工品,均是居民主食的重要组成部分。近年来,随着人们生活水平的不断提高,对食品的质量要求也越来越高。镉、砷是常见的污染粮食的重金属元素,可通过环境污染、生物浓缩和含镉、砷化肥的使用而造成污染。粮食在人们的日常生活中消费量较大,其质量安全问题应该引起有关部门的高度重视,加强对粮食的监管力度,降低其污染程度,对提高消费者健康水平、保障消费者生活质量具有重要意义。

利用单项污染指数法和综合污染指数法对不同类食品中铅、镉、汞、砷含量进行评价,蔬菜的铅、镉、汞单项污染指数均为6类食品中最高,粮食、蛋类和奶类砷单项污染指数并列最高,6类食品铅、镉、汞、砷单项污染指数评价结果均为安全、清洁,由此可看出,6类食品中蔬菜受重金属污染最严重,粮食、肉类和奶类3种食用频率比较高的食品也受到了较多污染,水果、蛋类受污染相对较轻,本次研究采集的蛋类食品中有鲜蛋及蛋制品,检测结果显示蛋类食品受铅、镉、汞污染最轻,表明蛋制品在加工工艺、原材料和添加剂的使用方面都有较大的改

进,这与付鹏钰等^[12]的研究结果一致。

对6类食品中铅、镉、汞、砷进行风险评估,成人日均通过6类食品摄入铅、镉、汞、砷的量依次为铅 > 砷 > 镉 > 汞,这表明陕西省食品受铅污染最多,受汞污染相对较少,这与王辛等^[16]的研究结果相一致。安全限值均小于1,从大到小依次为镉 > 砷 > 铅 > 汞,镉和砷成人日均摄入量虽然不及铅多,但其安全限值却高于铅,这表明人们通过食品摄入镉、砷的安全风险是大于铅的。

结合内梅罗综合污染指数及风险评估安全限值描述,本研究所选6类食品均可评价为安全、清洁,对人体健康的风险是可以接受的,表明陕西省粮食、蔬菜、水果、肉类、蛋类和奶类6类食品中铅、镉、汞、砷的污染程度较低,可放心食用。

参考文献

- [1] 孙长颢. 营养与食品卫生学[M]. 北京:人民卫生出版社,2011.
- [2] TANG J, HUANG Z, PAN X D. Exposure assessment of heavy metals (Cd, Hg, and Pb) by the intake of local foods from Zhejiang[J]. Environ Geochem Health, 2014, 36(4): 765-771.
- [3] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5009. 11—2012 食品中总砷及无机砷的测定[S]. 北京:中国标准出版社,2012.
- [4] 中华人民共和国卫生部. GB 2762—2012 食品中污染物限量[S]. 北京:中国标准出版社,2012.
- [5] 刘扬林,蒋新元. 株洲市白马乡土壤和农作物重金属污染评价[J]. 土壤, 2004, 36(5): 551-556.
- [6] 马跃良,贾桂梅,王云鹏,等. 广州市区植物叶片重金属元素含量及其大气污染评价[J]. 城市环境与城市生态, 2001, 14(6): 28-30.
- [7] 中国营养学会. 中国居民膳食指南(2011版)[M]. 西藏:西藏人民出版社,2012.
- [8] Finley B, Paustenbach D. The benefits of probabilistic exposure assessment; three case studies involving contaminated air, water, and soil[J]. Risk Anal, 1994, 14(1): 53-73.
- [9] World Health Organization. Evaluation of certain food additives and contaminants; seventy-third report of the Joint FAO/WHO expert committee on food additives[R]. Geneva: WHO, 2010: 162-212.
- [10] LI F, DING C Q. Effects of heavy metal pollution on birds[J]. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(1): 296-303.
- [11] 张先福,樊立超,宋晓平,等. 汞、砷、镉在食物链中迁移规律的研究[J]. 西北农林科技大学学报, 2009, 7(3): 35.
- [12] 付鹏钰,张书芳,周昇昇,等. 2010年河南省部分食品中重金属污染状况分析[J]. 中国食品卫生杂志, 2014, 26(4): 391-393.
- [13] 刘胜勇,李清虹,李欣. 河北省沧州市市售畜肉中重金属污染调查分析[J]. 山西医药杂志, 2014, 43(12): 1369-1370.
- [14] 何玲玲,孙宏英,张代友,等. 2011年绵阳市食品重金属污染现状调查及分析[J]. 中国保健营养, 2012(S1): 630-631.
- [15] 白光大,翁熹君,付尧,等. 2010年吉林省食品中有害金属监测结果分析[J]. 应用预防医学, 2012, 18(3): 166-168.
- [16] 王辛,王宇敏,梁晓聪,等. 陕西省2002—2006年食品中铅污染监测分析[J]. 中国卫生检验杂志, 2007, 17(7): 1269-1272.